

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE 4 PROTOCOLOS DE USO DE IATF SOBRE
VAQUILLONAS CICLANDO NORMALMENTE**

por

Manuel Emiliano CUEBAS GONZÁLEZ

**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: 25 de noviembre de 2019

Autor:

Manuel Emiliano Cuebas González

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Agraria Superior “La Carolina” por permitirnos trabajar en sus instalaciones y con su material y a todo su grupo de docentes, funcionarios y alumnos por su cooperación y apoyo durante la elaboración práctica del trabajo.

A mis compañeros de tesis con quienes compartí este proceso.

A mi familia, madre, padre, hermano y a mi novia por su apoyo, confianza y amor incondicional a lo largo de todos estos años y también a mis abuelos, quienes recuerdo con especial cariño.

Y especialmente, quisiera destacar y agradecer a mi tutor, el Ing. Agr. Juan Rodríguez Blanquet y al Ing. Agr. Telmo D´ Amado por su apoyo, colaboración y confianza a lo largo de todo este proceso.

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. HISTORIA Y DESARROLLO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL MUNDO, LA REGIÓN Y URUGUAY.....	2
2.1.1. <u>Historia de la inseminación artificial</u>	2
2.1.2. <u>Desarrollo de la inseminación artificial en el mundo, en la región y en Uruguay</u>	4
2.2. CICLO ESTRAL.....	8
2.2.1. <u>Eje hipotálamo-hipofisario-gonadal-uterino</u>	10
2.3. FASES DEL CICLO ESTRAL.....	11
2.3.1. <u>Fase luteal</u>	13
2.3.2. <u>Fase folicular</u>	16
2.4. DINÁMICA FOLICULAR DURANTE EL CICLO ESTRAL.....	17
2.4.1. <u>Interrelaciones endócrinas y foliculares durante el ciclo estral bovino</u>	19
2.4.2. <u>Dinámica folicular durante el período posparto (anestro posparto)</u>	22
2.5. IMPORTANCIA DE LA FECHA DE PARTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE POR VIDA EN LA MADRE Y SU PROGENIE.....	23
2.5.1. <u>Beneficios del adelanto de la fecha de parto sobre la vaca</u>	23
2.5.2. <u>Beneficio del adelanto de la fecha de parto sobre el peso al</u>	

<u>destete del ternero</u>	27
2.5.3. <u>Beneficios del adelanto de la fecha de parto sobre la futura actividad productiva y reproductiva de los terneros/as</u>	30
2.6. USO DE IATF EN BOVINOS PARA CARNE, CICLANDO Y EN ANESTRO CON EL FIN DE MEJORAR SU COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO.....	34
2.6.1. <u>Introducción</u>	34
2.6.2. <u>Protocolos hormonales para sincronizar ovulaciones en vacas ciclando e inducir en vacas en anestro</u>	35
2.6.3. <u>Principales factores que afectan el éxito de la IATF</u>	46
2.6.4. <u>Momento óptimo para realizar la inseminación a tiempo fijo</u>	48
2.6.5. <u>Distintos protocolos de sincronización y/o inducción de celos y ovulaciones</u>	55
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	64
3.1. ANIMALES.....	64
3.2. SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO (IATF).....	64
3.3. EXTRACCIÓN DE SANGRE Y DETERMINACIÓN DE CELO Y PREÑEZ.....	65
3.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	65
3.5. EXPERIMENTO.....	66
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	68
4. <u>RESULTADOS</u>	69

5. <u>DISCUSIÓN</u>	71
6. <u>CONCLUSIONES</u>	75
7. <u>RESUMEN</u>	76
8. <u>SUMMARY</u>	77
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	78

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Número de hembras en servicio a las cuales se les realizó inseminación artificial	4
2. Número de unidades de semen vendidas de bovinos para carne y leche en EEUU y Brasil.....	5
3. Número de unidades de semen bovino importadas en Uruguay.....	7
4. Comportamiento reproductivo por fecha de parición.....	24
5. Efecto del mes de parto sobre la posibilidad de parir en 2 años consecutivos.....	25
6. Efecto del mes de parto sobre el intervalo interparto (IIP)...	26
7. Efecto de la fecha y edad al parto de la vaca sobre el comportamiento del ternero.....	28
8. Peso al destete de los terneros según mes de parto.....	30
9. Efecto de fecha de nacimiento de la ternera sobre su reproducción y caracteres de su primer ternero.....	31
10. Efecto de la fecha de nacimiento del ternero sobre su comportamiento en el corral y caracteres de la carcasa.....	33
11. Porcentaje de vacas en celo, horas al mismo y distintos tipos de FCL según momento de parición (M.P.)	44
12. Porcentaje de preñez de vacas de MP temprano.....	45
13. Porcentaje de preñez de vacas de MP tardío.....	45
14. Porcentaje de preñez a IATF realizada en diferentes momentos luego de la aplicación de la PGF2 α usando BE	

o CPE como sincronizador de la ovulación.....	50
15. Porcentaje de preñez a la IATF realizada en diferentes momentos luego de la aplicación de PGF2 α como sincronizador de la ovulación.....	51
16. Porcentaje de concepción, diámetro y edad del folículo desde la ovulación. Duración del proestro y número de vacas incluidas en una serie de experimentos investigando el efecto de la madurez del folículo sobre la fertilidad.....	54
17. Porcentaje de detección de celos, porcentaje de concepción, porcentaje de preñez a la IATF y porcentaje total a la IATF en vaquillonas.....	59
18. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas multíparas.....	62
19. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas primíparas.....	62
20. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la IATF de vaquillonas pre-púberes al inicio del experimento y de las vaquillonas que ya estaban ciclando, e intervalo de una fecha fija a la fecha de parto siguiente según tratamiento	69
21. Porcentajes de celos sobre celos totales, porcentajes de celos sobre total de hembras en el tratamiento por momento de determinación de celo y total desde la extracción del DILP hasta 24 horas antes de la IATF del tratamiento MAP7-DC.....	71
Figura No.	
1. Ciclo estral de la vaca y dinámica folicular.....	9
2. Fases y etapas del ciclo estral.....	12
3. Concentración de progesterona (P4) en los distintos	

estadios del ciclo estral.....	13
4. Interacciones hormonales a nivel ovárico-uterino.....	14
5. Mecanismo de “contracorriente” entre vena uterina y arteria ovárica.....	15
6. Perfil endócrino durante la fase folicular del ciclo estral de la vaca.....	16
7. Modelo para explicar la dinámica folicular en vacas con 2 y 3 ondas foliculares.....	18
8. Esquema de crecimiento folicular y comportamiento de la FSH en una vaca con 2 ondas foliculares durante un ciclo estral de 21 días.....	19
9. Regulación endócrina de la dinámica folicular.....	20
10. Esquema de desarrollo folicular en vacas exclusivamente produciendo leche y vacas con cría al pie no estresadas nutricionalmente.....	22
11. Influencia del periodo de parto sobre el promedio de permanencia (años) en el rodeo.....	25
12. Curvas teóricas de producción de leche de una vaca parida temprano y tarde.....	29
13. Protocolo “convencional”	36
14. Efecto del tamaño del folículo ovulatorio sobre la concentración de estradiol entre vacas detectadas o no detectadas en celo.....	53
15. Protocolo J-SYNCH.....	59
16. Protocolo convencional reformado.....	60
17. Esquemas de los tratamientos MAP7, MAP7-DC, MAP5 y MAP5-DC.....	67

1. INTRODUCCIÓN

La cría bovina se caracteriza por ser un proceso sumamente ineficiente, dado que alrededor del 55% de la energía consumida en esta fase se destina al mantenimiento de una hembra en producción y si a esto se le agrega un 28% correspondiente al crecimiento de las hembras de reemplazo se alcanza un total de 83% de energía “improductiva” (Gari y Guerra, 1999). Para mejorar la eficiencia biológica de producción de un rodeo de cría, los factores más importantes son el porcentaje de destete y el peso al destete. De los cuales, el primero es el factor que más incide sobre los kilogramos de terneros producidos por vaca entorada (Simeone y Beretta, 2002).

En Uruguay, una de los principales problemas que presentan los rodeos de cría es el bajo porcentaje de preñez. En este trabajo se busca proponer una solución a esta problemática haciendo foco en una categoría específica, la vaquillona. Además, se busca lograr que éstas conciban lo más temprano posible en el periodo de servicio. Es decir, se buscó preñar el mayor número de vaquillonas que se presentan al servicio, y que además las concepciones tengan lugar en los primeros 25 días del mismo.

Para esto se realizó un experimento compuesto de 4 tratamientos diferentes. Los tratamientos se basan en diferentes protocolos hormonales de IATF, en donde se evalúan sus resultados y su efecto en la preñez. Uno de estos tratamientos es el propuesto en este proyecto, el denominado MAP7-DC (o “protocolo convencional reformado”), que será comparado con los demás protocolos comúnmente utilizados con el fin de evaluar su eficiencia y su efecto sobre la preñez a la IATF, a los 60 días (repasso con toros) y su capacidad de adelantar y concentrar las concepciones y por tanto pariciones en el periodo de parición. También se evaluará su capacidad de inducir ovulaciones en vaquillonas en anestro prepuberal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTORIA Y DESARROLLO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL MUNDO, LA REGIÓN Y URUGUAY

2.1.1 Historia de la inseminación artificial

Es conveniente comenzar por definir a qué se hace referencia cuando se habla de inseminación artificial (IA). Al respecto Jaime (2004) señala que *“La inseminación artificial es el método de reproducción en el cual el hombre ha sustituido el apareamiento natural entre el macho y la hembra. Para poder realizar dicha técnica se debe extraer semen al macho, diluirlo y conservarlo, para luego, mediante una técnica e instrumental adecuado depositarlo en el lugar y momento preciso del aparato reproductor de la hembra con el fin de fecundarla.”*

La IA es la principal biotecnología aplicada a la reproducción animal y destaca por ser la más antigua, de tal forma que, para resaltar su importancia Gordon (2006) señala *“Sin duda, la IA ha sido la tecnología reproductora más importante aplicada durante el siglo XX en el vacuno...”* y lo sigue siendo en lo que va del siglo XXI.

La historia del desarrollo de la IA se puede decir que es relativamente reciente. Hafez (1996) nos da un resumen de su desarrollo mostrando que la primera aplicación documentada de esta biotecnología se realizó en 1780, cuando Lázaro Spallanzani, en Italia, obtuvo los primeros cachorros de perra por este método. Otros informes aislados aparecieron en el siglo XIX, pero no fue hasta 1900 cuando comenzaron los estudios extensos con animales domésticos en Rusia y poco después en Japón (Hafez, 1996).

Gordon (2006) publica en su libro una historia completa del desarrollo de la IA hasta la actualidad. Comienza citando a Ivanov que, en 1912, logra el éxito en la IA en vacunos y ovinos alcanzando resultados comparables a los obtenidos por monta natural, e inicia la enseñanza de la IA a cientos de inseminadores. En 1914, en Italia, Amantea inventa la vagina artificial para la recolección de semen en el perro. Luego, en la década de 1920 en Rusia, el investigador Milovanov logra desarrollar las vaginas artificiales para su uso en toros y garañones. Pero a partir del 1930 se comienza a utilizar el diluyente de semen lo cual permitió prolongar la vida del semen durante varios días. El diluyente más importante fue el citrato-yema de huevo. Más tarde, en 1949, Chris Polge descubre el método para congelar semen de varias especies y en 1952 este mismo investigador junto a Tim Rowson logran el primer ternero nacido (Frosty I) tras el uso, en Cambridge, de semen de toro congelado y descongelado posteriormente. Por su parte, Jaime (2004) destaca particularmente este aspecto tecnológico dado que hace posible la conservación del semen durante un tiempo indeterminado, lo cual permitió abaratar costos, simplificar el trabajo y posibilitó el acceso a reproductores de alto valor genético sin la necesidad de adquirirlos, factores que contribuyeron a realizar una verdadera revolución en el mejoramiento genético del ganado. Aunque la tecnología de la IA se ha

desarrollado lo suficiente para posibilitar su aplicación general a gran parte de los animales domésticos, esta no se ha extendido de igual grado en todas las especies de granja. Muy posiblemente su aplicación en bovinos y ovinos se incremente notoriamente en los próximos años al desarrollar protocolos que permiten inseminar sin la determinación de celo.

Es de destacar que el descubrimiento de los crioprotectores, la congelación del semen con nitrógeno líquido como refrigerante y la introducción de la pajuela de plástico como recipiente para el semen han sido hitos dignos de mención. La congelación del semen abrió el camino a los progresos en el comercio internacional. Las mejoras en los procedimientos de inseminación permitieron que las dosis de semen para la IA fueran menores y fue posible realizar un máximo número de inseminaciones con un único eyaculado.

De Nava, citado por Cabrera y Nadal (2017), plantea que los programas de IA han evolucionado acompañando los avances de los conocimientos referidos a la preservación del semen, de las evaluaciones genéticas de reproductores y del control del ciclo estral y de la ovulación de la hembra bovina. El desarrollo de programas de sincronización de la ovulación ha permitido simplificar los trabajos en el campo porque su asociación a la inseminación sistemática de todos los vientres en un momento determinado posibilita prescindir, parcial o totalmente, de la demandante tarea de detección de celos, actividad que tornaba más compleja y dificultosa la IA y de la cual dependía el suceso de la tecnología. En su libro, de Nava (2013) plantea que el desarrollo de diversos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) desarrollados en diferentes partes del mundo y con el uso de distintas hormonas como GnRH, progesterona (P4), benzoato de estradiol (BE) y prostaglandina F2 α (PGF2 α), permitieron una mejora en la sincronización e inducción de la ovulación e incluso una mejora en los porcentajes de preñez.

En cuanto a la historia de la IA en Uruguay, es de destacar que fue un país pionero en esta tecnología, inicialmente aplicada a caballos y lanares. Jaime (2004) informa que en 1933 se obtiene un potrillo de carrera por medio de IA y en 1936 nacen los primeros corderos como consecuencia de la IA, lo cual lleva a que a partir de 1940 la tecnología tenga un gran desarrollo en lanares. Mientras tanto, en vacunos la inseminación artificial se vio especialmente favorecida por la conservación de semen congelado, por lo cual no fue hasta 1958 que nació el primer ternero producto de semen congelado en Uruguay (Jaime, 2004).

Finalmente, de Nava (2013) informa que los trabajos de desarrollo y validación de protocolos de IATF inician en Uruguay en 1998, en tambos en el departamento de Salto.

2.1.2 Desarrollo de la inseminación artificial en el mundo, en la región y en Uruguay

En el cuadro No. 1 se muestra la totalidad de hembras de especies productivas domésticas que podrían ser servidas en el mundo (donde se contabiliza vacas, cabras, cerdas, etc.) y la totalidad que se insemina. De ese total, el 40% es ganado bovino y búfalo. El total de hembras inseminadas es 20,32% variando enormemente para cada continente o zona (Thibier, 2005). Este autor señala que esta tecnología se ha desarrollado al máximo en Asia y es en este continente y en América del Sur donde el progreso ha sido mayor. Es de destacar que esta información es de 2005 y que es muy posible que el porcentaje se haya incrementado debido a la gran cantidad de información científica disponible respecto a protocolos de inducción y sincronización de la ovulación.

En ese mismo cuadro se aprecia que Asia es la región que sirve con IA el mayor número de hembras (52,7% del total mundial), seguida por Europa (34,2%) y América del Norte (10,2%). Sin embargo, al evaluar el cociente entre el total de hembras con IA y el total de hembras potenciales se aprecia que el orden se altera, siendo Europa (61,11%), América del Norte (24,78%) y Asia (refiriéndonos a China, Japón, Corea y Malasia: 24,56%) las regionales que utilizan más IA respecto a las hembras de que disponen.

Si bien el porcentaje de hembras servidas con IA seguramente haya variado mucho tendiendo a incrementarse en los últimos años, es de destacar que aún queda una gran disponibilidad de mercado para esta tecnología en todas las regiones.

Cuadro No. 1. Número de hembras en servicio a las cuales se les realizó inseminación artificial

Regiones	Total de hembras Potenciales (A) (10 ³)	Total con IA (B) (10 ³)	Relación B/A (%)
AFRICA	51577	871 (0,8%)	1,68
NORTEAMERICA	45206	11203 (10,2%)	24,78
SUDAMERICA	124460	1367 (1,2%)	1,09
EUROPA	61750	37738 (34,2%)	61,11
Extr. ORIENTE (a)	236850	58181 (52,7%)	24,56
Medio ORIENTE (b)	23433	1068 (0,9%)	4,55
TOTAL	543276	110429 (100%)	20,32

(a): China, Japón, Corea, Malasia
 (b): Turquía, Siria, Jordania, Israel, Irak, Palestina
 40% del total representa ganado bovino y búfalo.

Fuente: extraído de Thibier (2005).

El semen suele ser uno de los insumos comprados para cada IA, por lo cual es conveniente hacer una breve comparación de sus ventas contrastando, en este caso datos de EEUU y Brasil, lo que nos plantea una idea de cómo ha evolucionado su comercio y por tanto el uso de esta biotecnología en países de la región.

Cuadro No. 2. Número de unidades de semen vendidas de bovinos para carne y leche en EEUU y Brasil

AÑO	EEUU			BRASIL		
	Total	Carne	Leche	Total	Carne	Leche
2008	22,5	1,28	21,2	7,46	3,72	3,75
2009	21,1	1,20	19,9	8,17	4,49	3,68
2010	22,9	1,23	21,7	9,64	5,53	4,11
2011	23,9	1,40	22,5	11,91	7,01	4,90
2012	24,7	1,67	23,0	12,34	7,44	4,90
% crecimiento/año (2008-2012)	2,44%	7,60%	2,12%	16,35%	25,00%	7,67%
2012	24,7	1,67	23,0	12,34	7,44	4,90
2013	24,7	1,81	22,9	13,20	7,66	5,36
2014	25,6	2,21	23,4	12,00	7,11	4,92
2015	26,4	2,66	23,7	12,60	8,30	4,30
2016	24,9	2,40	22,5	11,70	8,02	3,70
2017	25,7	2,50	23,2	12,10	8,10	4,00
% crecimiento/año (2012-2017)	0,81%	9,94%	0,17%	-0,38%	1,70%	-3,60%
% crecimiento/año (2008-2017)	1,40%	9,50%	0,94%	6,20%	11,80%	0,66%

Fuente: adaptado de NAAB, ASBIA por Rodríguez Blanquet¹, NAAB (2017), ASBIA (2017).

En primer lugar, es interesante destacar las diferencias entre EEUU y Brasil en cuanto al principal tipo de semen vendido. Es decir, a lo largo de los años EEUU se destaca por presentar mayor proporción de ventas de semen en razas lecheras mientras que en Brasil ocurre lo opuesto. Esta diferencia puede estar asociada a la orientación de la matriz productiva de los países, así como al progreso genético logrado en sus respectivos rodeos nacionales. Esto nos podría llevar a presuponer una inclinación en la mejora genética hacia el sector lechero en EEUU, mientras que en Brasil se da una preferente inclinación a la mejora genética en bovinos para carne. Además, puede encontrarse relacionado a que esta tecnología se encuentra más difundida entre los productores lecheros que en los productores de bovinos de carne.

En el cuadro se denota un mayor porcentaje de incremento en las ventas de semen de bovinos para carne, por lo cual se puede afirmar que se da un incremento en la IA en bovinos para carne tanto en EEUU como en Brasil. Es de destacar que en Brasil entre el año 2008 y 2012 hubo un incremento promedio anual del 25 % en la venta de semen de bovinos para carne, pero no en EEUU cuyo valor fue de 7,6% (Wiltbank y Pursley, 2014). Mientras que entre 2012 y 2017 el incremento promedio anual de EEUU pasa a ser de 9,94% siendo mayor al de Brasil, en donde el incremento promedio anual decae a 1,7%. Es de destacar la brusca caída en el incremento promedio anual que experimentan las ventas de semen para rodeos de leche en Brasil, pasando de 7,67% en el período 2008 a 2012 a -3,67% en el período 2012-2017, lo cual puede estar asociado a un cambio en las políticas de gobierno. Cabe mencionar que en el total de ventas de semen el porcentaje de incremento anual en las mismas en el período 2008 a 2017 fue mayor en Brasil (6,20%) con respecto a EEUU (1,40%) a pesar de que en el período 2012 a 2017 dicho incremento haya mermado notoriamente.

En EEUU el porcentaje de vacas para carne que fueron inseminadas fue alrededor de 5% (Nahms, 1998), valor que, según el cuadro No. 2, ha incrementado en 1% (6%) en los últimos años suponiendo 40 millones de hembras que son servidas anualmente. Sin embargo, en Texas, un estado ganadero de este mismo país, Williams (1990) mostró que su uso era del 13 %, valor que es esperable que haya incrementado al momento actual.

Mientras que, como ya fue mencionado anteriormente, en Brasil ocurre lo contrario, siendo mayores las ventas de semen de bovinos para carne que de bovinos lecheros, aunque es interesante destacar que las ventas de dosis de semen en este país son más similares entre los dos rubros que en EEUU, donde la diferencia entre ambos es mucho más acentuada. Según Baruselli et al. (2012), en este país casi todas las

¹ Rodríguez Blanquet, J. B. 2016. Técnicas aplicadas en reproducción animal con especial referencia a inseminación artificial. In: Bases para incrementar el porcentaje de preñez en bovinos de carne I (2018, Montevideo). Material de estudio. s.p. (sin publicar).

inseminaciones que explican esta superioridad se realizan con protocolos hormonales para IATF. Dado que las razas vacunas para carne en Brasil son principalmente cebuinas esto cobra especial sentido, ya que, en base a Pinheiro et al. (1998), en un porcentaje mediano a alto las hembras de esta genética tienden a comenzar y terminar el celo por la noche, por lo cual la regla AM/PM sería muy poco efectiva y la IATF muy beneficiosa.

En cuanto a la región, en 2013 se inseminaron usando IATF 3 y 8 millones de hembras vacunas en Argentina y Brasil respectivamente (Bo y Baruselli, 2014).

Entretanto, en Uruguay, Gil (2002) en base a una encuesta, publica que un 10% del rodeo para carne utiliza inseminación artificial, fundamentalmente en vaquillonas y vacas “secas” (es decir sin cría al pie). El mismo autor, en ganadería de carne, informa que la técnica es utilizada por el 6,5% de los productores, y de éstos un 70% usan sincronización de celos. El censo agropecuario de 2011 (MGAP. DIEA, 2011) muestra que al 15,8 % (600/3865, en miles) de las vacas de cría y vaquillonas se les realizaba inseminación artificial sin especificar el protocolo utilizado.

Datos sobre la importación de semen en Uruguay presentados por MGAP. DIEA (2017) permiten hacer una aproximación a la evolución del uso de la IA en los últimos años en el país.

Cuadro No. 3. Número de unidades de semen bovino importadas en Uruguay

Importaciones de semen bovino (número de dosis) en Uruguay	
Años	Importaciones (unidades)
2009	411.370
2010	591.368
2011	743.776
2012	799.350
2013	918.956
2014	959.616
2015	120.553
2016	625.967
% Crecimiento/ Año (2009-2016)	7,45%

Fuente: extraído de MGAP. DIEA (2017).

Antes que nada, es conveniente señalar que los datos publicados por DIEA no discriminan entre unidades de semen de bovinos de leche y para carne, por tanto, no es posible realizar un análisis de la evolución del uso de la tecnología únicamente en estos últimos. Además, se debe aclarar que los datos de importación de semen no necesariamente muestran la evolución del uso de esta biotecnología, dado que en Uruguay se utiliza semen producido en el territorio nacional, por lo cual no se

contabiliza en los datos de importaciones, pero permite formar una idea de la tendencia general en el uso de esta tecnología.

Del cuadro No. 3, se puede concluir que la IA en Uruguay ha aumentado en los últimos años, dado el notorio porcentaje de crecimiento anual de 7,45 % en el período 2009-2016 que presentan las importaciones de semen, las cuales con certeza se encuentran relacionadas al uso de dicha tecnología. Si bien los datos de 2015 y 2016 desconciertan y hacen disminuir notoriamente el porcentaje de crecimiento medio anual calculado para el período de siete años analizado, es posible afirmar que la IA presenta una clara tendencia al incremento y es de esperar que el uso de esta tecnología crezca aún más en los próximos años.

Finalmente, a modo de resumen, se puede suponer que el uso de esta biotecnología se está incrementando tanto en el mundo como en Uruguay debido posiblemente a los protocolos hormonales, los cuales permiten que sea mucho más sencilla de realizar y por tanto que tenga una mayor adopción por parte de los productores.

2.2 CICLO ESTRAL

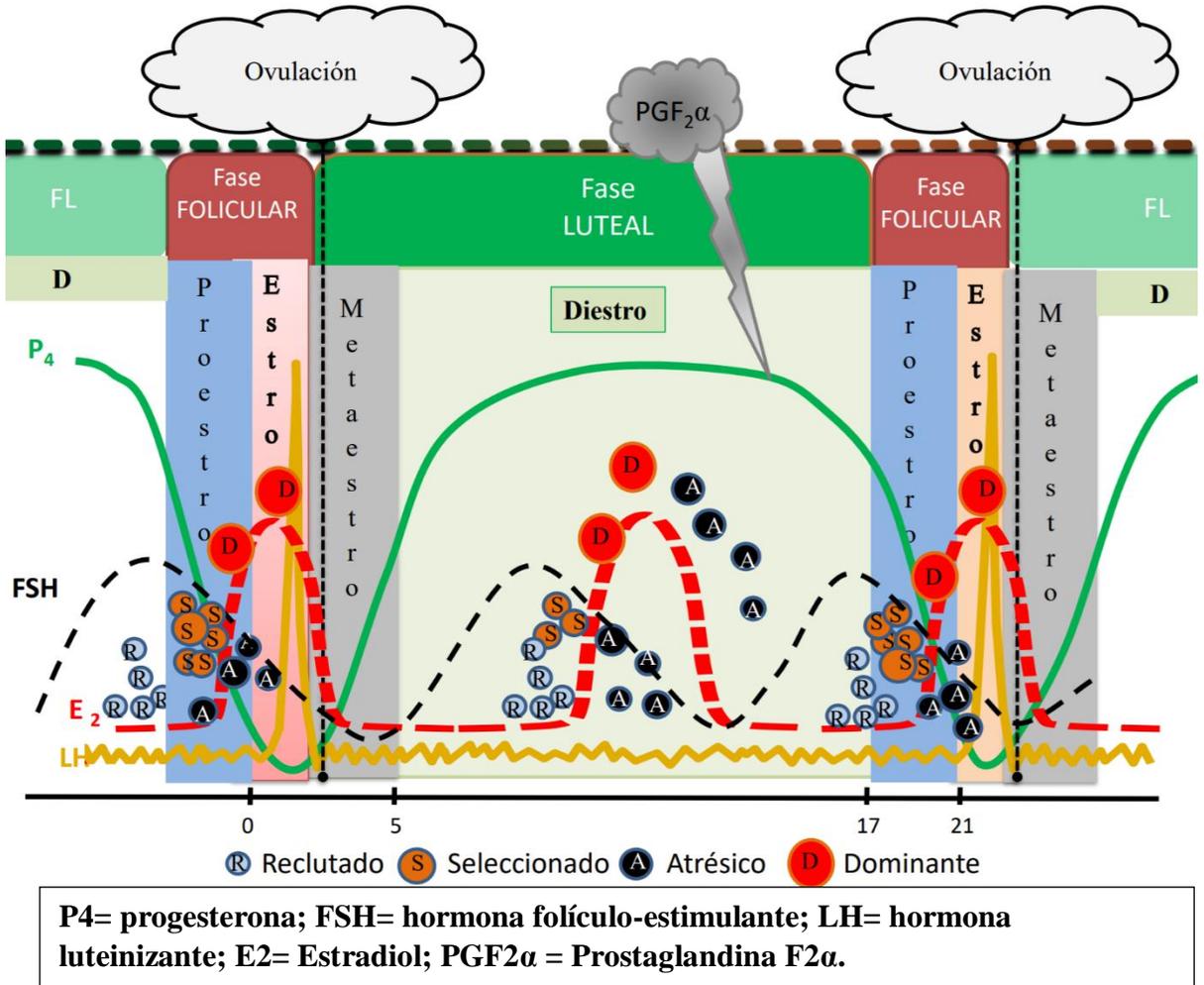
El ciclo estral se define como el período de tiempo que va desde el inicio de un celo o estro hasta el inicio del siguiente (Bo et al., citados por Cabrera y Nadal, 2017). La vaca es un animal poliéstrico anual (cicla todo el año) y cada ciclo dura en promedio 21 días con un rango de 17 a 24 días (Callejas, citado por Cabrera y Nadal, 2017) aunque en vaquillonas la duración promedio es de 20 días.

La hembra bovina al llegar a la pubertad manifiesta cambios rítmicos en su conducta sexual, cuya expresión culminante es el celo o estro. Por celo, según Reece (2010), se entiende el período en el que la hembra acepta la monta del macho.

El celo es considerado como el día 0 del ciclo y dura en promedio 18 horas teniendo una variación típica de 6 a 18 horas. La ovulación ocurre 28 a 30 horas luego de comenzado el mismo. Una vez finalizada la ovulación, el cuerpo lúteo (CL) se desarrolla y la concentración plasmática de progesterona aumenta entre los días 4 y 12, para permanecer constante hasta la luteólisis que ocurre hacia el día 16 (Callejas, citado por Cabrera y Nadal, 2017).

En cuanto a la regulación endocrina del ciclo estral, Hafez y Hafez (2002) publican que el mismo es regulado por complejos mecanismos endócrinos y neuroendócrinos mediante hormonas hipotálamicas, gonadotropinas y esteroides secretados por los ovarios. La regulación de la secreción de gonadotropina durante el ciclo estral requiere un delicado equilibrio entre complejas interacciones hormonales. Para facilitar su comprensión se presenta el esquema de la figura No. 1.

Figura No. 1. Ciclo estral de la vaca y dinámica folicular



Fuente: extraído de Batista²

² Batista, C. s. f. Ciclo estral. In: Curso de Anatomía y Fisiología Animal (2015, Montevideo). Presentación. s.p. (sin publicar).

2.2.1 Eje hipotálamo-hipofisario-gonadal-uterino

Las interacciones hormonales están regidas por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero. Reeves, citado por Cabrera y Nadal (2017) explica que el hipotálamo actúa como una interconexión entre el sistema nervioso y el endócrino desempeñando una función muy importante en la regulación hormonal de la reproducción. El mismo se ubica en la base del cerebro y sus neuronas secretan la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la cual es un componente muy importante en la regulación del ciclo estral, dado que los cambios en las tasas de síntesis y liberación de esta hormona, así como su velocidad de degradación son factores adicionales que afectan su influencia en la liberación de gonadotropinas.

La GnRH es liberada a los vasos porta-hipofisarios por donde llega a la adenohipófisis, donde estimula la secreción de las hormonas denominadas gonadotropinas (hormona luteinizante o LH, y hormona folículo-estimulante, o FSH). El órgano blanco de la GnRH es la hipófisis. La hipófisis (formada por la adenohipófisis y la neurohipófisis, esta última ubicada por detrás o caudal respecto a la primera) se caracteriza por ser la principal glándula endócrina y se la considera como el comando del sistema hormonal de los organismos. La hipófisis secreta un gran número de hormonas, de las cuales las más importantes en el control neuroendócrino del ciclo estral son las hormonas FSH y LH, producidas por la adenohipófisis o hipófisis anterior, las cuales actúan sobre las gónadas (en el caso de las hembras, los ovarios) en las cuales estimulan la gametogénesis y la liberación de esteroides gonadales. La FSH es la responsable del proceso de esteroideogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular al comienzo de cada onda folicular. Mientras que la LH interviene en el proceso de esteroideogénesis ovárica, maduración final del folículo ovulatorio y ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. Es de destacar que en la neurohipófisis se almacena y libera la oxitocina producida por el hipotálamo.

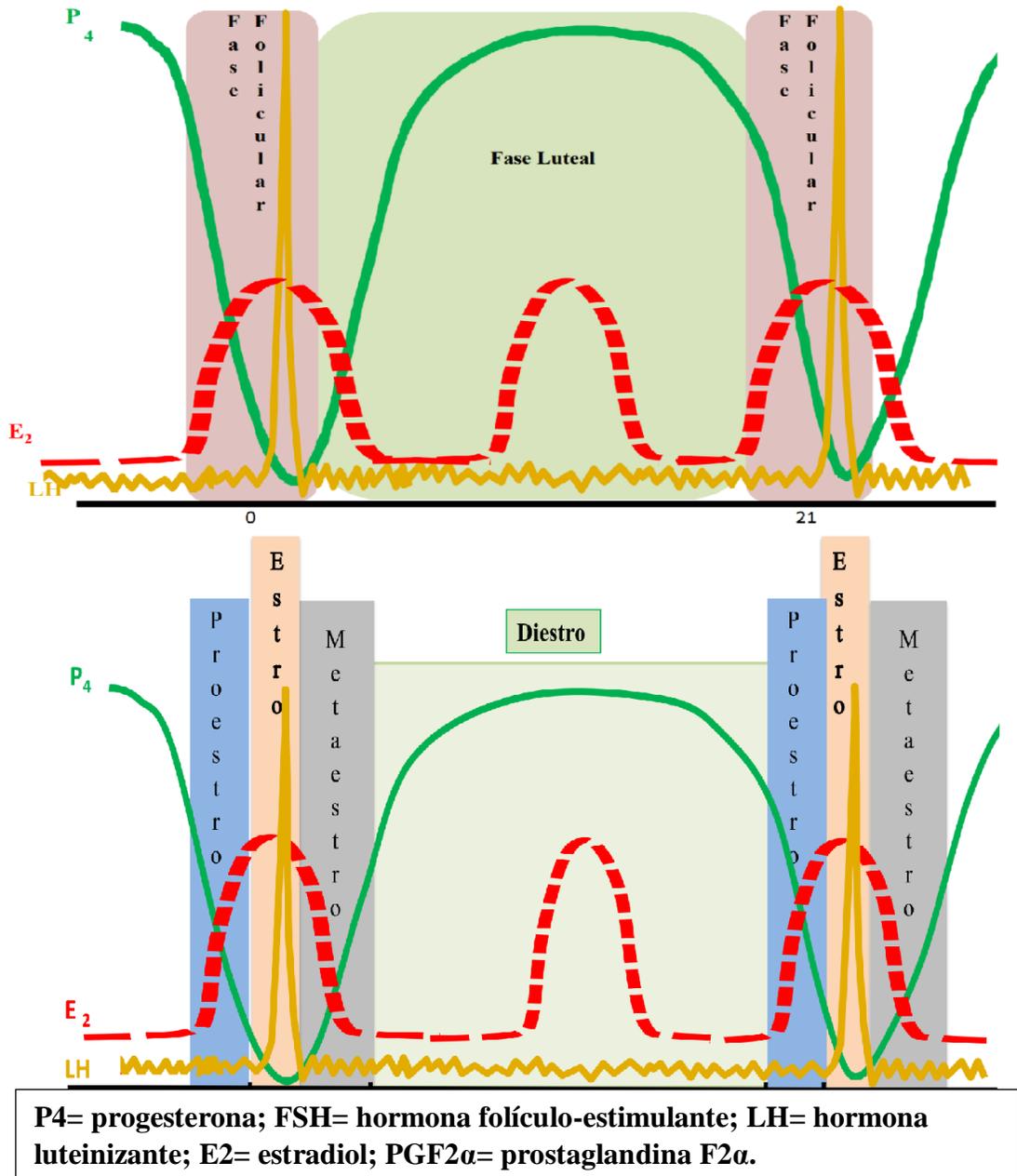
Los ovarios se caracterizan por ser glándulas exócrinas dado que liberan óvulos hacia su exterior, y a la vez endócrinas ya que también secretan hormonas hacia el torrente sanguíneo. Entre las hormonas secretadas por los ovarios se destacan los estrógenos, oxitocina, inhibina y progesterona. En hembras no preñadas los estrógenos son secretados por folículos antrales (en sus células de la granulosa), mientras que en las preñadas son secretados principalmente por la unidad feto-placentaria y ejercen sus efectos principales en el útero, oviducto, vagina, vulva y sistema nervioso. La síntesis de esta hormona está regulada fundamentalmente por la FSH. En el folículo preovulatorio las células de la granulosa adquieren receptores de LH, y durante el pico preovulatorio de LH la granulosa es convertida en células sintetizadoras de progesterona. En cuanto a la progesterona, la misma es fundamentalmente secretada por el cuerpo lúteo y es el principal órgano de secreción de esta hormona, aunque también es producida por la placenta. Dicha hormona, en el útero, produce un aumento en el espesor del epitelio e induce a las glándulas uterinas a alcanzar su máximo desarrollo. Estas glándulas secretoras producen la denominada “leche uterina”, la cual es esencial para la nutrición

del cigoto durante la fase de preadhesión. Además, bloquea la motilidad uterina inhibiendo las contracciones del útero y permitiendo que se lleve a cabo la gestación, y estimula el crecimiento alveolar de las glándulas mamarias. Por su parte, la inhibina es secretada por la capa granulosa de los folículos en crecimiento, y provoca un feed-back negativo sobre la síntesis y liberación de FSH (este punto se desarrollará a continuación, en dinámica folicular). Finalmente, el útero produce la prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$), cuyo principal efecto es la regresión del cuerpo lúteo cuyo proceso se denomina luteólisis (Ungerfeld, 2002).

2.3 FASES DEL CICLO ESTRAL

El ciclo estral puede ser dividido en dos fases. Una fase luteal y una fase folicular. Su denominación es realizada en base a la estructura ovárica y al esteroide ovárico que predominen en cada período. Además, el ciclo estral consta de diferentes etapas o estadios: celo (18 horas), metaestro (días 1 a 5), diestro, entre los días 5 y 16-18 (dividiéndose en temprano y tardío), y proestro (días 16-18 a 20-21), los cuales se esquematizan en la figura No. 2.

Figura No. 2. Fases y etapas del ciclo estral

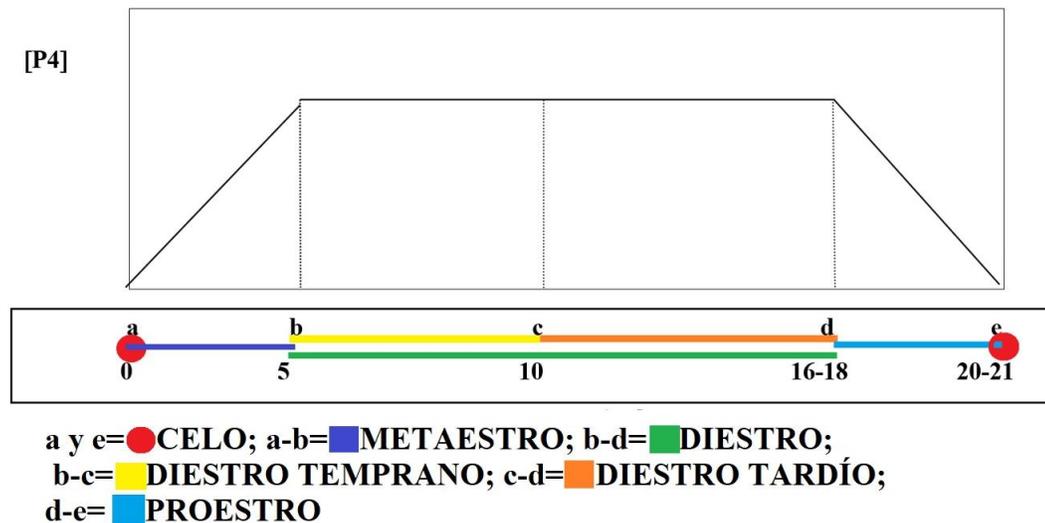


Fuente: extraído de Batista²

2.3.1 Fase luteal

La fase luteal comienza con la ovulación del folículo preovulatorio y termina con la regresión del cuerpo lúteo (figura No. 2). Tiene lugar en las etapas de metaestro y diestro. El pico de LH conduce a la ovulación del folículo preovulatorio. Ahí comienza la formación del cuerpo lúteo (o cuerpo amarillo). A medida que el cuerpo lúteo (CL) se desarrolla, las cantidades de progesterona (P4) secretadas por esta estructura aumentan (figuras No. 1, No. 2 y No. 3). El CL es una glándula transitoria y se encuentra presente solamente durante esta fase del ciclo estral y la gestación.

Figura No. 3. Concentración de progesterona (P4) en los distintos estadios del ciclo estral



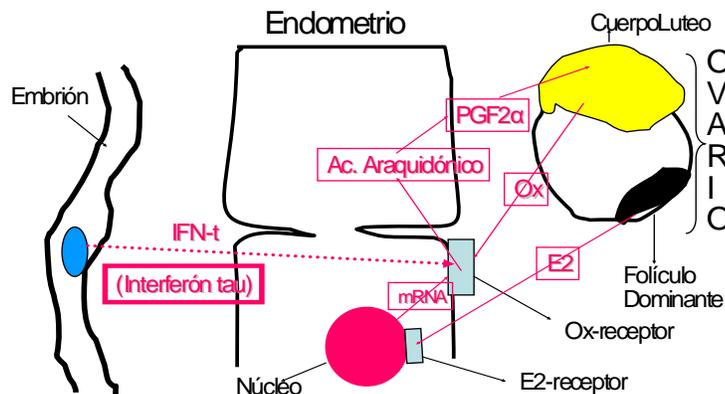
Fuente: adaptado de Rodríguez Blanquet³

La P4 ejerce una retroalimentación negativa sobre la frecuencia de pulsos de la GnRH, inhibiendo de esta forma la pulsatilidad de la LH (hormona responsable de la ovulación) impidiendo, por tanto, una nueva ovulación. Esta fase se caracteriza por el predominio del cuerpo lúteo, siendo la LH la hormona que interviene en el desarrollo y mantenimiento del mismo (Ungerfeld, 2002). Desde la ovulación hasta el momento de mayor concentración de progesterona es la etapa de metaestro, a la cual le sigue el diestro, donde los niveles de progesterona tienden a estabilizarse (figura No. 3).

³Rodríguez Blanquet, J. B. 2016. Principales características de la fisiología del ciclo estral en la hembra bovina. *In*: Bases para incrementar el porcentaje de preñez en bovinos de carne I (2018, Montevideo). Material de estudio. s.p. (sin publicar).

Finalmente tiene lugar la luteólisis (entre los días 16-18), la cual consiste en la muerte progresiva de las células luteales. Esto tiene relación directa con la disminución de los niveles de progesterona (figuras No. 1, No. 2, No. 3 y No. 6). Ungerfeld (2002) señala que el CL, al inhibir los pulsos de LH mediante la secreción de progesterona (que presenta feed-back negativo con la GnRH) es en parte responsable de su propia destrucción, aunque la caída en los niveles de LH no determina por sí misma la luteólisis, ya que la principal sustancia luteolítica en la mayor parte de las especies domésticas es la PGF2 α . El otro motivo por el que se afirma que el CL es responsable de su propia lisis es que, en el proceso de la luteólisis, además de la progesterona, también están involucrados los estrógenos (los cuales controlan los receptores de oxitocina a nivel del endometrio en el útero, figura No. 4).

Figura No. 4. Interacciones hormonales a nivel ovárico-uterino

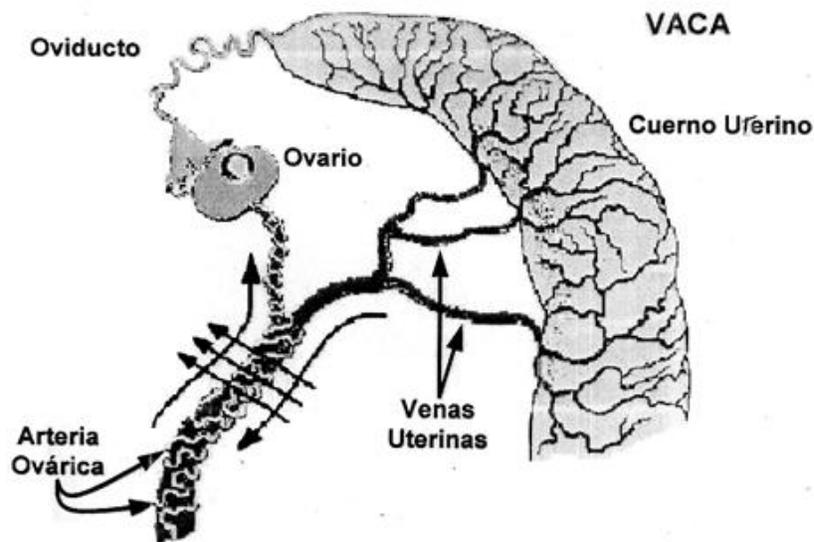


Fuente: adaptado de Thatcher et al. por Rodríguez Blanquet³

Durante la luteólisis la oxitocina es producida por el CL mediante retroalimentación positiva uterino-ovárica, respondiendo el CL a cada pulso de PGF2 α endometrial con secreción de oxitocina. A su vez, alrededor de la mitad de los pulsos de oxitocina luteal provocan una respuesta del endometrio, secretando un pulso de PGF2 α . Esta retroalimentación positiva se encuentra inhibida durante la primera parte de la fase luteal dado que la progesterona inhibe la formación de receptores para oxitocina en el útero. Pero cuando pasa el período en que la progesterona es capaz de ejercer ese efecto inhibitor, el aumento de estrógenos provenientes del folículo en crecimiento induce un incremento en los receptores uterinos de oxitocina (Ungerfeld, 2002). De esta forma se habilita que se desencadene la retroalimentación positiva entre oxitocina luteal y PGF2 α endometrial (Ungerfeld, 2002). Se puede pensar que también actúa oxitocina de la

neurohipófisis como primer desencadenante de la luteólisis, ya que en el momento en que incrementan los receptores uterinos de esta hormona, el CL aún no recibió ningún estímulo para secretarla dado que aún no hubo secreción de $PGF2\alpha$ por parte del útero. Entonces la oxitocina de la neurohipófisis estimularía al endometrio (una vez que aumentaron sus receptores de oxitocina) a secretar $PGF2\alpha$, dando de esta forma origen al retrocontrol positivo que termina con la actividad del CL. La $PGF2\alpha$, como ya fue mencionado, es producida por la capa más interna del útero (endometrio) y liberada hacia la vena uterina, pasando luego a la arteria ovárica y llegando al ovario por un mecanismo llamado “de contracorriente”: la arteria ovárica se pliega y se adhiere a la vena uterina pasando la $PGF2\alpha$ de vena a arteria por diferencia de concentración, lo cual evita el paso del total de la sangre venosa proveniente del útero por el pulmón, con lo que la $PGF2\alpha$ se metabolizaría casi en su totalidad. Esto permite que las concentraciones de $PGF2\alpha$ que llegan al ovario sean altas (figura No. 5, Ungerfeld, 2002).

Figura No. 5. Mecanismo de “contracorriente” entre vena uterina y arteria ovárica



Fuente: adaptado de Austin y Short (1984).

Cuando la $PGF2\alpha$ alcanza el ovario tiene lugar la lisis del cuerpo lúteo. Su destrucción deriva en la definición de una nueva estructura ovárica denominada cuerpo albicans (cuerpo blanco), y la concentración de progesterona disminuye rápidamente hasta valores basales (figuras No. 1, No. 2, No. 3 y No. 6). La disminución del nivel sanguíneo de progesterona permite el aumento de los estrógenos y como consecuencia de las pulsaciones de GnRH y por tanto de LH. Dicho aumento de LH induce la ovulación y luteinización (entendiendo por tal, el proceso de formación del cuerpo

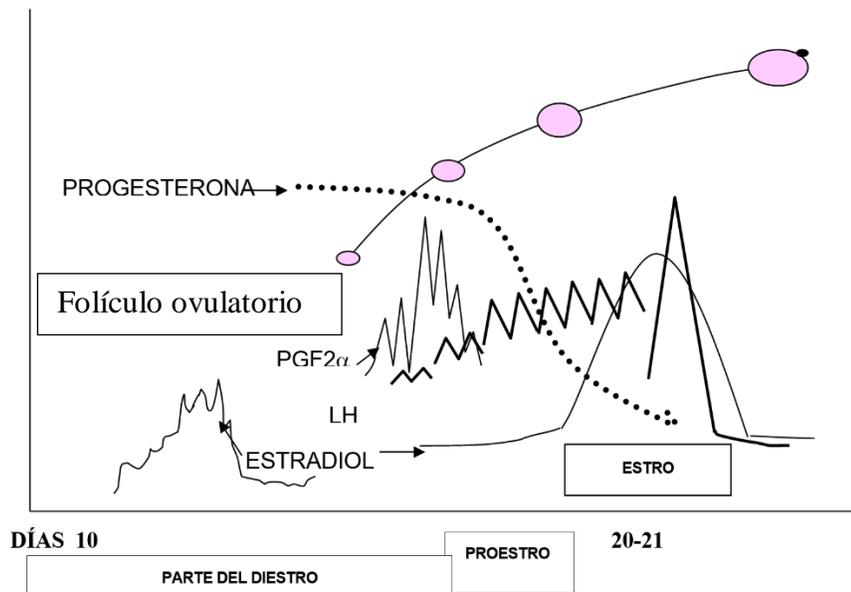
lúteo), provocando una disminución en la secreción de estradiol, dando inicio a un nuevo ciclo (Ungerfeld, 2002).

2.3.2 Fase folicular

La fase folicular se extiende desde la regresión del cuerpo lúteo (CL) hasta la ovulación. Durante la misma se produce el desarrollo folicular final, la ovulación, y comienza la organización del folículo que ovuló en un nuevo CL. Comprende las etapas de proestro y estro (figura No. 6).

La disminución de la concentración de progesterona permite el aumento de pulsaciones de GnRH y LH, hasta alcanzar niveles entre 20 y 80 veces superiores a los niveles basales en un período de 6-12 horas, lo cual se conoce como “pico de LH” (figura No. 6). Este pico de LH estimula el crecimiento final y el estallido del folículo prevovulatorio; y la liberación del ovocito (ovulación, ver figura No. 6). La misma es espontánea, lo cual implica que el pico de LH se desencadena a partir de mecanismos endócrinos endógenos y ocurre 10 horas luego de la terminación del celo (independientemente del largo del mismo).

Figura No. 6. Perfil endócrino durante la fase folicular del ciclo estral de la vaca



Fuente: adaptado de Ungerfeld por Rodríguez Blanquet³

La caída de los niveles de progesterona, además de habilitar la retroalimentación positiva entre GnRH y LH, también desencadena la retroalimentación positiva con los estrógenos. Es decir que ante los pulsos de GnRH del hipotálamo, la hipófisis responde secretando pulsos de LH; y el folículo responde a estos pulsos secretando estrógenos. A su vez, los estrógenos inducen que rápidamente se produzca

otro pulso de LH, el cual inducirá un nuevo incremento de estrógenos. Además, los estrógenos inciden en el hipotálamo promoviendo la secreción de GnRH, y también actúan sobre la hipófisis estimulando la secreción de LH (e incrementando la sensibilidad de esta a la GnRH, Ungerfeld, 2002). Esto constituye un encadenamiento de retroalimentaciones positivas que deriva en una descarga masiva de LH (“pico” de LH), la cual provoca la ruptura y luteinización del folículo, de forma que caen los niveles de estradiol iniciándose un nuevo ciclo. El “pico” de estradiol tiene otros efectos. Estos son la inducción de la motilidad uterina, la apertura del cérvix, la disolución del tapón mucoso y el comportamiento de celo.

Tras la ovulación se produce una hemorragia ovárica profusa y el folículo se llena de sangre, transformándose en otra estructura ovárica temporaria denominada cuerpo hemorrágico la cual finalmente dará origen al cuerpo lúteo. Si el ovocito es fecundado el CL permanecerá funcional hasta 24 horas antes del parto.

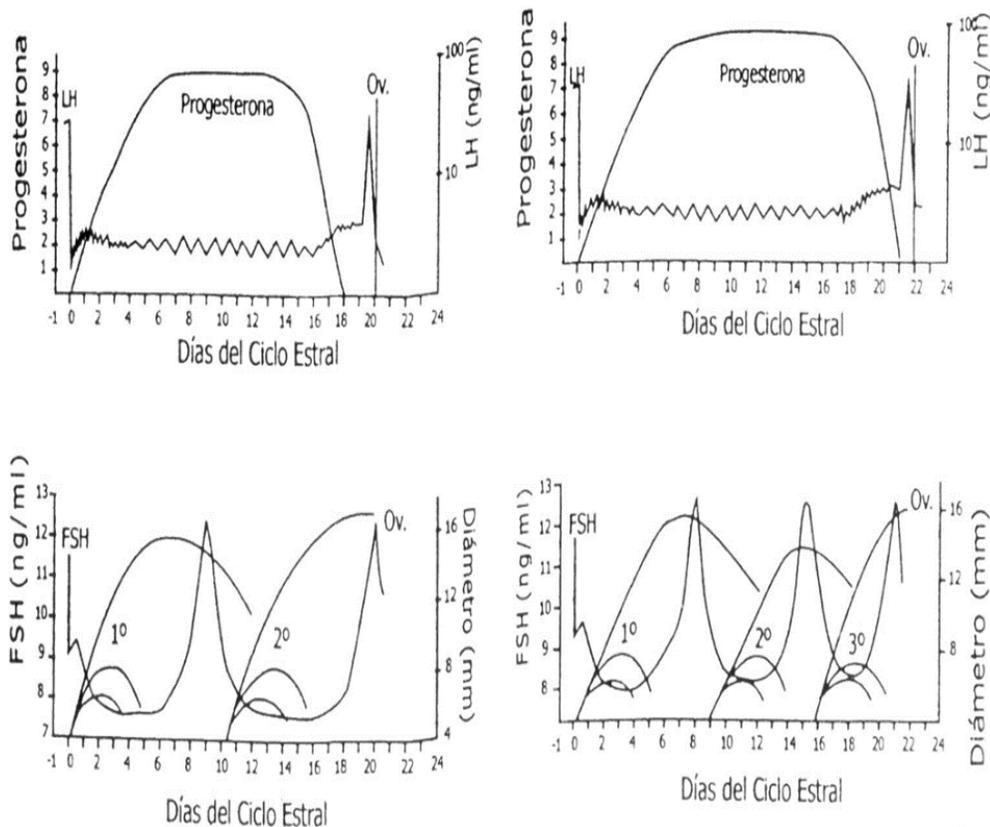
2.4 DINÁMICA FOLICULAR DURANTE EL CICLO ESTRAL

Bo y Caccia (2002a) definen una onda de crecimiento folicular como el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos individualmente identificables, a partir de un diámetro de 4 mm, y que ocurre al mismo tiempo en los dos ovarios. Una onda folicular anovulatoria pasa por 3 etapas. La primera etapa es la de crecimiento (comprende los días 0 a 6), la siguiente es llamada estática (días 6 a 12) durante la cual el folículo no cambia su diámetro, y finalmente una etapa de regresión. Estos mismos autores afirman que en los siguientes 2 a 3 días después de una ovulación y/o de una onda anovulatoria, todos los folículos crecen y uno de ellos es seleccionado, continúa creciendo y se convierte en folículo dominante, mientras que el resto de los folículos, llamados subordinados, se vuelven atrésicos y regresan. El folículo dominante de la primera onda de un ciclo estral será anovulatorio porque se desarrolla durante la fase luteal, y tiene una fase de crecimiento (días 0 a 6), una fase aparentemente estática (días 6 a 12) y una fase de regresión (día 12 en adelante). Los folículos subordinados producidos en cada onda incrementan su tamaño pudiendo alcanzar un diámetro de hasta 8 mm.

Finalmente, en los 3 días después de la emergencia de la onda, tienen una pequeña fase estática y regresan. La primera onda de desarrollo folicular se detecta el día de la ovulación (día 0). La segunda onda comenzará el día 9 o 10 para el caso de los ciclos de 2 ondas, mientras que para los ciclos de 3 ondas comenzará el día 8 o 9 (figura No. 7). En hembras con este último tipo de desarrollo folicular, la tercera onda emerge el día 15 o 16. Es de destacar que existe una gran variabilidad individual en la emergencia de la segunda onda, pudiendo comenzar entre los días 6 y 12 (Bo y Caccia, 2002a). Como se puede apreciar en la figura No. 7, la regresión del CL comienza más temprano en el ciclo de 2 ondas (día 16) que en el de 3 ondas (día 19), afectando, por lo tanto, el intervalo entre ovulaciones. Por esta razón, la duración del ciclo estral de la vaca depende principalmente de su patrón de desarrollo folicular. Es decir que para que el

ciclo estral tenga una duración de 18 a 20 días, debe tener 2 ondas, mientras que para una duración de 21 a 23 días debe de contar con 3 ondas de desarrollo folicular. En ambos casos, el folículo dominante en el momento en que ocurre la luteólisis se torna en folículo ovulatorio. Casi la totalidad de las hembras presentan patrones de desarrollo folicular de 2 o 3 ondas, aunque una pequeña minoría presentan 1 o 4 ondas foliculares. En cuanto al caso de 4 ondas, se ha encontrado en algunos animales *Bos indicus*; en dicha especie esa cuarta onda comienza el día 20 o 21 y el ciclo estral dura de 24 a 25 días (Bo y Caccia, 2002a).

Figura No. 7. Modelo para explicar la dinámica folicular en vacas con 2 y 3 ondas foliculares



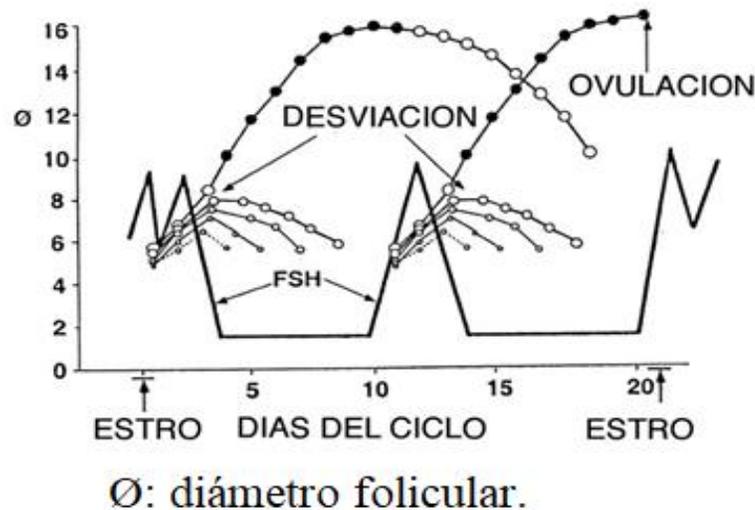
Fuente: extraído de Bo y Caccia (2002a).

Por último, aparentemente no hay diferencias de fertilidad entre vacas con patrones de desarrollo folicular de dos y de tres ondas. Cabe mencionar que factores como el nivel nutricional, stress calórico, y estacionalidad pueden modificar el patrón de desarrollo folicular (Bo y Caccia, 2002a).

2.4.1 Interrelaciones endócrinas y foliculares durante el ciclo estral bovino

La naturaleza ha sido muy sabia al hacer muy eficiente el “uso” del pool de folículos existentes en el ovario de una ternera desde su nacimiento. Es decir, se permite que algunos folículos se desarrollen, algunos mueran y un menor número ovulen. Bo y Caccia (2002a) informan que resultados experimentales publicados a partir de la década del 90 confirmaron que el mecanismo que regula la dinámica folicular está basado en respuestas diferenciales de los folículos a la FSH y a la LH. Los mismos investigadores publicaron que existen incrementos de la concentración de FSH antes de la emergencia de cada onda folicular. Esta descarga de FSH es la responsable del reclutamiento de los folículos de una onda folicular y comienza 2 días antes de la emergencia de esa onda, alcanzando el pico máximo un día antes o el día de comienzo de la onda (figuras No. 7 y No. 8). De tal forma que se observa 2 o 3 picos de FSH en los ciclos estrales de 2 o 3 ondas respectivamente.

Figura No. 8. Esquema de crecimiento folicular y comportamiento de la FSH en una vaca con 2 ondas foliculares durante un ciclo estral de 21 días



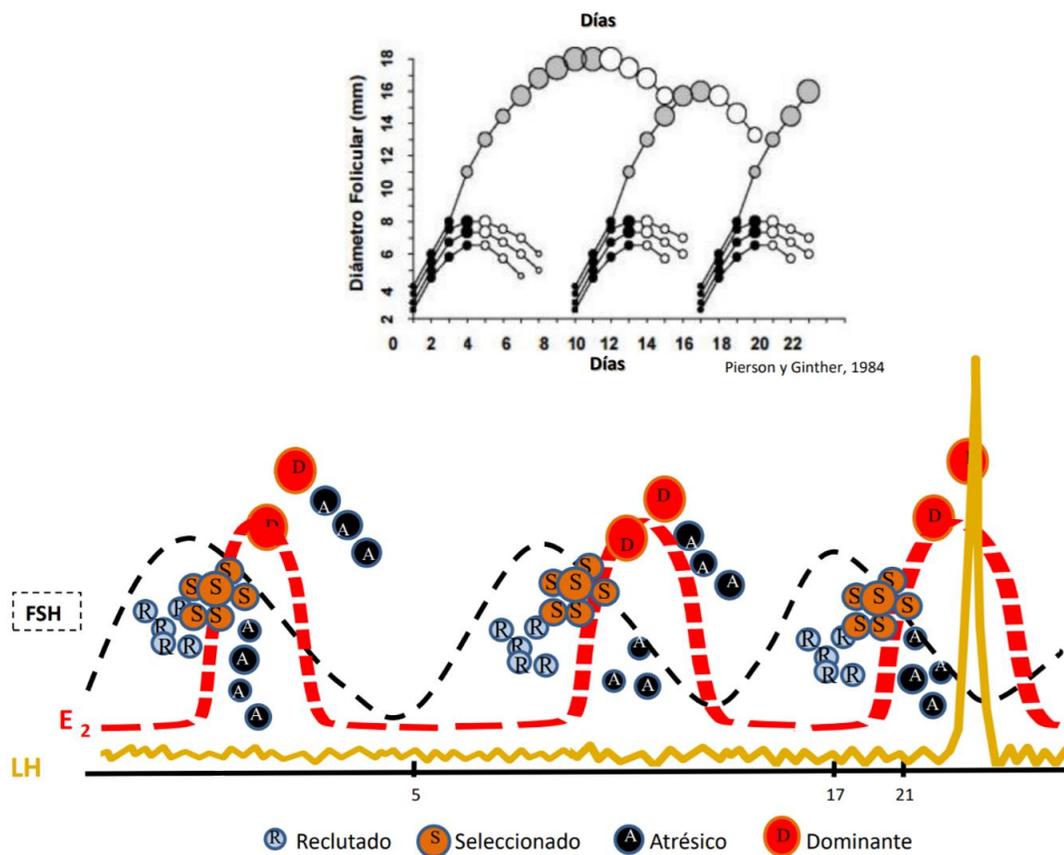
Fuente: adaptado de Wiltbank et al. por Rodríguez Blanquet³

Además, otros trabajos de diferentes investigadores han demostrado que cercano al celo hay dos picos de FSH muy cercanos entre sí. El primero corresponde a la liberación de FSH que ocurre al mismo tiempo que el pico preovulatorio de LH, el cual es inducido por la liberación de GnRH desde el hipotálamo. El segundo pico ocurre cerca de la ovulación y aparentemente es el responsable del reclutamiento de los folículos de la primera onda folicular del ciclo siguiente (figura No. 8).

En las figuras No. 7, No. 8 y No. 9 se puede observar que al mismo tiempo en que los perfiles de crecimiento del foliculo dominante y de los subordinados comienzan a diferenciarse (denominado como el momento de la “desviación”), los niveles de FSH

caen rápidamente. Por lo tanto, el término “selección” indica que un folículo de la onda será dominante y posiblemente ovulatorio, mientras que el término “desviación” hace referencia al cambio en el crecimiento de un folículo con respecto al resto de sus “compañeros” de reclutamiento. El folículo dominante comienza a crecer a un mayor ritmo y los subordinados cesan su crecimiento o crecen más lentamente (Bo y Caccia, 2002a).

Figura No. 9. Regulación endócrina de la dinámica folicular



Fuente: extraído de Batista²

Los niveles más bajos de FSH ocurren alrededor del momento de la desviación (figuras No. 7, No. 8 y No. 9), cuando el folículo dominante alcanza alrededor de 8,5 mm de diámetro y los subordinados quedan en el entorno de los 7,2 mm. En este momento los niveles de FSH se encuentran por debajo de los niveles necesarios para el desarrollo de los folículos subordinados, que por tanto se atresian, mientras que el folículo dominante adquiere habilidad de seguir creciendo incluso a bajos niveles de

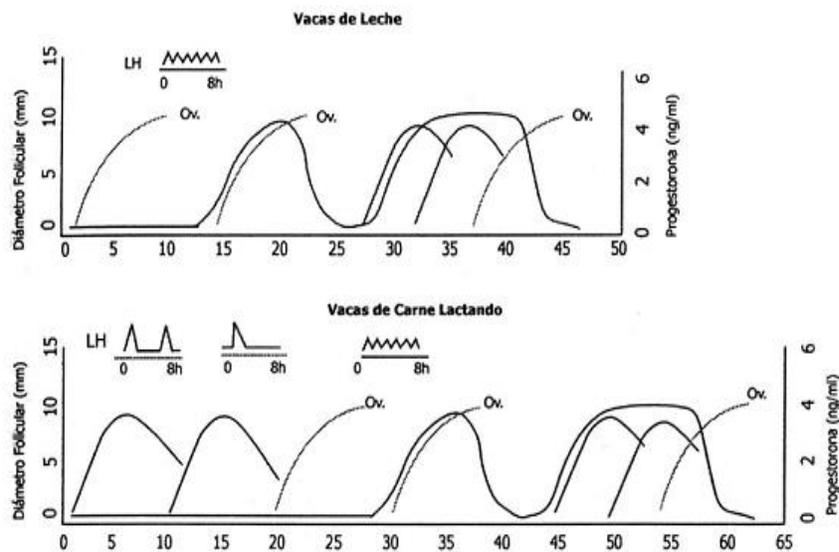
FSH. Las hormonas producidas por los folículos en crecimiento como el estradiol y la inhibina actúan para suprimir los niveles de FSH por encima del considerado basal. Aparentemente, la inhibina es secretada por todos los folículos en desarrollo mientras que el estradiol es producido principalmente por el folículo dominante. El folículo dominante puede crecer con bajos niveles de FSH, mientras los subordinados se atresian, y esto puede estar relacionado con la síntesis de receptores para LH en las células de la granulosa del folículo dominante (Bo y Caccia, 2002a). Es de destacar que todos los folículos poseen receptores de LH en las células de la teca y de FSH en las células de la granulosa. Sin embargo, solo el folículo dominante logra adquirir 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. Por tanto, el crecimiento máximo que pueda alcanzar el folículo dominante luego de la desviación dependerá de la cantidad de pulsos de LH, independientemente de que disminuyan los niveles de FSH, razón por la cual se dice que el folículo dominante mayor a 8mm es FSH-independiente, pero LH-dependiente. Por este motivo el desarrollo folicular antes de la selección folicular requiere FSH, pero tras la selección, necesita de pulsos de LH.

Como se aprecia en la figura No. 9, hasta la selección los niveles de FSH son altos dado que el crecimiento primario de los folículos está regulado por esta hormona. Al momento de la selección la concentración de la misma disminuye a valores mínimos. En este momento, el crecimiento continuo del folículo dominante depende de los pulsos de LH. El folículo dominante continua su crecimiento incrementando su producción de estradiol, lo que hace inducir un pico de LH y su ovulación. 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) (Bo y Caccia, 2002a). Los altos niveles de progesterona alteran el desarrollo del folículo dominante en el bovino. Estos altos niveles de progesterona no suprimen la liberación de FSH (Adams et al., citados por Bo y Caccia, 2002a), pero sí alteran la frecuencia de los pulsos de LH (Stock y Fortune, 1993). Esto implica que, al aumentar los niveles de progesterona, debido al crecimiento del CL durante la fase luteal, se altera la secreción de LH y esto provoca que el folículo dominante detenga sus funciones metabólicas y comience a regresar. Este cese en la secreción de estradiol e inhibina tiene como consecuencia el aumento en las concentraciones de FSH, con lo cual va a comenzar el reclutamiento de los folículos que componen la siguiente onda folicular (figura No. 9). Por el contrario, la disminución de los niveles de progesterona al ocurrir la luteólisis permite un incremento en los pulsos de LH. Este incremento estimula un mayor crecimiento del folículo dominante y un aumento en las concentraciones de estradiol que induce los signos de celo y el pico preovulatorio de LH. Este pico de LH causara la ovulación del folículo dominante.

2.4.2 Dinámica folicular durante el período posparto (anestro posparto)

Como ya se mencionó anteriormente, el desarrollo folicular tiene lugar en todas las etapas fisiológicas de la hembra vacuna. En el período posparto, el desarrollo folicular continúa. La FSH no es una hormona limitante para el desarrollo folicular en esta etapa. Sin embargo, para que se dé la ovulación el folículo dominante debe estar expuesto a la correcta frecuencia de pulsos de LH (figura No. 10, Roche et al., 1992). Una inadecuada frecuencia de pulsos de LH resulta en una baja concentración sanguínea de estrógenos. Al no alcanzar los estrógenos los niveles críticos que desencadenan el pico preovulatorio de LH, el folículo dominante comienza a regresar (atresia), dando lugar al crecimiento de una nueva onda folicular. Cuando, en cambio, se dé una alta frecuencia en la pulsatilidad de LH, se estimulará una muy alta concentración de estradiol, y por retroalimentación positiva sobre el hipotálamo se desencadenará un pico preovulatorio de LH y FSH. La diferencia fundamental en la dinámica folicular en el posparto en la vaca lechera y en la de cría para carne radica en la presencia del ternero. La ausencia del ternero junto a su madre (es decir, no toma la posición de amamantamiento) resulta en un incremento en la concentración de LH (Griffith y Williams 1996, Bo y Caccia 2002a).

Figura No. 10. Esquema de desarrollo folicular en vacas exclusivamente produciendo leche y vacas con cría al pie no estresadas nutricionalmente



Fuente: adaptado de Roche et al. por Ungerfeld (2002).

Por esta razón las vacas productoras de leche ovulan antes que las vacas con cría al pie en condiciones nutricionales adecuadas. Es de destacar que las vacas para

carne con ternero al pie demoran más en ovular no porque no tengan un folículo capaz de hacerlo, sino que por la falta de un pico de LH.

2.5 IMPORTANCIA DE LA FECHA DE PARTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE POR VIDA EN LA MADRE Y SU PROGENIE

Para mejorar la eficiencia biológica de producción de un rodeo de cría, el objetivo primario es obtener los mayores porcentajes de destete (Davis et al., 1983). Dziuk y Bellows (1983) afirman que el factor que más afecta la producción de terneros en un rodeo de cría es el fallo en la concepción de las vacas.

Simeone y Beretta (2002) publicaron que los factores que más afectan los kilogramos de terneros producidos por vacas entoradas son el porcentaje de destete y el peso al destete. De los cuales, el primero es el factor que más incide sobre dicho indicador, por tanto, el que debe ser priorizado, para luego apostar a una mejora en el peso al destete. De tal forma que es deseable lograr el mayor conocimiento sobre los factores ambientales y de manejo que mejoren la cantidad de terneros logrados, así como el mayor peso al destete posible por vaca servida y por unidad de superficie.

Por tanto, la máxima eficiencia reproductiva se lograría al obtener un ternero por año durante toda la vida productiva de la vaca. El largo de la gestación varía entre 275 y 290 días, dependiendo de las diferentes razas (Rovira, 1996). Asumiendo una gestación promedio de 285 días, la vaca, luego del parto cuenta con 80 días para volver a concebir y de esta forma lograr el objetivo deseado de un ternero por año. De estos días, se debe descontar los días que lleva la involución uterina (alrededor de 30-50 días, según Rovira, 1996), lo cual deja como máximo 2 celos para concebir y lograr un intervalo interparto de 365 días.

Cuanto más temprano se logre la concepción de los vientres dentro de estos 80 días, mayor será el adelanto logrado en la fecha de parición lo cual conlleva beneficios tanto para la vaca como para su cría. Se procurará comenzar por los beneficios que se logran en la vaca.

2.5.1 Beneficios del adelanto de la fecha de parto sobre la vaca

Morris (1980) resumió estimaciones de varios autores para correlaciones y regresiones del intervalo parto- primer celo sobre la fecha de parto anterior para vacas y vaquillonas. Estos resultados muestran, que por cada 21 días más tarde que para una vaca, la fecha del primer celo posparto se adelanta en 14 días. Es decir que las vacas que paren más tarde tienen un intervalo parto-primer celo más corto que aquellas que paren más temprano. Cabe mencionar que la información analizada por Morris se refiere principalmente a experimentos o datos de campo con pariciones concentradas en primavera, en donde las vacas parían dentro de 100 días.

De qué forma estos resultados son llevados a la fertilidad del rodeo y fecha de parto en el siguiente y los subsiguientes partos depende principalmente del manejo del

servicio, ósea la fecha de comienzo y el largo del mismo. Por ejemplo, en el caso de servicios cortos (supóngase 45 días o incluso menor) se tiende a inducir una correlación positiva entre fecha de parto y el porcentaje de hembras que conciben en el siguiente servicio. Si el servicio se alarga respecto al período anterior, esto tendería a inducir una correlación negativa entre la fecha del parto y el intervalo interpartos (Plasse et al., 1968).

Por su parte Burris y Priode (1958) publican que en un experimento en donde suministraron un alto nivel de alimentación y en donde las vacas parían a fines de invierno-comienzo de primavera, estimaron una regresión de la fecha del segundo parto sobre la fecha del primero de + 0,32 día por día para tres razas (correlación de 0,37). Es decir que, dentro de las vacas que volvían a concebir, la vaca que paría tarde un año, tendía a parir más tarde al año siguiente (ver cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Comportamiento reproductivo por fecha de parición

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

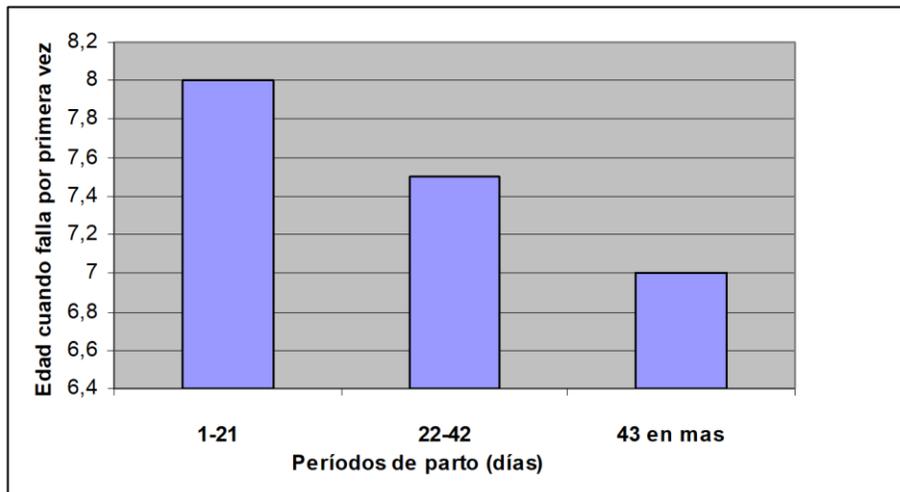
Fuente: adaptado de Burris y Priode (1958).

Estos investigadores encontraron que existía una estrecha relación entre el porcentaje de vacas que fallaban en el siguiente año y la fecha de parto del año previo (en aquellos casos donde el servicio era de 90 días). Por tanto, es posible asumir que aquella vaquillona que pare temprano su primer ternero, produce más kilos de ternero destetado el resto de su vida, debido a que sigue pariendo temprano en las siguientes pariciones y tiene menor probabilidad de fallar que la que pare tarde (cuadro No. 4).

Además, Franke y Wyatt (1982) al estudiar la influencia de la fecha de parto (en un periodo de servicio corto) sobre el porcentaje de parición siguiente en un estudio de un cruzamiento rotacional; encontraron que todas las combinaciones rotacionales tendían a maximizar el porcentaje de parición cuando parían antes o hasta de la mitad del período de entore en las dos primeras generaciones de este ensayo.

Por su parte Lesmeister et al. (1973) encontraron que las vaquillonas que parían en los primeros 21 días eran más productivas por el resto de sus vidas. Años más tarde Cushman et al. (2013), mostraron que las vaquillonas que parían en los primeros 21 días del período de parición se mantenían más años en el rodeo antes de no quedar preñadas por primera vez (figura No. 11).

Figura No. 11. Influencia del periodo de parto sobre el promedio de permanencia (años) en el rodeo



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

En Uruguay se realizaron 874 (raza Hereford) recolectados del rodeo de la Estación Experimental M.A. Cassinoni (EEMAC) desde 1979 a 1986 que corresponden a la tesis de grado de Bello y Mestre (1991). El cuadro No. 5 presenta las vacas paridas en los distintos meses (sin realizar distinción de edad al parto) sobre el porcentaje de parición en los 2 años siguientes. Del mismo se desprende que aquellas vacas que parieron temprano presentaban un mayor porcentaje de parición en los siguientes 2 años que aquellas que parían más tarde. Es decir que aquellas vacas paridas en setiembre y octubre presentan un mayor porcentaje de parición que las de agosto, noviembre y diciembre.

Cuadro No. 5. Efecto del mes de parto sobre la posibilidad de parir en 2 años consecutivos

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

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

Fuente: extraído de Bello y Mestre (1991).

Aquellas vacas paridas en agosto presentaron un menor porcentaje de parición que las que parieron en setiembre y octubre a pesar de haber parido antes. Esto puede ser explicado por el manejo nutritivo hasta el momento del parto, cuando no se tiene en cuenta manejo nutritivo preparto (estado corporal al parto) y el posparto, lo cual puede llevar a obtener malos resultados reproductivos. Esto es un concepto crucial para definir el comienzo del servicio. En cuanto a los resultados del intervalo interparto con respecto al mes de parto (cuadro No. 6), si se asume un largo de gestación de 285 días para todas las vacas se forma un intervalo parto-concepción de 123, 100, 75 y 53 días para aquellas vacas que paren en setiembre, octubre, noviembre y diciembre, respectivamente. Esta información nos indica que las vacas que paren temprano (en un periodo de parición menor a 100 días), estarían en anestro a comienzo del servicio. Esto fue confirmado por Rodríguez Blanquet (2008), realizando estimaciones de actividad ovárica al comienzo del servicio (determinada por progesterona o ecografía) en distintos años, diferentes rodeos y departamentos en Uruguay.

Cuadro No. 6. Efecto del mes de parto sobre el intervalo interparto (IIP).

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

(1): el mes de setiembre incluye los partos del mes de agosto

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

Fuente: extraído de Bello y Mestre (1991).

Existen varios factores que podrían estar explicando la disminución del intervalo parto-concepción a medida que se aproxima al verano, con pariciones de primavera. Estos pueden ser el fotoperiodo (Hansen y Hauser, 1984), la nutrición (Dunn y Kaltenbach 1980, Hess et al. 2005), el efecto toro (Izard et al., citados por Rekwot et al., 2001) y las interacciones simples o triples entre ellos (Zalenskey et al. 1984, Makarechian et al. 1985, Alberio et al. 1987, Naasz y Miller 1987, Scott y Montgomery 1987, Burns y Spitzer 1992, Rekwot et al. 2000, Rodríguez Blanquet et al. 2002) . Al respecto Hansen y Hauser (1984), encontraron un efecto en el largo de las horas luz (fotoperíodo) sobre el intervalo parto-primer celo. Es decir que cuanto mayor el fotoperíodo (más horas de luz), más disminuía el intervalo parto- primer celo.

Por su parte Dunn y Kaltenbach (1980) mostraron la importancia del estado corporal al parto sobre el porcentaje de celos en vaca para carne. De tal forma que a mayor estado corporal al parto el intervalo parto-primer celo disminuía notoriamente. Las vacas que paren tarde (con pariciones de primavera) presentan mayor estado corporal que las que paren temprano (fines de invierno, principios de primavera), lo cual podría ser una explicación de ese menor intervalo interparto.

En cuanto al efecto toro, la misma presencia del mismo disminuiría el intervalo parto-primer celo y parto-ovulación en distintas categorías. Esto incluso se da cuando el toro recién tiene contacto con el rodeo a los 30 días de paridas (Fernández et al., 1996).

Si bien estos tres factores y su compleja interacción, como ya fue mencionado anteriormente, podrían explicar la disminución del intervalo parto-concepción, también puede verse explicado por decisiones de manejo sobre vacas que paren tarde en primavera. En este caso hipotético las vacas parirían con un buen estado corporal por el nivel nutritivo preparto (mediados y fines de primavera) y contarían con un alto nivel nutricional pos-parto (supóngase en caso de que entren a un potrero empastado, reservado de la primavera anterior) ya que entran en el periodo de servicio. En este caso, tanto el fotoperíodo como el efecto toro posiblemente estén ayudando a mejorar la reproducción de estas vacas. Sin embargo, es posible que estas vacas a pesar de tener un intervalo parto-primer celo corto, presenten una menor fertilidad dado que tienen pocas oportunidades de celar y ovular durante la época de servicio (dado que el mismo es corto) y por lo tanto disminuye la probabilidad de preñez. Suponiendo vacas paridas de noviembre tienen un intervalo parto-concepción de 75 días. Si se asume un valor promedio de parto de 15 de noviembre, esas vacas tendrían 1 o 2 celos para poder concebir si el servicio terminara el 25 de febrero.

2.5.2 Beneficio del adelanto de la fecha de parto sobre el peso al destete del ternero

En cuanto al ternero, dentro de un período de parición y una misma raza, el que nace temprano a una fecha fija de destete, pesa más que el que nace tarde, simplemente porque tiene más edad (cuadro No. 7), sin considerar la ganancia diaria al pie de la madre. Además, aquellos terneros nacidos más temprano experimentan ganancias diarias superiores a los tardíos. Esto puede deberse a que los terneros de mayor edad (nacidos más temprano) consumen mayor cantidad de leche y pasturas que los terneros más jóvenes.

Estas afirmaciones se basan en el trabajo de Morrow y Brinks (1968), quienes agruparon los partos y el comportamiento de cada ternero de acuerdo a su fecha de nacimiento (cuadro No. 6), incorporando 20 años de datos del nacimiento al destete. Estos obtuvieron resultados similares tanto para aquellas vacas que paren a los 2 años, como a los 3 años. A partir del comienzo del período de parición se subdividieron los períodos cada 20 días.

Cuadro No. 7. Efecto de la fecha y edad al parto de la vaca sobre el comportamiento del ternero.

1° PARTO—3 AÑOS

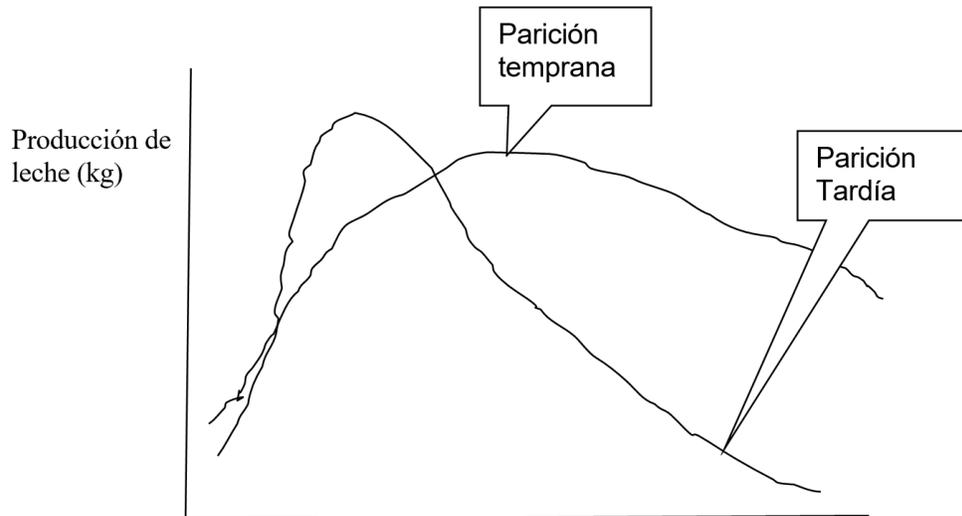
Fecha de parto	No. ternero	Fecha nacimiento	G.D. (kg)	Peso dest. (kg)	Edad destete	% Pérdida
Temprano	4	51	0,571	179	259	7,5
1	250	90	0,744	195	220	12,8
2	141	107	0,703	175	204	13,5
3	61	125	0,658	153	185	16,4
4	38	145	0,671	143	165	21,1
5	11	159	0,662	132	151	18,2
Tardío	-	-	-	-	-	-

Fuente: adaptado de Morrow y Brinks (1968).

Morrow y Brinks (1968), Lesmeister et al. (1973) agruparon las vacas en cada uno de los grupos en base a la fecha de parición de su primer ternero. La forma de hacer los grupos de parición en el estudio de Lesmeister et al. (1973) fue similar al de Morrow y Brinks (1968), aunque el período de servicio era menor. Cabe aclarar que cuando una vaca fallaba los terneros siguientes eran eliminados del estudio y es conveniente mencionar que ambos trabajos obtuvieron resultados similares. El que las vacas paran tempranamente en su primer periodo de parición, permite que produzcan más kilos de terneros destetados a través de toda su vida en el sistema empleado por estos investigadores (cuadro No. 7). A esto se suman las mayores ganancias diarias que experimentan los terneros nacidos tempranamente anteriormente mencionadas. No obstante, la capacidad del ternero de consumir leche puede ser el factor limitante de la producción de leche de la madre, según informa Gleddie y Berg (1968). Por tanto, cuando la vaca pare temprano, alcanza el pico de producción de leche más lentamente (figura No. 12) lo que permite que el ternero esté en condiciones para poder aprovechar los altos niveles de producción de leche y además mantener dicha producción por más tiempo. En el caso de una vaca que pare tarde, la misma puede producir una gran cantidad de leche desde el principio de la lactancia (figura No. 12), pero el ternero no tiene la capacidad física para poder consumirla, lo que genera que la producción de leche caiga rápidamente. Estos hechos modificarán las curvas de lactancia, alterando la persistencia de la producción de leche por parte de la vaca. La diferencia en la forma al comienzo de las curvas de lactancia puede ser explicada por los diferentes estados corporales que tienen las vacas al momento del parto.⁴

⁴ Rodríguez Blanquet, J. B. 2016. Importancia de la fecha de parto sobre la actividad productiva y reproductiva de por vida en la vaca para carne. In: Bases para incrementar el porcentaje de preñez en bovinos de carne I (2018, Montevideo). Material de estudio. s.p. (sin publicar).

Figura No. 12. Curvas teóricas de producción de leche de una vaca parida temprano y tarde



Fuente: extraído de Rodríguez Blanquet⁴

Respecto a las pasturas, en pariciones de primavera, se puede asumir que el ternero nacido temprano, cuando está en condiciones de poder consumirlas, aún tiene a su disposición cantidad y calidad de las mismas.

Como resultado de la información presentada, se extrae (como ya fue mencionado anteriormente) que el ternero de la vaca parida temprano tendría mayor ganancia diaria que el nacido tarde, y al sumarle que el primero tiene más edad a fecha fija de destete tiene, por lo tanto, mayor peso al destete. Del trabajo de Lesmeister et al. (1973) se puede extraer otra conclusión importante, que las vacas que paren temprano generan una mayor producción de kilos de ternero destetado de por vida. Esto es debido al peso al destete de ese primer ternero y no al resto de pesos al destete de la vida de esa vaca. Por su parte, Cushman et al. (2013) publicaron que las vacas paridas en los primeros 21 días producían mayores pesos al destete solo hasta el 6°. período de parto. Pero estos resultados son similares a los trabajos citados previamente. García Paloma et al. (1992) trabajando en condiciones pastoriles de Argentina obtuvieron resultados similares a los publicados por Lesmeister.

Funston et al. (2012), estudiaron el comportamiento productivo de los terneros según la fecha de nacimiento. Obtuvieron que los terneros nacidos de hembras que habían parido en los primeros 21 días fueron 13 kg más pesados al destete que los nacidos entre los días 22 a 42 y 34 kg más que los nacidos 43 o más días luego de estos.

Es decir, aquella vaca que pare en los primeros 21 días produce más kilos de ternero por el resto de su vida. Los resultados de Bello y Mestre (1991) muestran los

mismos resultados que los presentados hasta el momento (cuadro No. 8). Las vacas paridas en los primeros 21 días del período de parto dan mayores pesos al destete que las paridas más tarde cuando se toma la producción de por vida.

Cuadro No. 8. Peso al destete de los terneros según mes de parto

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

Fuente: extraído de Bello y Mestre (1991).

2.5.3 Beneficios del adelanto de la fecha de parto sobre la futura actividad productiva y reproductiva de los terneros/as

En cuanto a la ternera, Funston et al. (2012) estudiaron el comportamiento productivo y reproductivo de las terneras según la fecha de nacimiento. Los mismos dividieron la progenie en 3 grupos (nacidos en los primeros 21 días, entre 23 a 42 y en más de 43 días) y los datos se presentan en el cuadro No. 9.

Cuadro No. 9. Efecto de fecha de nacimiento de la ternera sobre su reproducción y caracteres de su primer ternero

	<u>Fecha de parto</u>			valor-P
	1	2	3	
n	651	304	64	
Caracteres de nacimiento al destete				
Fecha de nacimiento, día del año	77 a	93 b	113 c	<0,01
Peso al destete (kg)	219 a	213 b	197 c	<0,01
Caracteres del servicio al porcentaje de preñez.				
Peso preservicio (kg)	296 a	292 b	276 c	<0,01
Ciclando al comienzo del Servicio(%)	70 a	58 b	39 c	<0,01
Peso al diagnóstico de preñez (kg)	373 a	371 a	358 b	<0,01
Porcentaje de preñez (%)	90 a	86 a	78 b	<0,02
Caracteres del parto al fin del período de parición.				
Peso parto (kg)	429	430	418	0,06
Fecha de nacimiento (días del año)	68 a	73 b	75 b	<0,01
Paridas en los primeros 21 días (%)	81 a	69 b	65 b	<0,01
Caracteres de la ternera y su progenie al destete				
Peso de la vaca (kg)	419	422	422	0,68
Peso del ternero (kg)	193	189	186	0,10
Porcentaje de preñez luego del primer ternero	93	90	84	0,20

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

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

Las terneras (ahora vaquillonas) que habían nacido en el primer período de parto (1 a 21 días) eran en promedio 16 a 36 días más viejas que las de los grupos 2 y 3 respectivamente. En cuanto al peso al destete, el mismo disminuye a medida que avanza el período de nacimiento (219, 213 y 197), como ya lo habían observado previamente

otros investigadores (Burris y Priode 1958, Leismeister et al. 1973, García Paloma et al. 1992, Cushman et al. 2013). Esta diferencia en el peso al destete se conserva en el tiempo y continua vigente en el peso preservicio. El mayor peso que conservan las terneras nacidas en el primer período de parición tal vez pueda explicar la diferencia que se aprecia en el porcentaje de vaquillonas ciclando normalmente al comienzo del servicio. Esto se comprueba con el hecho de que los resultados de peso preservicio son concordantes con el porcentaje de preñez obtenido en las vaquillonas nacidas en el primer período (90%), segundo (86%) y tercero de nacimiento (78%). Este mayor porcentaje de preñez también puede deberse a la rapidez en la concepción que tuvieron las terneras que parieron en el primer grupo de parición, lo cual se observa en los días al nacimiento (68, 73 y 75) que se corrobora en el porcentaje que paren en los primeros 21 días (81 %, 69% y 65%). En cuanto al porcentaje de preñez luego del primer ternero, el mismo era similar en los 3 grupos (93%, 90% y 84%). En base a este resultado de preñez es posible suponer que el resto de sus vidas productivas no tendrían diferencias en esa variable. Es conveniente recordar los trabajos anteriormente mencionados de Lesmeister et al. (1973), García Paloma et al. (1992) en donde muestran que la mayor producción de por vida de las vacas que paren temprano se debe solamente al peso al destete del primer ternero. Por lo tanto, también es posible asumir que esa ternera que nació de una vaca parida en los primeros 21 días sería más productiva por el resto de su vida.

Finalmente, en lo que al ternero respecta, Funston et al. (2012) realizaron un estudio del comportamiento productivo de los terneros según la fecha de nacimiento. Aquellos terneros nacidos de vacas que habían parido en los primeros 21 días fueron 13 kg más pesados al destete que aquellos nacidos entre los días 22 a 42 y 34 kg que los nacidos en el tercer período (cuadro No. 10).

Cuadro No. 10. Efecto de la fecha de nacimiento del ternero sobre su comportamiento en el corral y caracteres de la carcasa

	<u>Fecha de parto</u>			valor-P
	1	2	3	
n	431	287	53	
Caracteres de nacimiento al destete				
Fecha de nacimiento, día del año	73 a	91 b	116 c	<0,01
Peso al destete (kg)	238 a	225 b	204 c	<0,01
Caracteres en el corral.				
Ganancia diaria (kg/d)	1,64	1,64	1,66	0,81
Peso final (kg)	590 a	580 b	562 c	<0,01
Consumo de MS	8,13	8,12	8,13	0,97
Caracteres de la carcasa.				
Peso carcasa (kg)	372 a	365 b	353 c	<0,01
Grasa en la 12 ^o costilla (cm)	1,35 a	1,29 a	1,19 b	<0,01
Grasa total (%)	30,6 a	30,0 b	29,2 c	<0,01
Veteado del músculo (Marbling)	569 a	544 b	519 c	<0,01

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

A medida que la fecha de nacimiento avanza, las diferencias observadas entre los pesos al destete, peso final en el corral y peso de carcasa disminuyen. Al igual que el peso al destete, las otras 2 variables también fueron mayores en los terneros nacidos de hembras que habían parido en los primeros 21 días del período de parto con respecto a los de las otras categorías. No se detectaron diferencias en ganancia diaria ni en el consumo. Aunque aquellos novillos nacidos de las hembras que parieron en los primeros 21 días presentan mayor nivel de grasa en la carcasa, aunque se debe tener en cuenta que la evaluación de la faena solo se realizó a tiempo fijo. En el caso de que se hubiera realizado a la misma edad o mismo grado de terminación seguramente los resultados hubieran sido diferentes favoreciendo a los terneros nacidos temprano.

Finalmente, a modo de resumen, es de suma importancia dejar claro que aquellas vaquillonas o vacas que conciben temprano en un período de servicio, producirá un ternero al destete más pesado. Además, la vaquillona que pare temprano producirá más kilos de ternero al destete a través de toda su vida productiva, lo cual podría estar

determinado por la producción de peso al destete del primer ternero de su vida productiva o porque sigue produciendo terneros más pesados por seguir pariendo temprano. Este concepto puede ser generalizado a la vaca que pare temprano respecto a lo que le queda de vida productiva. Incluso, esa diferencia que se observa en los pesos al destete por el hecho de haber nacido de vacas paridas temprano con respecto a vacas tardías, se seguirá manifestando en los pesos posdestete. Esto lleva a que las hembras, hijas de vacas paridas temprano, lleguen con mayores pesos al servicio por lo cual tienen mayores posibilidades de concebir antes, parir antes y destetar un ternero más pesado. También, por el hecho de tener más edad, a igualdad de peso, tendrá mejor comportamiento productivo y reproductivo. Esta vaquillona, al igual que su madre, también producirá más kilos de ternero a lo largo de su vida productiva.

En cuanto al caso de los novillos ocurre de forma similar, aquella diferencia que se dan en los pesos al destete por haber nacido al comienzo del período de parición, se seguirá manteniendo hasta edades avanzadas en el crecimiento posdestete, haciendo posible llegar antes a un peso fijo de terminación.

Concluyendo de esta forma, que la hembra que pare en los primeros 21 días del período de parición produce más a través de toda su vida productiva, así como su progenie.

2.6 USO DE IATF EN BOVINOS PARA CARNE, CICLANDO Y EN ANESTRO CON EL FIN DE MEJORAR SU COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO

2.6.1 Introducción

En el Uruguay, las vacas ciclando normalmente al comienzo del servicio, suelen ser un porcentaje menor del rodeo de cría. El principal problema radica en las vacas con cría, las cuales en su gran mayoría se encuentran en anestro posparto. Además, existe una proporción de vaquillonas que se encuentran en anestro prepuberal. Esta situación, atenta contra la información presentada anteriormente en donde se destacaba que aquella vaquillona o vaca que concibe en los primeros 21 días del periodo de servicio es más productiva por el resto de su vida, así como también su progenie.

Rodríguez Blanquet (2008), Rodríguez Blanquet et al.⁵ determinaron el estado fisiológico de anestro posparto al comienzo del servicio en 7 rodeos productores de carne entre 1994 y 2016, en 4 departamentos del Uruguay. El estado fisiológico fue

⁵ Rodríguez Blanquet, J. B. 2018. Uso de IATF en vacas para carne (*Bos Taurus*) ciclando y en anestro para mejorar su comportamiento productivo y reproductivo. In: Bases para incrementar el porcentaje de preñez en bovinos de carne I (2018, Montevideo). Material de estudio. s.p. (sin publicar).

estimado por dos determinaciones consecutivas de progesterona o ecografía con diferencia de 10-12 días, en vacas que parieron normalmente. Los resultados que obtuvieron fueron 0,7% (4/538) y 0,96% (13/1352) de hembras ciclando, primíparas y multíparas respectivamente. En base a esta información, es posible inferir que aquellas técnicas y/o medidas de manejo que induzcan la ovulación (y en lo posible celo) y lo mantengan cada 20-21 días, mejoren la productividad de la vaquillona y vaca con cría al pie de ese año y del resto de su vida reproductiva. Por tanto, el uso de la inseminación artificial, sincronizando y/o induciendo las ovulaciones con diferentes protocolos serían biotecnologías de gran interés para la producción pecuaria del Uruguay. Es importante remarcar que sincronización e inducción de ovulaciones son dos conceptos diferentes. Se define inducción de ovulaciones cuando las vacas están en anestro, en donde el tratamiento aplicado intenta corregir esta situación induciendo las ovulaciones y la mayor proporción de celos, dándose generalmente en muy poco tiempo (por lo general en unas horas). Mientras que el término sincronización de ovulaciones se da para hembras que ya están ciclando y produce la manifestación de celo y ovulación (ambos eventos) en un corto periodo.

La ovulación provocada por un protocolo que utilice IATF, debe proveer de un ovocito que produzca un embrión viable y el protocolo debe garantizar la formación de un cuerpo lúteo con una adecuada producción de progesterona y permitir el desarrollo del embrión en un ambiente uterino en buenas condiciones.

En este capítulo se expondrá cual es la base de los protocolos de IATF, los principales factores que lo afectan, así como los protocolos disponibles de uso de IATF.

2.6.2 Protocolos hormonales para sincronizar ovulaciones en vacas ciclando e inducir en vacas en anestro

Los protocolos hormonales de sincronización/inducción de ovulaciones en pocas horas en hembras ciclando o en anestro respectivamente corrigiendo esta situación, incluyen básicamente cuatro componentes que son detallados por Rodríguez Blanquet (2008):

- a) Exposición por un corto periodo de tiempo a una fuente exógena de progestina (la cual puede ser una progesterona de origen natural o un progestágeno).
- b) Al momento de comenzar el tratamiento se debe inyectar un estrógeno o GnRH para que el folículo que esté presente en ese momento se atresie, en el caso de que se utilice benzoato de estradiol (BE) u ovule (si se

utiliza GnRH), logrando que dé comienzo el crecimiento de una nueva onda folicular (se logra un folículo “fresco”).

c) Al momento de la extracción de la progestina se debe inyectar una dosis luteolítica de $\text{PGF2}\alpha$, para eliminar cualquier cuerpo lúteo (CL) presente. También es recomendado utilizar en este momento cipionato de estradiol (CPE) para no tener que volver a pasar las vacas nuevamente por las mangas. Este estrógeno cumpliría la función de inducir la ovulación.

d) Se debe inyectar una de las siguientes hormonas: estrógeno (BE o cipionato de estradiol, CPE), GnRH y/o llevar a cabo un destete temporario (separación física del ternero por 2 a 5 días luego de la extracción de la progestina), para tratar de inducir la ovulación.

El protocolo “convencional” (figura No. 13) que puede ser recomendado (que es el más usado en América del Sur) comienza con la inserción de un dispositivo intravaginal liberador de progestina durante 7 u 8 días y una inyección de benzoato de estradiol (BE). Al momento de extraer el dispositivo, se debe inyectar una dosis luteolítica de $\text{PGF2}\alpha$ y en determinados casos se le suma gonadotropina corionica equina (eCG) buscando incrementar la fertilidad en vacas en mal estado corporal. Además, para inducir la ovulación se puede optar por el uso de estradiol o GnRH. Como fuente de estradiol se puede usar cipionato de estradiol (CPE) o BE. En caso de utilizar CPE, se lo debe inyectar al momento de la extracción del dispositivo intravaginal como ya fue dicho, junto con la $\text{PGF2}\alpha$. Si se decide usar BE se debe inyectar a las 24 horas (día 8 o 9) de la extracción del dispositivo. En caso de usar GnRH se debe aplicar el mismo día de la IATF (día 9 o 10). Finalmente, la IATF se realiza a las 52-56 horas de la extracción del dispositivo, es decir el día 9 en la tarde.

Figura No. 13. Protocolo “convencional”



*1: Se inyecta BE el día 8 siempre y cuando no se haya aplicado previamente CPE en el día 7 y el día 9 solo se realiza la IATF (no se aplica GnRH).

*2: En caso de inyectar GnRH en el día 9 al momento de la IATF, no se aplica ni CPE (día 7) ni BE (día 8).

Fuente: elaborado en base a Rodríguez Blanquet⁵

a- Exposición por un corto periodo de tiempo a una fuente exógena de progestina.

Tal como escribe Fernández Abella (2015), los tratamientos con progestina intentan imitar la fase luteal. La forma de aplicación de la hormona puede ser mediante un inyectable, implante, aditivo en la alimentación (acetato de melengestrol: MGA) o un dispositivo intravaginal (tales como el CIDR o una esponja impregnada con acetato de medroxiprogesterona).

Los métodos basados en esta hormona pueden ser utilizados en vacas ciclando, así como en vacas en anestro en las que se sensibiliza el eje hipotálamo-hipófisis, mejorando la vida media del CL inducido. El uso de solo esta hormona ha tenido éxito en algunos estudios estimulando la reactivación de los ciclos estrales en vacas para carne amamantando (Fike et al., 1997) pero no en otros (Brown et al. 1972, Lucy et al. 2001). En la última década del siglo pasado y en la primera de este, se ha generado gran cantidad de información para evitar los resultados neutros o negativos en fertilidad por utilizar solamente progestinas en vacas en anestro y ciclando normalmente.

En cuanto a la aplicación de diferentes dispositivos intravaginales, Alberio et al. (1999b), no obtuvieron diferencias en porcentaje de celo y porcentaje de no retorno luego de la IATF usando CIDR nuevo, reutilizado y una esponja artesanal impregnada con 250 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP). Además, los resultados de Guerra et al. (2011), no obtuvieron diferencias estadísticas en porcentaje de preñez a los 30 días en un protocolo de IATF al comparar una esponja artesanal confeccionada por ellos mismos (similar a la utilizada por Alberio et al., 1999b) y un dispositivo comercial (Pro.Ciclar). Bo et al. (2002b), compararon otros dos dispositivos intravaginales liberadores de progesterona (CIDR y DIB) sin tener diferencias significativas en las variables reproductivas estudiadas. Por tanto, en base a los resultados presentados se podría afirmar que los dispositivos intravaginales comerciales tienen resultados reproductivos similares. Sin embargo, Perry et al. (2004), publicaron que el uso de CIDR fue más efectivo que el MGA en iniciar ciclicidad en vacas en anestro y prevenir ciclos cortos. Este último progestágeno se suministra mezclado con la ración, lo cual puede acarrear problemas con la dosis que se pretende que consuman las vacas y la que efectivamente consumen.

Por su parte Scándolo et al. (2011), concluyen que el porcentaje de concepción en vacas lecheras difiere según la concentración de progesterona que presentan al momento de realizar la inseminación artificial, de tal forma que altos niveles de progesterona al momento de inseminar tiene un efecto negativo sobre la fertilidad.

Chesta et al. (2017), compararon el efecto de diferentes concentraciones de progesterona en dispositivos intravaginales de una misma empresa comercial sobre el

porcentaje de preñez a la IATF. Estos investigadores obtuvieron mayor porcentaje de preñez en vaquillonas de 22 a 24 meses de edad utilizando dispositivos con una concentración de 0,5 gr de progesterona (0,65%) que a concentraciones mayores de 0,558 (0,49%) y 1 gr (50 %) (P=0,02).

En contraposición, diversos investigadores no encontraron diferencias en el porcentaje de concepción al utilizar diferentes dispositivos intravaginales con diferente concentración de progesterona ni tampoco encontraron diferencias en las variables reproductivas por ellos estudiadas (Alberio et al. 1999b, Cutaia et al. 2001, Balla et al. 2005, Fonseca et al. 2011). Es de mencionar que en los casos en los que se reutilizó los dispositivos, ciertamente, la dosis de progesterona era menor.

A pesar de la información mencionada, el grupo del Dr. J. Kinder hipotetizó que el peso corporal de la vaca a la cual se le aplica progestinas puede afectar los resultados reproductivos (Wehrman et al., 1993). Es decir que para un determinado peso corporal (supóngase vaquillonas) un dispositivo intravaginal podrá liberar concentraciones de progestina que pueden ser luteales, por lo tanto, no se formará el folículo persistente; Mientras que para otras vacas las concentraciones pueden ser subluteales y por tanto se formarán folículos ováricos persistentes (por ejemplo: vacas adultas). Esta hipótesis se podría aplicar a vacas en anestro, si estas formaran folículos persistentes.

Los trabajos presentados anteriormente no presentan resultados similares y contundentes, por lo cual se requiere más investigación en el tema.

En el caso del uso de implantes subcutáneos o dispositivos intravaginales, los niveles de P4 (progesterona) son altos, evitando la ovulación. Al retirarlos, se induce el inicio de una fase folicular y posterior ovulación. La sincronización utilizando solo progestinas causa la formación de los folículos denominados “persistentes” y la presencia de folículos “viejos” que contienen ovocitos de baja fertilidad, lo cual determina bajas tasas de concepción (Odde, Savio et al., Custer et al., citados por Fernández Abella, 2015).

b- Uso de estrógeno o GnRH para causar atresia u ovulación, respectivamente, para dar origen a una nueva onda folicular (folículo fresco).

Debido a la persistencia de los folículos (“viejos”) que contienen ovocitos de baja fertilidad, los protocolos actuales que utilizan progestinas se llevan a cabo en forma combinada con estradiol (BE), prostaglandina (PGF2 α) y gonadotropinas (GnRH, eCG, esta última en determinadas situaciones que serán mencionadas más adelante).

La función del estradiol, concretamente del BE, es la de sincronizar las ondas foliculares, anula el crecimiento folicular, induciendo el comienzo de una nueva onda. El folículo dominante de esta primera onda presenta un ovocito (futuro óvulo) de mayor

fertilidad (Bo et al., Twagiramungu et al., Martínez et al., citados por Fernández Abella, 2015). Esto permite sincronizar las ondas foliculares, de tal forma que todas las vacas tendrán, al mismo momento, un folículo “fresco” y con capacidad de ovular un ovocito viable luego de remover el dispositivo liberador de progestinas. Una vez metabolizado el estradiol se produce un pico de FSH y 4 días después de su administración comienza una nueva onda folicular.

Como ya fue mencionado, para sincronizar la onda folicular se puede utilizar dosis farmacológicas de estrógenos y progestinas o GnRH para inhibir las gonadotropinas (LH y FSH). De esta forma se induce la atresia u ovulación (dependiendo de si se usa BE o GnRH, respectivamente) de los folículos en crecimiento y comienza el desarrollo de una nueva onda folicular. En una serie de experimentos (Bo et al. 1995, 1996, Caccia et al. 1998) demostraron que el tratamiento con progestinas y estradiol 17β o benzoato de estradiol (BE) administrado en cualquier momento del ciclo estral, induce el crecimiento sincrónico de una nueva onda folicular entre el 3°. al 5°. día (alrededor del día 4). Años más tarde se publicó que no era necesario inyectar una progestina al momento de la inserción de los dispositivos intravaginales, al menos al usar CIDR o DIV (Bo et al. 2000, Cutaia et al. 2001, Whittaker et al. 2002). Es decir que, incluso al usar solo estrógenos obtenían resultados similares que al utilizar estrógeno-progestina. Según publican Martínez et al. (2002), con el uso de GnRH la emergencia de la onda folicular se da al 1°. o 2°. día.

Sin embargo, el impacto que tiene la sincronización de la onda folicular sobre la fertilidad en vacas en anestro, aún no está del todo claro.

En bovinos para carne, Perry et al. (2002), obtuvieron menos folículos persistentes en vacas en anestro que en vacas ciclando a similar estado posparto al tratar de sincronizar la onda folicular. Por su parte Viñoles et al. (2000), en Uruguay trabajando con vacas en anestro con cría al pie y utilizando esponjas de poliuretano impregnada con acetato de medroxiprogesterona (MAP) y una inyección de BE al colocar la esponja, no provocaron la emergencia de una nueva onda folicular, no registrando diferencias con el grupo control. Por el contrario, Quinteros et al. (2000), demostraron que podían sincronizar la onda folicular utilizando un dispositivo intravaginal igual al mencionado anteriormente, inyectando 2mg de BE y 40 mg de MAP. Por otro lado, Rivera et al. (1998) trabajando con vacas para carne en anestro posparto con una progestina y una inyección de BE al insertar la misma, obtuvieron una mayor sincronización de las ondas foliculares que aquellas en las que solo se utilizó progestina. Además, Chaves et al. (2000), utilizando la misma metodología que los autores anteriores, publicaron que obtuvieron mayor porcentaje de preñez al inyectar BE, que aquellas en las que solo se usó la progestina.

En aquellos países en donde está prohibido el uso de estrógenos (EEUU, Nueva Zelanda y los países de Europa) se utiliza GnRH.

Aunque la GnRH y el BE tienen el mismo fin (sincronizar la onda folicular), su modo de acción es diferente. El estrógeno induce la atresia del folículo y sincroniza la emergencia de una nueva onda folicular alrededor del 4º día luego de su inyección. Por su parte, la GnRH induce un pico de LH y la subsiguiente ovulación del folículo dominante (en caso de haber uno presente), dándose la emergencia de la siguiente onda folicular 1 a 2 días más tarde. Al hacer ovular este folículo y si hubiese otro cuerpo lúteo previo, se podría llegar a tener 2 cuerpos lúteos. Es decir, uno del ciclo anterior y el CL formado por la aplicación de GnRH (denominado cuerpo lúteo accesorio). Esto puede ser un problema, lo cual será abordado más adelante.

El uso de GnRH al comienzo del tratamiento con CIDR o MGA, no difirió de utilizar BE para la sincronización de las ondas foliculares, resultando en aceptables porcentajes de preñez en vaquillonas ciclando normalmente (Martinez et al., 2002). Sin embargo, en vacas en anestro con cría al pie, a las que se le inyectó GnRH al momento de colocar el CIDR, los porcentajes de preñez fueron similares entre las vacas que ovularon y aquellas que no lo hicieron, en respuesta al tratamiento inicial de GnRH (Stevenson et al., 2003b). Esto pone en duda el uso de GnRH en este tipo de hembras al comienzo del tratamiento. Otra desventaja asociada al uso de GnRH en relación al BE, es que la primera es más costosa, lo cual contribuye a incrementar los costos de la IATF.

c- Inyección de una dosis luteolítica de PGF2 α

Al momento de la extracción de la progesterona se debe inyectar una dosis luteolítica de PGF2 α , para eliminar cualquier cuerpo lúteo presente. Si bien es lógico pensar que debe ser usada solo en vacas ciclando y no en aquellas que estén en anestro, es de destacar que hace pocos años esta hormona recibió especial interés. Weems et al., citados por Maquivar y Day (2011), postularon que incrementa la sensibilidad de la hipófisis a la GnRH. Recientemente los resultados presentados por Pfeifer et al. (2014), mostraron que la PGF2 α podría ser utilizada para sincronizar e inducir ovulaciones en protocolos de IATF. Por lo cual es recomendable el uso de esta hormona en los protocolos de IATF no solo en hembras ciclando normalmente sino también en vacas en anestro.

d- Inducción de la ovulación (GnRH o BE) y/o realizar un destete temporario.

Se debe inyectar una de las siguientes hormonas: estrógeno (para atresiar el folículo) o GnRH (para inducir la ovulación) y además se puede utilizar eCG (para promover el crecimiento folicular, no la ovulación) y/o llevar a cabo un destete temporario (separación física del ternero por 2 a 5 días luego de la extracción de la progesterona), esperando un incremento en la pulsatilidad de la LH.

Sobre el tema, Fike et al. (1997), trabajando en vacas en anestro, en las que se usó una progestina (CIDR) y se inyectó 1 mg de BE a las 24 horas de haber extraído el dispositivo, lograron obtener 71% de cuerpos lúteos provenientes de una fase lútea normal y 4% de ciclos cortos. Sin embargo, al utilizar solo el dispositivo intravaginal los resultados obtenidos fueron de 55% cuerpos lúteos de fase lútea normal y 5% de ciclos cortos. Bo et al. (2001), obtuvieron resultados similares utilizando otra progestina (SMB). Smith et al. (1987), al inyectar GnRH 50 horas luego de la extracción de una progestina (SMB), obtuvieron un incremento en el porcentaje de vacas que ovulaban con respecto a utilizar solo la progestinas. De estos trabajos se desprende que un estímulo que induzca un pico de LH (ya sea con GnRH o BE) luego de la exposición a una progestina es esencial para asegurar una ovulación tanto en vacas en anestro como ciclando normalmente

Uno de los principales inconvenientes que los productores resaltan de la IATF radica en que los animales pasan muchas veces y en pocos días por las mangas, lo cual implica más trabajo y complica el manejo. Para paliar este inconveniente existen algunas soluciones, entre ellas aplicar el BE al momento de retirar el dispositivo liberador de progestinas, de tal forma que el ganado pasaría una vez menos por las mangas.

Es de remarcar que existe discrepancia en la bibliografía en los que respecta al momento de aplicación del BE. Al respecto, Alberio et al. (1999a), Ross et al. (2004), reportan que en vacas en anestro el inyectar BE a las 0 o 24 horas luego de extraída la progestina, presentaba el mismo efecto sobre el porcentaje de concepción (medido como % de no retorno) y ovulación respectivamente, es decir, no encontraron diferencia entre inyectar el BE a las 0 o 24 horas. En cambio, en vacas ciclando Cutaia et al. (2001b) detectaron una mayor sincronización en las ovulaciones al inyectar BE a las 24 horas de retirada la progestina. A su vez, Cutaia et al. (2005), Stahringer y Vispo (2005), también en vacas ciclando, obtuvieron menores porcentajes de preñez al inyectar el BE al momento de retirar la progestina.

Estas diferencias observadas entre los estudios citados pueden explicarse por el momento en que ovulan las vacas según el momento en que se aplica BE. Por tanto, el momento en que se realiza la IA estaría afectando el porcentaje de preñez.

Sorarrain et al. (2005), obtuvieron mayor porcentaje de preñez al inyectar BE a las 24 horas luego de extraído el dispositivo intravaginal liberador de progestinas (es decir, se inyectó en el día 8) y se inseminaba a las 48 horas de la extracción del mismo (IATF día 9). En cambio, los menores porcentajes de preñez se daban al aplicar BE al momento de retirar dicho dispositivo y la IATF se realizaba a las 32 horas. Este resultado se podría explicar porque en el segundo tratamiento las vacas ovularon más tardíamente que cuando se realizó la IATF. En un segundo experimento similar al citado previamente y llevado a cabo por el mismo grupo de investigadores, inseminaron a

tiempo fijo a las 36 horas en el experimento que inyecta BE al momento de retirar las progestinas y en este experimento no obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos (Fernández-Francia et al., 2005).

En el caso de los trabajos citados previamente de Alberio et al. (1999a), Ross et al. (2004) en donde no obtuvieron diferencia entre aplicar BE a las 0 o 24 horas luego de retirado el dispositivo intravaginal liberador de progestinas, puede ser explicado porque estos investigadores inseminaron a tiempo fijo a las 48 horas de haber retirado los dispositivos. No lo hicieron entre las 52 a 56 horas como normalmente es recomendado en el protocolo convencional, cuando el BE es inyectado a las 24 horas de retirado el dispositivo.

Ross et al. (2004) obtuvieron un intervalo entre la aplicación del BE y la ovulación de 72 horas en los dos momentos de aplicación de BE (0 y 24 horas). La razón de que no encontraran diferencias en el intervalo extracción del dispositivo-ovulación podría explicarse por el hecho de que estos investigadores estimaban ovulación cada 24 horas. Si lo hubieran realizado a menores intervalos sería esperable que la ovulación se adelantara cuando se inyectara BE al momento de la extracción del dispositivo intravaginal.

Para obtener el mayor porcentaje de preñez debe de haber una adecuada relación entre la viabilidad del semen y del ovocito.

Sin embargo, a pesar de los experimentos presentados, falta información como para recomendar la aplicación de BE al momento de la extracción del dispositivo liberador de progestinas, dado que el momento de la ovulación puede depender de múltiples factores, como ser, el estado de ciclicidad, raza, categoría, momento de año, etc. Para el protocolo convencional es conveniente una ovulación tardía, para permitir una mayor maduración del folículo ovulatorio, lo cual se traduce en un folículo de mayor tamaño y, por consiguiente, con una mayor producción de estradiol.

Otra solución para evitar la pasada extra por las mangas en vacas ciclando, puede ser el inyectar GnRH al momento de realizar la IATF (Bo et al. 2001, Sauton et al. 2011). Sin embargo, este método presenta el inconveniente de no crear un ambiente estrogénico, dado que no se realiza una aplicación exógena de estrógeno, lo cual será desarrollado más adelante. La gran importancia del benzoato de estradiol, radica en que esta hormona mejora el porcentaje de celos, incrementa la concentración de estrógeno alrededor del periodo preovulatorio, incrementa y sincroniza la ovulación y además aumenta el canal del cérvix, lo cual facilita la canulación al momento de realizar la inseminación artificial.

Otra solución posible radica en el uso de un estrógeno que se metabolice más lentamente que el benzoato de estradiol. Una posibilidad es el uso de cipionato de

estradiol (CPE), el cual puede ser inyectado al remover el dispositivo liberador de progestinas obteniendo resultados similares a los obtenidos con el BE inyectado a las 24 horas de retirado el dispositivo (Callejas et al. 2005, Stahringer y Vispo 2005, Uslenghi et al. 2014). Sin embargo, en algunos trabajos se han obtenido resultados diferentes, con una gran dispersión en las ovulaciones (Callejas et al., 2011a) e incluso menores porcentajes de preñez (Callejas et al., 2011b). Estos resultados contradictorios pueden deberse a que al utilizar CPE la mayor dispersión de las ovulaciones lleve a que no se dé un encuentro entre un ovocito viable y espermatozoides viables al realizar la IATF, dado sus vidas medias de 6-10 horas y 12-30 horas respectivamente.

Otro punto de controversia radica en la dosis de BE utilizada al momento de retirar el dispositivo liberador de progestinas. A nivel comercial, se recomienda 1 mg de BE para todas las categorías y estados fisiológicos. Alberio et al. (1999a) al aplicar 0,450 mg y 0,700 mg de BE no obtuvieron diferencias en las variables reproductivas por ellos estudiadas.

Shively y Williams (1989) demostraron que la separación física del ternero de su madre incrementaba la pulsatilidad de LH y la ovulación. En base a esto, Rodríguez Blanquet et al. (2005) evaluaron el efecto de la combinación del uso de BE y un destete temporario a corral de corta duración, esperando un incremento en la pulsatilidad de LH y un consiguiente incremento en las ovulaciones con su correspondiente incremento en el porcentaje de preñez. En este experimento utilizaron una esponja (poliuretano) con un progestágeno (MAP), durante 7 días y aplicando BE al momento de colocar la esponja para realizar 3 tratamientos con vacas en anestro con cría al pie durante 3 años en 2 rodeos de cría en dos departamentos diferentes de Uruguay (Flores y Salto). En el primero inyectaron 0,5 mg de BE a las 24 de extraer la esponja (MAP+BE). En el segundo realizaron un destete temporario (D.T.) del par vaca-ternero durante unos 5 días al momento de la extracción de la esponja artesanal (MAP+D.T.). Y en el tercero, se inyectó 0,5 mg de BE a las 24 horas de retirar la esponja y además se realizó un destete temporario en el mismo momento y durante el mismo tiempo que en el segundo tratamiento (MAP+BE+D.T.).

Además, estos tres tratamientos fueron repetidos en parición temprano y tardía.

Cuadro No. 11. Porcentaje de vacas en celo, horas al mismo y distintos tipos de FCL según momento de parición (M.P.) (Exp. 1 y 2) y tratamiento

	MAP+BE	MAP+D.T.	MAP+BE+ D.T.
<u>%C</u>			
M.P. Temprana (Exp.1)	40 c	20 b	76 a
M.P. Tardía (Exp.2)	52	60	68
<u>HORAS¹</u>			
M.P. Temprano (Exp.1)	60 c ±7.9 ⁴	70 b ±20.4	54 a ±9.5 M.P.
Tardío (Exp.2)	45 ±14.8	39 ±10.2	42 ±8.5
<u>%F.C.L Total²</u>			
M.P. Temprana (Exp.1)	25 b	32 b	56 a
M.P. Tardía (Exp.2)	80	86	93
<u>%F.C.L fase luteal normal³</u>			
M.P. Temprana (Exp.1)	7 b	11 b	33 a M.P.
Tardía (Exp.2)	49	50	63

a, b, c- Valores con diferente letra en la fila difieren significativamente entre sí (P<0.05);**1**) Horas desde que se extrajo la esponja al celo. **2**) concentraciones mayores a 0.5 ng/ml en los días 8 o15 o 22 o15 y 22. **3**) concentraciones mayores 0.5 ng/ml en los días 15 y 22.**4**) Medias ±Desviación Estándar

Fuente: extraído de Rodríguez Blanquet et al. (2005).

Los resultados obtenidos (cuadro No. 11) mostraron que la incorporación de BE y D.T. durante 5 días al usar la esponja logro los mejores resultados en % de celos (%C), porcentaje de formación de cuerpo lúteo total (%F.C.L. total) y de fase luteal normal (%F.C.L. de fase luteal normal) y menor en horas desde la extracción de la esponja y la manifestación de celo respecto a los otros dos tratamientos en vacas de parición temprana, sin embargo, fueron similares en todas aquellas variables analizadas en vacas de parición tardía. Cabe mencionar que los investigadores analizaron los 2 diferentes momentos de parto de forma independiente.

Por tanto, los valores de parición tardía fueron superiores a los de parición temprana en porcentaje de formación de cuerpo lúteo total y de fase luteal normal y menor en horas a la aparición de celos. Estos resultados sugieren que el momento de ovulación del tercer tratamiento sería diferente del primero, el cual es el recomendado a

nivel comercial. Por tanto, el momento para realizar la IATF tanto en vacas de parición tardía como temprana para el tratamiento citado, tendría que ser diferente al que es recomendado comercialmente. Esto requiere más investigación.

Este grupo de investigadores continuó trabajando sobre el tema y obtuvieron los siguientes resultados: en vacas de parición temprana no lograron resultados alentadores en porcentaje de preñez (cuadro No. 12) así como tampoco en las de parición tardía (cuadro No. 13).

Cuadro No. 12. Porcentaje de preñez de vacas de MP temprano

Tratamiento	Preñez 30 días	Preñez 60 días	Preñez final
I	14 a	42	56 a
II	8 b	41	68 b

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

Fuente: extraído de Rodríguez Blanquet et al. (2009).

Cuadro No. 13. Porcentaje de preñez de vacas de MP tardío

Tratamiento	Preñez 30 días	Preñez 60 días	Preñez final
I	45	58	59
II	46	66	71

MP tardío: momento de parto tardío.

Fuente: extraído de Rodríguez Blanquet et al. (2009).

Rodríguez Blanquet et al. (2009) probaron con el tercer tratamiento (MAP+BE+D.T.) citado previamente en vacas de parición temprana (MP temprano) en anestro con cría al pie contra un testigo ($n = 582$). Este proyecto se desarrolló durante 2 años en 2 empresas agropecuarias, distintas categorías, distintos intervalos desde el parto hasta la aplicación de la progestina y diferentes condiciones corporales al momento de la aplicación del dispositivo intravaginal. Tal como se aprecia en el cuadro No. 12, sus resultados de preñez (ecografía a los 30 días de la IATF) fueron 14% y 8 % para vacas de IATF y control de parición temprana respectivamente. Otros investigadores también han obtenido malos resultados al aplicar un destete temporario de corta duración a la extracción del dispositivo (Geary et al. 2001b, Pinheiro et al. 2009). Sin embargo, Geary et al. (2001a) obtuvieron porcentajes de preñez muy superiores a los analizados previamente realizando un destete temporario entre la extracción del dispositivo liberador de progestinas y la IATF, 2 días más tarde. Sin embargo, a rasgos generales, los resultados obtenidos por Rodríguez Blanquet et al. (2009) no fueron alentadores⁵ lo cual llevo al surgimiento de nuevos protocolos que serán explicados más adelante. Las

razones de los resultados pueden ser varias. Entre ellas no haber sincronizado la onda folicular, el tipo de progestina usada, la forma y la dosis en la que fue suministrada, los días de exposición, el número de días posparto al momento de aplicar la progestina, el no haber aplicado PGF2 α , aunque las vacas estaban en anestro (Pfeifer et al., 2014), categoría, raza, momento de realizar la IATF y el nivel nutritivo de la vaca.

En el caso de vacas multíparas en anestro con cría al pie, de parición tardía (MP tardío, con un n=66), los resultados fueron 46% y 45%, sin tener diferencia estadística (cuadro No. 13). Este tipo de vacas puede que se vean favorecidas por la nutrición (Hess et al., 2005), el fotoperiodo (Hansen y Hauser, 1984), el efecto toro y todas sus posibles interacciones (anteriormente tratadas).

Los resultados del cuadro No. 11 son consistentes con los de los cuadros No. 12 y No. 13, es decir, el %FCL de fase lútea normal (33%) aplicando el protocolo MAP+BE+D.T. tuvo a los 30 días una preñez de 14% en las vacas de parición temprana. En las vacas de parición tardía, el %FCL de fase lútea normal fue de 63% con una preñez de 45% a los 30 días.

Una opción que puede sustituir el destete temporario, o agregarla para evaluar si existe un efecto aditivo es inyectar eCG al momento de retirar el dispositivo intravaginal.

Al respecto, Marquezini et al. (2014) propusieron aplicar en conjunto un destete temporario y eCG. La hipótesis planteada por este grupo de investigadores se basa en que el destete temporario incrementa la secreción de LH y la eCG promueve el crecimiento de los folículos. Por desgracia los resultados no tuvieron efectos aditivos sobre la fertilidad.

El principal efecto de la eCG es la estimulación del folículo dominante (induciéndolo a incrementar la producción de estrógeno), principalmente en vacas en anestro profundo y/o estados corporales bajos. Esta hormona incrementa el tamaño del cuerpo lúteo (por estimulación del crecimiento del folículo dominante) y por ende la concentración de progesterona en la próxima fase lútea (Nuñez-Olivera et al., 2014). Esto está relacionado a una disminución en la mortandad embrionaria y por consiguiente a un mayor porcentaje de preñez.

Roche et al. (1992), MacMillan et al. (1993) mostraron que la incorporación de eCG incremento el porcentaje de vacas ciclando y los porcentajes de preñez en vacas en anestro con estrés nutricional. Este tipo de vaca por lo general corresponde a vacas amamantando, especialmente con su primer ternero.

2.6.3 Principales factores que afectan el éxito de la IATF

Los resultados del uso de progestinas durante un corto periodo de tiempo para inducir la salida a ciclos estrales de duración normal en vacas en anestro con cría al pie han sido variables con el uso de IATF. Son varios los factores que pueden estar

afectando los resultados de esta tecnología, tales como: la nutrición, el número de días posparto al momento de aplicar la progestina, edad y raza de los animales, número de días durante los cuales se coloca la progestina y concentración de la misma.

a- Nutrición

La nutrición, estimada a través del estado corporal, es el factor determinante en los resultados obtenidos al usar la IATF (Stevenson et al., 2015). No solo es importante el estado nutricional en un momento dado, sino que también la variación del mismo en torno a la aplicación de la IATF. Al respecto, Short et al. (1990) publicaron que los ciclos estrales podrían ser mantenidos dependiendo de si las vacas perdían, mantenían o ganaban peso. Short et al. (1981) observaron que inyecciones seriadas de GnRH en vacas en anestro no inducían ovulación, respuesta que fue atribuida a la condición corporal.

Trabajando en un grupo muy grande de vacas, Cutaia et al. (2003) (n=6857) y Stevenson et al. (2015) (n=8500), en 4 años y 9 años respectivamente, demostraron que el estado corporal al momento de aplicar un protocolo de IATF afectaba los resultados de preñez. El primer investigador, con un grupo de vacas de estado corporal 2 (en una escala de 1= flaca, 5= gorda) obtuvieron 46,5% de preñez. Cuando el estado corporal era promedio de 3, obtuvieron 57,7%. Por su parte, Stevenson et al. (2015) en vacas en estados corporales mayores a 5 (en una escala de 1= muy flacas; 9= muy gordas) obtuvieron 46,1% de preñez a la IATF. Con valores menores a 5 los resultados fueron de 41,7%. Sin embargo, estos resultados solo marcan una tendencia, ya que los autores no especificaron si las vacas venían perdiendo, manteniendo o ganando condición corporal antes o después de la IATF.

b- Número de días posparto (DPP) al momento de colocar la progestina.

Otro factor implicado es el número de días posparto al momento de aplicar la progestina, lo cual tiene una relación positiva con la ovulación y el porcentaje de preñez al primer servicio (Cutaia et al. 2003, Rodríguez Blanquet et al. 2005, 2009, Stevenson et al. 2015). Aquellas vacas con más de 72 días posparto al momento de comenzar el protocolo de IATF presentaron un 46,9% de preñez, con respecto a las vacas que tenían menos de 72 días, las cuales presentaron 40,9% (Stevenson et al., 2015).

c- Edad

La categoría (primíparas, multíparas) podría estar interaccionando con el nivel nutritivo en lo que respecta a preñez al primer servicio. Stevenson et al. (2015) obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P= 0,0014$) del efecto edad al parto (primíparas vs. multíparas), en donde las multíparas presentaron mayor porcentaje de preñez que las primíparas. Estos investigadores, además, encontraron una interacción triple entre días del parto a la IATF, edad de la vaca y estado corporal al momento de realizar la IATF ($P=0,065$). Esto está indicando que la preñez fue máxima cuando el

estado corporal fue mayor a 5 (siendo 1 muy flacas; 9 muy gordas), los días del parto a la IATF fueron mayores a 72 días y con vacas múltiparas.

d- Raza

Por otro lado, Cutaia et al. (2003) encontraron diferencias en razas cruzas indicas y británicas. Los autores consideraron que el menor porcentaje de preñez alcanzado por las razas indicas está relacionado a su temperamento, fisiología reproductiva y condiciones ecológicas a las que están expuestas.

Se han publicado por parte de diversos investigadores, trabajos con resultados experimentales muy superiores en porcentaje de preñez, utilizando protocolos similares a los de los trabajos previamente citados, en vacas con distintos estados fisiológicos (Lamb et al. 2001, Dobbins et al. 2009). Estos resultados superiores pueden deberse a que un porcentaje muy alto de animales dentro de esos rodeos experimentales estaban ciclando al comienzo de los experimentos. Por consiguiente, las vacas diagnosticadas como en anestro estarían muy cerca de ciclar (anestro superficial).

Además, Cutaia et al. (2003), Stevenson et al. (2003a) obtuvieron mayor porcentaje de preñez a la IATF en vacas ciclando normalmente que en vacas en anestro.

e- Número de días durante los cuales se coloca la progestina en la vagina de la vaca y concentración de la misma

Finalmente, el tiempo durante el cual está colocado el dispositivo liberador de progestinas no sería un factor determinante en los porcentajes de preñez, ya que diferentes investigadores utilizando distintos dispositivos durante un diferente número de días (7, 8 y 9 días) no encontraron diferencias estadísticamente significativas en porcentaje de preñez (Bella et al. 2005, Chesta et al. 2005, Scena et al. 2005, Stevenson et al. 2015). Cabe mencionar que estos ensayos se llevaron a cabo en vacas ciclando y en vacas en anestro con cría al pie. En cuanto al efecto de la concentración de progesterona los datos publicados difieren, algunos investigadores citados previamente en esta revisión bibliográfica publican que encontraron efecto de la concentración de esta hormona sobre el porcentaje de preñez a la IATF en vaquillonas de 22 a 24 meses de edad, logrando los mayores resultados a una concentración de 0,5 gr de progesterona que a concentraciones superiores (Chesta et al., 2017), mientras que otros investigadores no encontraron efecto (Alberio et al. 1999b, Cutaia et al. 2001, Balla et al. 2005, Fonseca et al. 2011).

2.6.4 Momento óptimo para realizar la inseminación a tiempo fijo

Según los datos publicados sobre la ovulación en vacas tratadas con el protocolo convencional, la misma tiene lugar entre las 62 a 68 horas (promedio 66 horas) luego de retirado el dispositivo liberador de progestinas (Cutaia et al. 2003,

Ramos et al. 2011). Bo et al. (2001), trabajando en vaquillonas, confirmo ovulaciones entre las 72 a 84 horas. Si bien otros autores plantean rangos variables, los diferentes momentos de ovulación y por tanto los diferentes rangos planteados pueden deberse al número de horas que hay entre dos exámenes consecutivos de los ovarios.

Los cuadros No. 14 y No. 15 muestran resultados de diferentes momentos de realización de la IATF en vacas en anestro o ciclando normalmente y de diferentes edades, en donde se utilizó dispositivos intravaginales liberadores de progestinas. Como hormona sincronizadora de la ovulación se usó BE o CPE (cuadro No. 14) o GnRH (cuadro No. 15).

Cuadro No. 14. Porcentaje de preñez a IATF realizada en diferentes momentos luego de la aplicación de la PGF2 α usando BE o CPE como sincronizador de la ovulación

Horas de la aplicación de PGF2 α - IATF	Nº de vacas	% de Preñez	Referencias
48-50			
	75	48	Bo y col.,(2001)
	66	32	Callejas y col.,(2011)
	35	56	Callejas y col.,(2011)
	100	43	Zabala y col.,(2011)
	37	59	Sauton y col.,(2011b)
	158	62	Diaz y col.,(2011)
	60	50	Dick y col.,(2011)
	75	48	Bo y col.,(2005)
	211	45	Cutaia y col.,(2003)
	104	54	Pita y col. (2011)
	23	74	Rodríguez Blanquet(d. no p.)
TOTAL (48-50 HORAS)	944	50	
52-56			
	76	42	Bo y col.,(2001)
	66	22	Callejas y col.,(2011)
	35	50	Callejas y col.,(2011)
	100	44	Zabala y col.,(2011)
	76	55	Bo y col.,(2005)
	145	55	Diaz y col.,(2011)
	210	51	Cutaia y col.,(2003)
	98	55	Pita y col. (2011)
TOTAL (52-56 HORAS)	806	48	
72			
	36	44	Sauton y col.,(2011b)
	105	74*	Dick y col., (2010)
	8	87*	Rodríguez Blanquet(d. no p.)
	24	87*	Rodríguez Blanquet(d. no p.)
	69	64*	Rodríguez Blanquet(d. no p.)
	69	65*	Rodríguez Blanquet(d. no p.)
	47	71*	Rodríguez Blanquet y col.(2017)

* Estos 2 valores corresponden a un programa que se determinó celo los días 8 y 9 de mañana. En este día y momento (9) se inyectó BE. Se IATF el día 10 (a las 24 horas de la aplicación del BE). Los % de concepción de los celos visto fueron 72%(47/65) y 100%(4/4) a los 30 días de la IA

TOTAL (72 HORAS) 344 72

Fuente: extraído de Rodríguez Blanquet⁵

Cuadro No. 15. Porcentaje de preñez a la IATF realizada en diferentes momentos luego de la aplicación de PGF2 α como sincronizador de la ovulación

Horas de la aplicación de PGF2 α - IATF	Nº de vacas	% de Preñez	Referencias
48-50			
	77	43	Martinez y col.,(2002)
	136	43	Dobbins y col.,(2009)
	291	55	Stevenson y col.,(2003)
	273	59	Lamb y col.,(2001)
	95	66	Stevenson y col.,(2003)
TOTAL (48-50HORAS)	872	55	
54-66			
54	215	59	Busch y col.,(2007)
54	424	61	Busch y col.,(2008)
56	157	63	Dobbins y col.,(2009)
60	365	45	Kasimanickam y col.,(2006)
60	181	48	Stevenson y col.,(2003)
60	599	52	Kasimanickam y col.,(2008)
60	112	53	Bridges y col.,(2008)
60	111	67	Bridges y col.,(2008)
60	201	56	Bridges y col.,(2008)
60	539	54	Larson y col., (2006)
64	170	54	Dobbins y col.,(2009)
66	219	64	Busch y col.,(2007)
66	426	67	Busch y col.,(2008)
TOTAL (54-66HORAS)	3719	57	
72			
	38	55*	Guerra y col.,(2011)
	142	51	Dobbins y col.,(2009)
* Este valor corresponden a un programa que se determinó celo los días 8, 9 y 10 de mañana.En este día se inyectó GnRH. Se IATF el día 10. El % de concepción de los celos visto fue 50%(11/22) a los 30 días de la IA			
TOTAL (72 HORAS)	142	50	
72 ⁺	105	80	Bridges y col.,(2008)
72 ⁺	199	65	Bridges y col.,(2008)
72 ⁺	282	69	Kasimanickam y col. (2009)
72 ⁺	901	57	Whittier y col.(2010)
72 ⁺	468	56	Kasimanickam y col. (2012)
+. Se coloca un dispositivo liberador de progestinas (en este caso CIDR) por espacio de 5 días y se inyectan 2 veces PGF2 α con diferencia que varió entre 4 a 12 horas			
TOTAL (72 HORAS)	1955	61	

Fuente: extraído de Rodríguez Blanquet⁵

Estos resultados muestran que no existen mayores diferencias entre inseminar a tiempo fijo entre 48 a 56 horas de haber extraído el dispositivo intravaginal, lo cual se corresponde con lo recomendado con el uso del protocolo-convencional. Como se puede ver en estos cuadros los resultados promedio de preñez a la IATF utilizando el protocolo convencional es de 50%. Sin embargo, son superiores si se insemina a las 72 horas. Otro aspecto interesante a destacar de los cuadros es que no existen mayores diferencias biológicas (aunque si económicas) entre el uso de GnRH o BE, tanto como sincronizador de la onda folicular como de la ovulación.

Con el uso del protocolo convencional, se induce a ovular folículos de menor diámetro, los cuales tienen una menor posibilidad de ser fecundados en una IATF (Lamb et al. 2001, Vasconcelos et al. 2001, Perry et al. 2005, Mussard et al. 2007). Estos folículos pequeños darán origen a cuerpos lúteos de menor tamaño lo cual implica una menor producción de progesterona lo que redundará en un menor porcentaje de preñez (Vasconcelos et al. 2001). Pero no solo el diámetro del folículo ovulatorio es indicador de la madurez del mismo. De tal forma, folículos de igual diámetro, pero unos inducidos y otros originados de forma natural tienen diferente porcentaje de concepción. Perry et al. (2005), publicaron que folículos que ovularon en forma inducida por GnRH con un tamaño menor o igual a 11mm resultaron con menor porcentaje de preñez (18 a 20%) y alto porcentaje de mortalidad embrionaria (39%) entre 27 y 68 días luego de la IA. Pero las hembras que ovulaban en forma natural un folículo menor o igual a los 11mm tenían fertilidad y mortalidad embrionaria similar a las hembras que ovulaban folículos de mayor tamaño después de la IATF. Entonces el diámetro folicular no es el único responsable de la fertilidad. Perry et al. (2005) demostraron que los folículos inducidos a ovular con un diámetro menor a 12,8 mm secretaban menos progesterona (al volverse cuerpo lúteo) comparados con folículos mayores a ese diámetro.

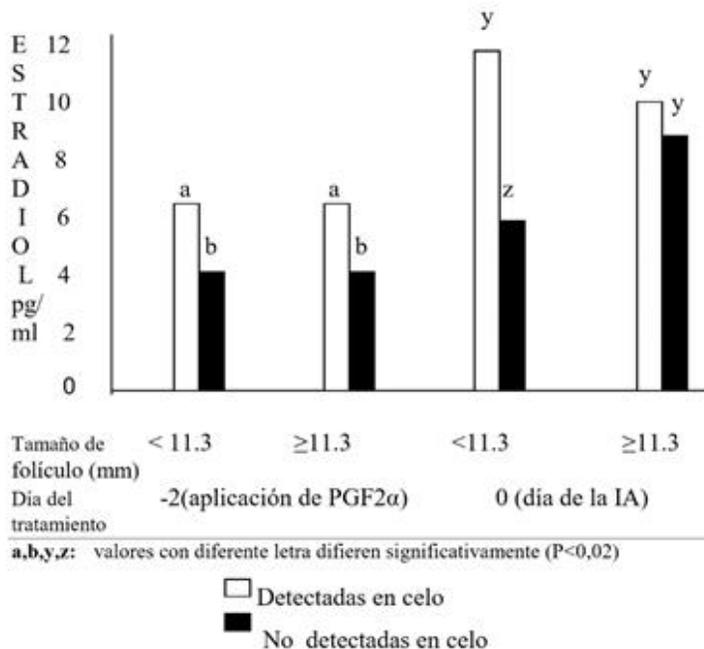
Murdoch y Van Kirk (1998), publicaron que aquellos folículos ovinos inducidos a ovular 12 horas después de la regresión luteal formaban cuerpos lúteos más pequeños y secretaban menos progesterona que los inducidos a ovular 36 horas luego de la regresión luteal.

Las células de la granulosa se diferencian a células grandes y más del 80% de la producción de progesterona en el cuerpo lúteo en el ovino la producen dichas células (Niswender et al., 1985). Generalmente las células grandes no se multiplican después de la ovulación, solo se agrandan. Por tanto, el número de células grandes del folículo ovulatorio está directamente relacionado al número de células grandes que se encontraran en el cuerpo lúteo resultante (Adams, 1999). Entonces, puede suceder que en las ovulaciones inducidas de folículos pequeños tengan pocas células grandes. Esto causara que los cuerpos lúteos, producto de ese tipo de folículos, presenten pocas células grandes y por lo tanto baja producción de progesterona. Sin embargo, esto no es explicación para el caso de los folículos pequeños que ovulan en forma natural. Estos últimos, podrán tener un número bajo de células grandes, pero puede ser que ese pequeño número de células en el cuerpo lúteo produzcan una adecuada cantidad de

progesterona debido a la alta concentración de estradiol generada por el folículo precedente.

Welsh et al. (1983) demostraron que la cantidad de estradiol producida por el folículo dominante tenía relación con la síntesis de progesterona del cuerpo lúteo siguiente, luego de la estimulación de las gonadotrofinas. En base a esto, Perry et al. (2005), podría explicar porque los folículos de diámetro pequeño que ovulan en forma natural podrían lograr similar preñez a los folículos de mayor diámetro que fueron inducidos a ovular (figura No. 14).

Figura No. 14. Efecto del tamaño del folículo ovulatorio sobre la concentración de estradiol entre vacas detectadas o no detectadas en celo (24 horas antes o después de la inseminación a tiempo fijo)



Fuente: adaptado de Perry et al. (2005).

Esta figura muestra que aquellas vacas no detectadas en celo e inducidas a ovular folículos $\leq 11,3$ mm tenían menor concentración de estradiol en el día 0 (IATF) en comparación a las vacas inducidas a ovular folículos de mayor tamaño. Por el contrario, cuando las vacas mostraban celo, el tamaño del folículo, tanto $< 11,3$ mm como $\geq 11,3$ mm, no afectaba la concentración de estradiol a los días -2 y 0 (figura No. 14). Entonces los folículos de aquellas vacas que manifestaban celo, por el hecho de manifestarlo, independientemente de su tamaño, tienen más estradiol y tendrán más

progesterona en la fase luteal siguiente, por lo tanto, menor mortalidad embrionaria lo que deriva en un mayor porcentaje de preñez.

Una forma de incrementar el diámetro de estos folículos es incrementando el número de horas entre la dosis aplicada de PGF2 α (durante la extracción del dispositivo intravaginal liberador de progestinas) y la inyección de GnRH o BE exógeno para sincronizar la ovulación.

De esta forma, si se logra hacer ovular un folículo de la primera onda folicular, el mismo tendría una mayor cantidad de estradiol (lo cual incrementa las posibilidades de que se manifieste un celo claro), mayor concentración y pulsatilidad de LH (por retroalimentación positiva del estrógeno), por lo tanto, una mayor probabilidad de ovulación y superior producción de progesterona en la siguiente fase luteal. Esto determinara un mayor porcentaje de preñez.

Además, si este folículo ovulara de un mayor tamaño, se lograría un cuerpo lúteo de mayor volumen, con mayor producción de progesterona y, por consiguiente, una menor probabilidad de mortalidad embrionaria (Jinks et al. 2013, Madsen et al. 2015). Esto llevara a un incremento en el porcentaje de preñez.

Para verificar lo planteado anteriormente, Bridges et al. (2010), realizaron un experimento en vacas ciclando normalmente (cuadro No. 16), en donde compararon animales con un proestro corto (1,25 días) y largo (2,25 días).

Cuadro No. 16. Porcentaje de concepción, diámetro y edad del folículo desde la ovulación. Duración del proestro y número de vacas incluidas en una serie de experimentos investigando el efecto de la madurez del folículo sobre la fertilidad

No.	% Concepción a los 30 días de IA	Ø del folículo a la ovulación(mm)	Edad del folículo (días)	Duración del proestro(días)
45	4	11.1±0.2	5.4	1.0±0.1
12	8	11.1±0.2	5.1	1.0±0.1
10	10	12.6±0.2	---	1.25
54	57	13.6±0.2	6.6	2.2±0.1
12	67	13.7±0.2	6.1	2.0±0.1
28	71	12.9±0.2	---	2.25
29	76	10.7±0.1	5.1	3.3±0.1
24	100	12.0±0.3	6.0	4.7±0.2

Fuente: adaptado de Bridges et al. (2010).

Los resultados muestran un mayor porcentaje de preñez en vacas con un proestro largo que con uno corto (1,25 días de duración llevo a una concepción de 10%, mientras que 2,25 días a 71%). Además, aquellas vacas de proestro largo, a la IATF tenían mayores fases lúteales de largo normal (26/40) que las de corto proestro (7/38).

Cuando se incluyen en el análisis solo las vacas de fase luteal normal, el porcentaje de preñez a la IATF fue de 73% (19/26) y 14,3% (1/7) para largo y corto proestro respectivamente.

Por todo lo mencionado anteriormente, queda en evidencia el papel fundamental de la concentración de estradiol durante el periodo preovulatorio sobre el porcentaje de preñez final. A esto, se suman otros efectos positivos sobre la preñez final. Perry (2017), plantea que el efecto del estradiol sobre el transporte del esperma esta probablemente asociado con el cambio de pH uterino, ya que existe evidencia de que el pH regula la motilidad del esperma y preserva su viabilidad. Esta mayor motilidad es fundamental para la preñez final.

Además, el estradiol tiene un efecto directo sobre la regulación de receptores de progesterona en el epitelio del útero. Es decir, tiene efecto sobre la concentración de progesterona en el ciclo estral siguiente (Jinks et al. 2013, Madsen et al. 2015). Y la progesterona, luego de la fecundación, tiene relación con la elongación del conceptus y la producción de Interferón Tau. Esta proteína, es la responsable de evitar la mortalidad embrionaria y, por lo tanto, garantizar una mayor supervivencia embrionaria y establecimiento de la preñez. También, Perry (2017), publicaron que niveles elevados de estradiol tienen un efecto positivo en el transporte de glucosa uterina, lo cual podría funcionar como un posible mecanismo para llevar glucosa al útero y ser usada por el embrión en su desarrollo.

A modo de síntesis, la madurez del folículo no es predicha por un único factor. Seguramente sea el efecto acumulativo de varios factores como ser el largo del proestro, alta concentración y producción de estradiol previo a la IATF y diámetro del folículo preovulatorio (actuando independientemente estos últimos dos factores). Esto redundara en la producción de progesterona del cuerpo lúteo resultante, así como en el desarrollo embrionario. Y para obtener altos porcentajes de fertilidad a la IATF se suma la edad de la hembra, intervalo desde el parto a la IATF, estado corporal y sus variaciones antes y después de la IATF, la calidad del semen y la fertilidad del mismo.

2.6.5 Distintos protocolos de sincronización y/o inducción de celos y ovulaciones

Desde hace más de medio siglo se intenta tener control del ciclo estral, lo cual ha conllevado mucha investigación, pasando por diversas etapas. La primera etapa se basó en el uso de progestinas para crear una fase luteal larga y artificial. Estas hormonas lograban una muy buena sincronización de los celos, pero la fertilidad obtenida era muy baja.

Esto llevó a la segunda etapa, que se basó en el uso de estrógenos y gonadotrofinas en combinación con las progestinas. En cuanto a la tercera etapa fue el uso de PGF2 α para lisar el cuerpo lúteo. Luego, en la cuarta etapa se combinaron las

progestinas y la PGF2 α . Y finalmente, en la quinta, se comprendió que era necesario controlar la dinámica folicular mediante el uso de una o varias hormonas para atresiar u ovular el folículo de ese momento, dando inicio al crecimiento de una nueva onda folicular. Esta fase combina una progestina, PGF2 α , GnRH o sales de estradiol (BE o CPE).

Es decir que los protocolos actuales controlan la dinámica folicular, luego producen la regresión del cuerpo lúteo y, por último, inducen la ovulación de un folículo dominante.

El protocolo “convencional” mencionado anteriormente (figura No. 13), se realiza inyectando GnRH o BE al momento de la aplicación de un dispositivo liberador de progestinas (días 0). Dicho dispositivo se deja hasta el día 7 u 8, donde es extraído, y se aplica una dosis luteolítica de PGF2 α , CPE y a veces eCG dependiendo principalmente del estado corporal de las vacas (en caso de ser bajo). En otros casos se sustituye el CPE por BE, aplicándolo a las 24 horas de haber retirado el dispositivo. En aquellos países donde el BE está prohibido se inyecta GnRH al momento de realizar la inseminación. La IATF se realiza a las 52-56 horas de retirado el dispositivo intravaginal liberador de progestinas.

Sin embargo, en los últimos años se han dado múltiples cambios en los protocolos recomendados.

El grupo del Dr. Day, propuso un protocolo con una duración del dispositivo intravaginal liberador de progestinas de 5 días, inyectando GnRH al momento de su colocación y PGF2 α al retirar el dispositivo. La inseminación a tiempo fijo se realizaría a las 72 horas de la extracción del dispositivo junto con una aplicación de GnRH. El fundamento para plantear este protocolo se basa en un efecto de mayor durabilidad de la estimulación gonadotrófica sobre el folículo preovulatorio (3 días) que puede incrementar la circulación de estrógeno y el diámetro del folículo preovulatorio antes de inducir la ovulación. Además, al acortar el período de permanencia del dispositivo en la vagina de la vaca se logra que el folículo preovulatorio se encuentre en el momento de máxima producción y concentración de estradiol a la hora de aplicar la PGF2 α (al momento de extraer el dispositivo). Esto es gracias a que este protocolo se basa en el uso de GnRH como hormona sincronizadora de las ondas foliculares en el momento de la IATF. Al respecto, Rhodes et al. (1995), publicaron que la concentración de estradiol en la vena cava fue mayor a los 3 días de la emergencia del folículo dominante de la primera onda folicular comparado a momentos posteriores de la vida de ese folículo. Respaldo lo anterior, Valdez et al. (2005), demostraron que un folículo de 4 días (un día más que los investigadores mencionados anteriormente) luego de la emergencia tenían mayor concentración infrafolicular y mayor capacidad de producir estradiol que los folículos evaluados más tardíamente en la onda folicular.

La GnRH inyectada al momento de introducir el dispositivo intravaginal tiene como objetivo generar una nueva onda folicular, entre 1 a 2 días siguientes (Martinez et

al., 2000). De esta forma, al retirar el dispositivo intravaginal (5°. día), el folículo dominante estaría produciendo el máximo de estradiol. Sin embargo, como ya fue mencionado, hay un porcentaje que con la aplicación de GnRH no ovulan (entorno al 40%). Si esto se da en un momento en que no hay un cuerpo lúteo presente, se producirán folículos persistentes de baja fertilidad si el largo de la permanencia del dispositivo en la vagina fue superior a los 5 días (Austin et al., 1999). Es decir, esta es la razón para proponer un largo de permanencia del dispositivo de 5 días.

El realizar la IATF a las 72 horas de retirado el dispositivo se asocia a un mayor crecimiento y por tanto a un mayor tamaño del folículo preovulatorio, lo que implica una mayor concentración de estradiol y altas concentraciones de progesterona en la siguiente fase luteal, especialmente en aquellas vacas que no ovularon con la aplicación de la primera dosis de GnRH (Bridges et al., 2014). La razón de esto es que se producen folículos de mayor diámetro. En este protocolo que se basa en el uso de CIDR durante 5 días y en el que se insemina a tiempo fijo a las 72 horas es superior al de 7 días inseminando a las 60 horas en vacas paridas (Bridges et al., 2008). En este protocolo, la primera dosis de GnRH induce la aparición de una nueva onda folicular en los siguientes 1 a 2 días, como fue mencionado anteriormente. Como se dijo, en el protocolo de 5 días el folículo está en la máxima producción de estrógeno en el líquido intrafolicular (es el de la primera onda folicular), en comparación con el protocolo de 7 días. A esto, se debe agregar que algunas vacas pueden tener 2 cuerpos lúteos, uno proveniente de la ovulación previa a la inyección de GnRH y el otro producto de esta primera dosis de GnRH (cuerpo lúteo accesorio). Esto podría causar que con una sola dosis luteolítica de PGF2 α no se pueda lisar la totalidad de los cuerpos lúteos.

Kasimanickam et al. (2009), demostraron que la aplicación de 2 dosis de PGF2 α con diferencia de 7 horas en el protocolo de 5 días luego de la extracción del dispositivo presentaba resultados reproductivos superiores que usar una sola dosis. Aunque lo deseado sería dar las 2 dosis luteolíticas en el menor tiempo posible, para de esta forma reducir el tiempo que los animales permanecen en las mangas y/o no volver a pasarlas por las mismas.

Whittier et al. (2010) compararon el dar la segunda dosis de PGF2 α en dos momentos distintos, una entre 0,5 a 3,9 horas y la otra a las 4,5 y 8,15 horas de la primera dosis de PGF2 α . El tratamiento de las vacas que recibían la segunda dosis en forma tardía presentó un valor superior de preñez a la IATF que el tratamiento en que se inyectó en forma temprana. Sin embargo, en este experimento, no se logró constatar la necesidad de una segunda dosis de PGF2 α . Es posible que en este experimento haya habido diferencias en respuestas reproductivas entre los distintos análogos usados de la hormona (se utilizaron 2 diferentes).

Sin embargo, con el protocolo de los 5 días se han obtenido otros resultados según el momento en que se realiza la IATF. Kasimanickam et al. (2012), haciendo uso del mismo protocolo de Bridges et al. (2008), obtuvieron los mayores porcentajes de

concepción realizando la IATF a las 56 horas (66%, n= 482) en vez de a las 72 horas (56,2%, n= 468) en vaquillonas cruza Aberdeen Angus. Esto se puede deber a que a las 72 horas se manifiestan una cantidad importante de hembras en celo natural. Peterson et al. (2011) obtuvieron 56% de hembras en celo antes y en el momento de la IATF. Por su parte, Dick et al. (2010), Guerra et al. (2011), obtuvieron 62% y 37% antes de inyectar BE y GnRH respectivamente.

Otra variable a tener en cuenta, es el tipo de vaca, en algunos experimentos se utilizaron vacas paridas y en otros, vaquillonas.

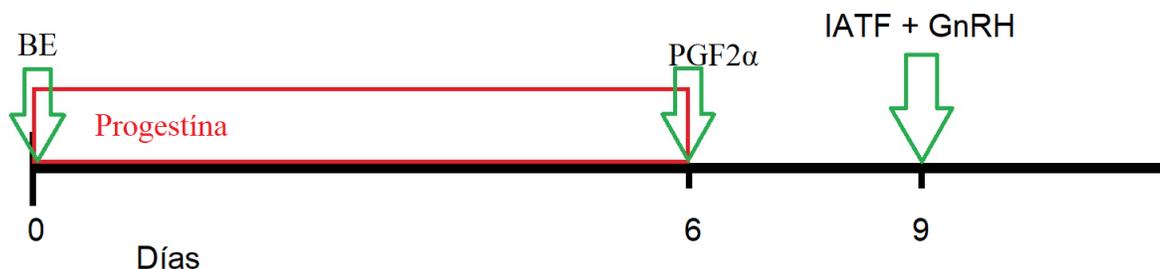
Aparentemente, la edad de las hembras a inseminar tendría efecto sobre el porcentaje de concepción al primer servicio en este tipo de protocolo. Dobbins et al. (2009), con un protocolo CO-Synch + CIDR durante 7 días (protocolo convencional), obtuvieron mayor porcentaje de concepción inseminando a las 56 horas en vacas con edades menores o iguales a 3 años. Sin embargo, con edades mayores o iguales a 3 años no encontraron diferencia entre 56, 64 o 72 horas. El protocolo que insemina a las 72 horas con dos dosis de PGF2 α en diferente tiempo presenta tres inconvenientes.

1. El costo extra que implica la aplicación de esta hormona.
2. Se requiere una pasada extra de los animales por las mangas y/o el que las vacas se mantengan mucho tiempo en las mangas, lo cual implica estrés y un posible efecto negativo sobre la fertilidad.
3. Existen vacas que mostrarían celo en forma natural antes de la inyección de GnRH (responsable de la sincronización de la ovulación), las cuales posiblemente no lleguen a ser fertilizadas al momento de realizar la IATF.

En resumen, el protocolo de 5 días no presenta resultados contundentes, lo cual se puede apreciar en los cuadros No. 14 y No. 15, en donde los valores no son tan elevados como cuando se determina celo los días 8 y 9 en la mañana. La forma de evitar el último inconveniente, sería determinando celo e inseminar según la regla AM/PM desde la extracción del dispositivo intravaginal (y aplicación de PGF2 α) hasta la mañana antes en que se realiza la IATF (y aplicación de GnRH).

En los últimos años un grupo de investigadores liderado por el Dr. Bo comenzaron a investigar un nuevo protocolo de IATF que denominaron J-SYNCH (figura No. 15).

Figura No. 15. Protocolo J-SYNCH.



Fuente: elaborado en base a Rodríguez Blanquet⁵

En el mismo, se inyectan 2 mg de BE el día 0, al mismo momento de colocar el dispositivo liberador de progestinas por espacio de 6 días. Al momento de la extracción de dicho dispositivo se aplica una dosis luteolítica de PGF2α. La principal ventaja del uso de BE el día 0 en lugar de GnRH para sincronizar la onda folicular es que no produce ovulación y por tanto no se producirá un cuerpo lúteo accesorio. El BE atresia el folículo dominante en casi el 90% de las vacas y vaquillonas y emerge una nueva onda folicular a los 3-4 días (Martínez et al., 2000). De esta forma no sería necesario acudir a una doble dosis de PGF2α como cuando se aplica GnRH al inicio del protocolo de 5 días. La IATF se realiza el noveno día, es decir a las 72 horas de retirado el dispositivo liberador de progestinas (día 6) junto con una aplicación de GnRH (figura No. 15). No obstante, los resultados obtenidos al usar este protocolo, al compararlo con el protocolo convencional, no han sido satisfactorios (porcentaje de preñez en vaquillonas en primavera, para protocolo convencional y J-SYNCH respectivamente: 57% y 57%), salvo cuando se determina celo previo a la IATF. Tal como se aprecia en el cuadro No. 17, si se detecta celo previo a la aplicación de la dosis de GnRH y la IATF, en el protocolo J-SYNCH los resultados serían más que aceptables.

Cuadro No. 17. Porcentaje de detección de celos, porcentaje de concepción, porcentaje de preñez a la IATF y porcentaje total a la IATF en vaquillonas

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

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

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

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

El Dr. Menchaca propuso una modificación del protocolo J-SYNCH, buscando corregir el defecto del protocolo e incrementar sus resultados reproductivos al “capturar” algunas de las hembras que manifiestan celo previo a la IATF. El dispositivo liberador de progestinas y los 2 mg de BE se colocaban en la tarde del día 0 y se extraían dichos dispositivos en la tarde del día 6, junto con la inyección de una dosis luteolítica de PGF2 α . En este momento, se pintaba la cola de las vacas con una pintura que funciona como una ayuda para la detección de celo (Rodríguez Blanquet et al., 2015). A la mañana del día 9 se inseminan todas las hembras que estén despintadas (entorno a las 66 horas de la extracción del dispositivo) sin aplicación de GnRH. Finalmente, en la tarde del día 9 (a las 72 horas de la extracción del dispositivo) se realiza la IATF al resto de las vacas junto a una dosis de GnRH. Se debe de tener presente que al inseminar en la mañana del día 9 las vacas despintadas, algunas son hembras que mostraron celo el día 7 y 8 en la mañana y por tanto es probable que estas hembras no queden preñadas. Una posible forma de resolver este problema sería colocar toros luego de la extracción del dispositivo hasta el día 8 al mediodía y en este momento se sacan del rodeo las vacas despintadas y los toros.

El grupo del Ing. Agr. Rodríguez Blanquet estuvo y continúa trabajando en un nuevo protocolo al que denominan “protocolo convencional reformado” (figura No. 16), el cual presenta ciertas diferencias respecto a los mencionados anteriormente.

Figura No. 16. Protocolo convencional reformado



Fuente: elaborado en base a Rodríguez Blanquet⁵

En este protocolo se inyectan 2 mg de BE al momento de aplicar el dispositivo liberador de progestinas, el cual permanece en la vagina de la vaca durante 7 días. Al momento de la extracción del dispositivo se aplica una dosis luteolítica de PGF2 α . El día 8 y en la mañana del día 9 se determina celo y se insemina según la regla AM/PM. A aquellas vacas que no mostraron celo hasta la mañana del día 9 se les inyecta 0,5 mg de BE. A las vacas que fueron inyectadas con esta última dosis de BE se les procede a realizar la IATF el día 10. Cabe mencionar que el día 9 en la tarde no es necesario determinar celo ya que serán inseminadas a tiempo fijo en la mañana del día siguiente.

En este protocolo, al alargar el número de días entre la extracción del dispositivo y la IATF se incrementa el tamaño del folículo preovulatorio, así como también la concentración de estradiol por ese mayor diámetro del folículo preovulatorio. Al inyectar BE como sincronizador de la onda folicular, la misma emergerá entorno al día 4. Al extraer el dispositivo el día 7, el folículo ovulatorio se encontrará en la máxima producción de estrógeno por estar en el tercer día desde la emergencia de la onda folicular (Rhodes et al., 1995). Pero, además, se inyecta BE en ese período preovulatorio (día 9), el cual complementaria el estrógeno que produce dicho folículo. Incluso se determina celo 3 veces antes de realizar la IATF con el propósito de no perder ninguna oportunidad de preñez.

Además, como ya se mencionó anteriormente, al utilizar BE como sincronizador de la onda folicular e inductor de la ovulación en vez de GnRH, se tiene una serie de ventajas que serán mencionadas a continuación.

-Por un lado, no se forman cuerpos lúteos accesorios, evitando de esta manera la necesidad de una segunda dosis de PGF 2α en dos momentos diferentes.

-El BE es menos costoso que el GnRH.

-El utilizar BE haría inducir la ovulación en folículos pequeños, pero no tan pequeños como el protocolo convencional ya que en este protocolo se inyecta un día después (día 9), mientras que en el convencional es en el día 8. La ventaja del uso de GnRH al momento de inseminar en lugar del BE un día antes de la IATF es que haría ovular folículos de mayor tamaño y con mayor concentración de estradiol. El protocolo “convencional reformado” podría paliar este “defecto” al inyectar BE en el día 9 y así incrementar la concentración de estradiol en el periodo preovulatorio. De esta forma, durante el período de desarrollo folicular preovulatorio, se crea un ambiente con mayor concentración de estradiol previo a la ovulación, lo cual incrementa el porcentaje de preñez final (anteriormente explicado).

-El uso de BE facilitaría la canulación por incremento del diámetro del canal cervical.

Al utilizar este protocolo en vacas en anestro profundo no se deberían de esperar resultados superiores a 35% de preñez al primer servicio, aunque se utilice eCG al momento de extraer el dispositivo. En general el uso de esta hormona incrementa el porcentaje de ciclicidad y el porcentaje de preñez en vacas en anestro con estrés nutricional (Roche et al. 1992, MacMillan et al. 1993), por lo cual es de creer que el uso de estos tratamientos hormonales interaccionando con adecuadas prácticas de manejo puede generar resultados alentadores. Al respecto, Berardinelli et al. (2007), Tauck y Berardinelli (2007), han obtenido mejor comportamiento reproductivo al combinar el efecto toro a tratamientos hormonales.

Menchaca et al. (2005) trabajando en vacas multíparas (cuadro No. 18) y Rodríguez Blanquet (2008a) en vacas primíparas (cuadro No. 19) publicaron resultados muy prometedores al incluir en forma conjunta destete precoz e IATF (ambos con protocolo convencional).

Cuadro No. 18. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas multíparas

Tratamientos	Preñez el 1 ^{er} . día de IATF	Preñez en los primeros 30 días de servicio
DP	0% (0/47) a	51 % (24/47) a
IATF	35% (16/46) c	48 % (22/46) a
IATF + DP	56% (26/46) b	78 % (36/46) b

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

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

Fuente: adaptado de Menchaca et al. (2005).

Cuadro No. 19. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas primíparas

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

a, b: las variables seguidas en la columna por diferentes letras, difieren significativamente entre sí (P<0.05).

Fuente: adaptado de Rodríguez Blanquet et al. (2008a).

Estos investigadores obtuvieron un gran agrupamiento de las concepciones al comienzo del primer servicio, lo cual conlleva las ventajas mencionadas anteriormente en el capítulo “Importancia de la fecha de parto”, asociado al hecho de que aquella vaca que pare en los primeros 21 días del periodo de servicio es más productiva por el resto de su vida, así como también su descendencia. Si bien una desventaja del método puede encontrarse asociada a lo engorroso que es realizar el destete precoz e hiperprecoz,

desde el punto de vista de infraestructura, mano de obra e insumos requeridos para su aplicación.

A modo de conclusión, es posible afirmar en base a la información consultada, que casi la totalidad de las vacas con cría al pie (>99%) se encuentran en anestro al comienzo del servicio. Los resultados obtenidos por el momento en la región y el país, en vacas en anestro de parición temprana con inseminación artificial a tiempo fijo han sido bajos respecto a los obtenidos en vacas ciclando normalmente. Los trabajos internacionales y regionales publicados tanto en vacas ciclando como en anestro han mostrado resultados entorno al 50% de preñez al primer servicio al utilizar el protocolo convencional.

Finalmente, el uso combinado de medidas de destete (hiperprecoz, precoz y temporario con separación física del ternero de su madre), efecto toro y tratamientos hormonales podrían implicar mejoras significativas en los resultados reproductivos citados previamente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento sobre el que se desarrolla la presente tesis se compone de 4 tratamientos diferentes llevados a cabo sobre vaquillonas.

3.1 ANIMALES

Para el experimento se contó con un total de 276 vaquillonas de 2 años de edad, de las cuales 228 estaban ciclando normalmente, durante 3 años consecutivos. Las hembras eran de la raza Hereford y Aberdeen Angus. Las mismas pertenecían a la Escuela Agraria “La Carolina” (CETP, UTU, ANEP) ubicada en el departamento de Flores, Uruguay. En uno de los 3 años, el experimento se desarrolló en un establecimiento cooperador, también ubicado en Flores, Uruguay.

Se realizó control de parto diariamente, con lo cual se registraba fecha de parto, tipo de parto, raza de la madre y el ternero, edad de la madre, sexo del ternero y se caravaneó y tatuó a estos últimos.

Las madres, siempre fueron manejadas sobre campo natural sin ningún tipo de suplemento en “La Carolina”. Sin embargo, en el establecimiento cooperador, un mes antes de comenzar con los tratamientos se mantuvieron en pradera convencional.

Para la realización de los tratamientos se tuvo en cuenta la raza de las vaquillonas y que estuvieran ciclando normalmente (progesterona en sangre ≥ 1 ng/ml) en dos muestras consecutivas -12-11 y 0 (momento de aplicar los DILP), sin considerar la edad (meses) de las mismas.

3.2 SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO (IATF)

El método de sincronización de la ovulación se basó en el uso de un dispositivo intravaginal liberador de un progestágeno (DILP) por un periodo de tiempo determinado, asociado a inyecciones de benzoato de estradiol (BE) y prostaglandina F₂ α (PGF₂ α). El DILP utilizado en los tratamientos es una esponja de poliuretano artesanal cilíndrica de 12 cm de largo y 3 cm de ancho, impregnada con 250 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP) colocada en la vagina de las vaquillonas por espacio de 5 a 7 días según tratamiento. Al momento de su colocación se inyectaba al DILP una dosis de 0,16 g de oxitetraciclina de larga acción (Fatro, Montevideo, Uruguay) para prevenir infecciones locales.

En los 4 experimentos se eliminaron del análisis aquellas vaquillonas que hubiesen perdido el DILP. Además, la PGF₂ α utilizada en los 3 años era de diferentes marcas comerciales, pero todas tenían el mismo principio activo (Cloprostenol D) inyectada a la dosis comercial (0,150 mg).

El BE usado era estradiol inyectable (Dispert, Montevideo, Uruguay) que se diluía con aceite de girasol para poder lograr la concentración usada en cada uno de los dos momentos (2 mg en el día 0 y 0,5 mg en la segunda inyección). Tanto la PGF2 α como el BE fueron aplicadas en forma intramuscular en el anca de las vaquillonas. Las IATF se realizaron entre el 5/12 y el 10/12 en los 3 años. En todos los casos se utilizó semen de un solo toro de probada fertilidad cada año, dentro de cada raza. La preparación del semen y la inseminación siempre fue realizada por los mismos técnicos en cada ocasión y en cada tratamiento del experimento de este proyecto. Los toros fueron incorporados al rodeo luego de 10 días de terminada la IATF. El repaso con los toros se realizó por solo una oportunidad más de preñez (30 días) luego de la IATF.

3.3 EXTRACCIÓN DE SANGRE Y DETERMINACIÓN DE CELO Y PREÑEZ

La extracción de sangre se realizaba mediante punción de la vena yugular para determinar progesterona en sangre en dos ocasiones y así evaluar la presencia de un cuerpo lúteo funcional. De esta forma se determina que vaquillonas estaban en anestro y cuales estaban ciclando normalmente. La primera extracción de sangre se hizo entre los días -12 a -10 y la segunda en el día 0 (día en que se colocaron los DILP). A las dos horas de la extracción de la sangre se centrifugaba (3000 rpm durante 15 minutos) en el laboratorio, donde se obtuvo un suero.

La determinación de celo, cuando correspondía, se realizaba según conducta homosexual y comenzaba en la tarde del día de la extracción de DILP, continuando en los siguientes días a primera hora de la mañana y a última de la tarde, y se inseminaba entre las 8 a 12 horas de haber observado la vaca en celo. No se determinaba celo en la tarde del día anterior al de la IATF.

A todas las vaquillonas de los tratamientos se les determinó preñez por ecografía a los 32-34 días (preñez a los 30 días) y 61-64 días (preñez a los 60 días) de la IATF, y se calculó el intervalo en días de una fecha fija (1° de julio) al año siguiente de la IATF al día del parto de ese año. Con esta variable se pretendió estimar la concentración de partos en cada tratamiento durante el período de parición. Sin embargo, esta última variable reproductiva no se pudo estimar en el año 2, porque en ese año el experimento se realizó en un establecimiento cooperador. 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 DE LABORATORIO

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

intra-ensayo para el control 1 (1,02 ng/ml) y el control 2 (4,88 ng/ml) fueron 13,8% y 8,1% respectivamente. El coeficiente de variación inter-ensayo para los mismos controles fueron 17,1% y 11,2%, respectivamente. La determinación de progesterona se realizó en dos corridas en años diferentes.

3.5 EXPERIMENTO

El experimento fue realizado con 276 vaquillonas de dos razas diferentes (Hereford y Aberdeen Angus), con dos años de edad y durante 3 años consecutivos. De las 276 vaquillonas iniciales, 228 estaban ciclando normalmente en el análisis. De las 276, durante los 3 años se perdieron el 2% de los DILP (5/276, las cuales fueron descartadas) y el 16% (43/276) de las vaquillonas se encontraban en anestro pre-puberal. Para llevar a cabo los distintos tratamientos que componen el experimento se tuvo en cuenta, dentro del año, la raza y que las vaquillonas estuvieran ciclando normalmente (progesterona en sangre ≥ 1 ng/ml). Se realizaron un total de 4 grupos de acuerdo a los siguientes tratamientos:

- **MAP7:** el número total de vaquillonas ciclando en el tratamiento fue de 58 (n=58) y 9 (n=9) vaquillonas prepúberes. En el tratamiento las muestras de sangre (MS) se extraen 11 días previo a la colocación del DILP (día -11) y al momento de la colocación del mismo y aplicación de BE (2 mg en el día 0), extracción del DILP y PGF2 α (día +7), inyección de BE (0,5 mg, en el día +8) e IATF a las 52-56 horas de la extracción del DILP (día +9).

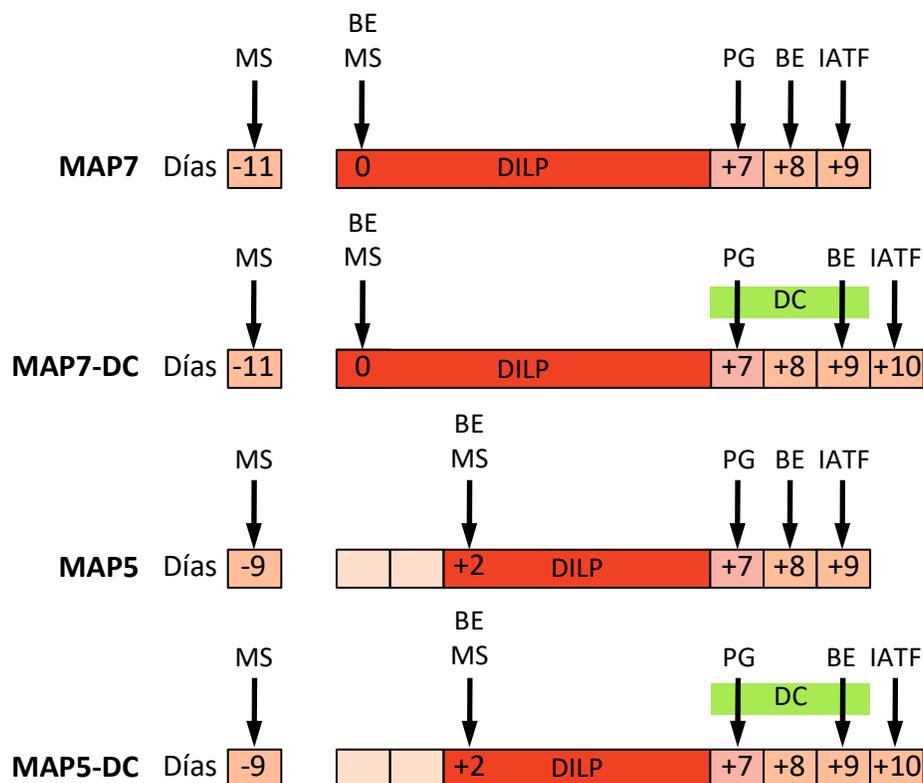
- **MAP7-DC:** el total de vaquillonas ciclando en este tratamiento fue de n=56 y las vaquillonas prepúberes n=13. Las muestras de sangre (MS) se extraen 11 días previo a la colocación del DILP (día -11) y al momento de la colocación del mismo y aplicación de BE (2 mg en el día 0), extracción del DILP y PGF2 α (día +7), determinación de celo e inseminación artificial (IA) por la regla AM/PM en el día 7 a la tarde, día 8 mañana y tarde, mañana del día 9, inyección de BE (0,5 mg) en la misma mañana (día +9) a las que no mostraron celo e IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (día +10).

- **MAP5:** el total de vaquillonas ciclando fue de n=53 y las prepúberes n=12. Las muestras de sangre (MS) se extraen 11 días previo a la colocación del DILP (día -9) y al momento de la colocación del mismo (día+2). Colocación del DILP y BE (2 mg en el día +2), extracción del DILP y PGF2 α (día +7), inyección de BE (0,5 mg) (día +8) e IATF a las 52-56 horas de la extracción del DILP (día +9).

- **MAP5-DC:** el total de vaquillonas ciclando en este tratamiento fue n=61 y en vaquillonas prepúberes n=9. Las muestras de sangre (MS) se extraen 11 días previo a la colocación del DILP (día -9) y al momento de la colocación del mismo (día+2). Colocación del DILP y BE (2 mg) (día +2), extracción del DILP y PGF2 α (día +7), determinación de celo e IA por la regla AM/PM en el día 7 a la tarde, día 8 mañana y tarde y mañana del día 9, inyección de BE (0,5 mg) en la misma mañana (día +9) a las que no mostraron celo e IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (día +10).

Estos tratamientos se esquematizan en la figura No. 17 para facilitar su comprensión.

Figura No. 17. Esquemas de los tratamientos MAP7, MAP7-DC, MAP5 y MAP5-DC



MS= toma de muestras de sangre, BE= inyección de benzoato de estradiol, DILP= dispositivo intravaginal liberador de progesterina, PG= inyección de PGF2 α , DC= detección de celo e IATF= inseminación artificial a tiempo fijo.

Fuente: extraído de Rodríguez Blanquet⁶

Los resultados del análisis de progesterona mostraron que hubo un total de 43 vaquillonas en anestro prepuberal distribuidas homogéneamente entre todos los tratamientos y debido a su bajo número, no se les hizo un análisis estadístico. Solo se expondrá los valores absolutos de las dos variables de porcentaje de preñez. Las vaquillonas siempre fueron manejadas juntas, salvo al momento de la colocación del DILP, donde se realizaron dos grupos para facilitar el manejo general. Luego de la IATF se volvieron a manejar juntas teniendo en cuenta su raza para realizar el servicio

⁶ Rodríguez Blanquet, J. B. s.f. Alternativas de uso de IATF en ganadería extensiva. s.p. (en prensa).

natural. Los días de las aplicaciones del DILP, BE, PGF2 α , y la extracción de sangre se muestran en la figura No. 17.

3.6 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. El modelo incluyó a los días que estuvo el DILP en la vagina de la vaquillona (5 o 7 días), previa detección de celo, su interacción simple y año.

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 proyecto no fue diseñado para evaluar dicha variable. Para establecer diferencias estadísticas se utilizó un nivel de significancia del 5% de probabilidad de cometer error de tipo I ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS

De las 276 vaquillonas iniciales, 228 estaban ciclando normalmente en el análisis. De las 276, durante los 3 años se perdieron el 2% de los DILP (5/276) y el 16% (43/276) de las vaquillonas se encontraban en anestro pre-puberal. No se observaron infecciones locales durante el momento de extracción del DILP. En la tarde del día en que se removió el DILP (día 7), las hembras no mostraron celo en ninguno de los tratamientos, en ninguno de los años, tanto en vaquillonas pre-púberes como ciclando normalmente. En esta última categoría, las vaquillonas en celo antes del día de realizar la IATF fueron 43% (24/56) y 10% (6/61) para los tratamientos MAP7-DC y MAP5-DC respectivamente. El mayor porcentaje de celos se manifestó en la mañana del día 9 tanto en el tratamiento MAP7-DC (23%, 13/56) como en MAP5-DC (8%, 5/61) y tendencias similares se observaron en las vaquillonas pre-púberes.

La preñez a los 30 días se vio afectada por el número de días que estuvo el DILP en la vagina de la vaca (7 vs. 5 días) ($P=0,007$), tendió a ser afectada por la determinación de celo (DC) ($P=0,06$) y fue afectada por el año ($P=0,05$), pero la interacción DILP y DC no fue significativa ($P=0,17$). Estos resultados indican que el mayor valor obtenido por el tratamiento MAP7-DC se debe al tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la hembra y a la determinación de celo previo a la IATF (cuadro No. 20).

Cuadro No. 20. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la IATF de vaquillonas pre-púberes ($n=43$) al inicio del experimento y de las vaquillonas que ya estaban ciclando ($n=228$), e intervalo de una fecha fija a la fecha de parto siguiente (días, media \pm EE) según tratamiento

	MAP7	MAP7-DC	MAP5	MAP5-DC
Vaquillonas prepúberes	n=9	n=13	n=12	n=9
% Preñez a 30 días	22	54	8	22
% Preñez a 60 días	33	54	16	33
Vaquillonas ciclando	n=58	n=56	n=53	n=61
% Preñez a 30 días	49 a	71 b	39 a	43 a
% Preñez a 60 días	85	91	85	76
Intervalo entre fecha fija y parto siguiente (días)	71,1 \pm 3,0 ab	68,3 \pm 2,8 a	77,1 \pm 3,4 b	79,3 \pm 3,4 b

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

Fuente: adaptado de Rodríguez Blanquet⁶

En el caso de preñez a los 60 días los efectos fijos y su interacción no fueron significativos ($P>0,11$) (cuadro No. 20). Los resultados del intervalo al parto del año

siguiente fueron afectados por el tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca (7 vs 5 días) ($P=0,01$), pero no por la determinación del celo previo a la IATF ni a su interacción ($P=>0,32$). Si bien el efecto del año fue significativo ($P=0,05$), su interacción con los tratamientos no lo fue.

5. DISCUSIÓN

Los resultados presentados son contundentes. El tratamiento MAP7-DC (vaquillonas ciclando normalmente) tuvo sistemáticamente:

- 1- Mayor porcentaje de preñez a la IATF que los demás tratamientos.
- 2- Un mayor porcentaje de preñez en el primer mes de servicio (% de preñez a los 60 días) en valores absolutos con respecto a los demás tratamientos.
- 3- Una mayor concentración de partos al comienzo del periodo de parición del año siguiente a la IATF, habiendo obtenido diferencias estadísticamente significativas o con diferencias en valores absolutos con respecto a los demás tratamientos. En caso de que el periodo de servicio hubiese sido más largo de 30 días, muy probablemente las diferencias hubiesen sido mayores y estadísticamente significativas.

El cuadro No. 21 muestra la distribución de celos con respecto al total de celos y al número total de hembras del tratamiento MAP7-DC desde la extracción del DILP hasta 24 horas antes de la IATF. Los resultados presentados corresponden a los obtenidos a campo sin realizar un análisis estadístico. Tal como se aprecia en el mismo, un 43% del total de las vaquillonas ciclando manifestaron celo entre las 48 horas a 24 horas previas a la IATF (momento de la última determinación y en el cual se alcanza el valor máximo de concentración de celos detectados previo a la IATF).

Cuadro No. 21. Porcentajes de celos sobre celos totales, porcentajes de celos sobre total de hembras en el tratamiento por momento de determinación de celo y total desde la extracción del DILP hasta 24 horas antes de la IATF del tratamiento MAP7-DC

	-48 Horas	-36 Horas	-24 Horas	% Total de celos
Vaquillonas ciclando del tratamiento MAP7-DC				
De las que muestran celo	25% (6/24)	21% (5/24)	54% (13/24)	43% (24/56)
Del total	11% (6/56)	9% (5/56)	23% (13/56)	

Fuente: adaptado de Rodríguez Blanquet⁶

En base a los resultados de la distribución de celos del cuadro No. 21, suponiendo que con el uso del protocolo J-SYNCH mejorado por Menchaca et al. (2017) mencionado en la revisión, se distribuirían los celos de igual forma en vaquillonas, se perderían oportunidades de preñez. La forma de no perder estos celos en

el protocolo J-SYNCH sería determinándolos en la mañana del día 7 (AM y PM) y 8 (AM) tal como fue realizado en el presente proyecto (protocolo convencional reformado).

El protocolo convencional es el más utilizado en América del Sur en los últimos años, el cual es el realizado en el tratamiento MAP7. Según la revisión realizada en aquellos trabajos en donde se utilizó el protocolo convencional (tratamiento MAP7) se obtuvo un promedio de preñez a la IATF en vaquillonas de 57% (756/1325).

Bo et al. (2016) informaron un valor promedio de 50% analizando 431000 IATF. Estos resultados son muy similares a los obtenidos en el tratamiento MAP7 (49 % de preñez). Sin embargo, los resultados logrados por el tratamiento con un proestro largo (MAP7-DC) son claramente superiores (71% de preñez). Aunque no fue analizado estadísticamente debido al bajo número de vaquillonas pre-púberes, estas, con MAP7-DC, siguen las mismas tendencias en variables reproductivas que en vaquillonas ciclando normalmente. Rasby et al. (1998) en vaquillonas en anestro pre-puberal aplicando el protocolo de IATF convencional, obtuvieron ovulaciones y porcentajes de fertilidad razonables al primer servicio. Por tanto, es de esperar que utilizando el protocolo convencional reformado (MAP7-DC) los valores de preñez sean superiores a los del protocolo convencional. En vaquillonas en anestro pre-púberal es de esperar obtener una respuesta nula al aplicar cualquiera de los protocolos que solo utilizan PGF2 α dado que las mismas no presentan cuerpos lúteos. Sin embargo, se ha reportado recientemente que esta hormona podría estimular la inducción de ovulaciones en vaquillonas pre-púberes (Leonardí et al., 2012).

Se debe tener presente que los tratamientos hormonales no son ajenos al balance nutricional. En términos generales, el nivel de energía tiene un gran efecto sobre la edad a la pubertad (Kinder et al., 1995), anestro posparto (Dunn y Kaltenbach, 1980) y la supervivencia embrionaria (Dunne et al., 2000). Existe una amplia gama de información sobre el efecto de la nutrición en las variables reproductivas (Dunn y Kaltenbach 1980, Randel 1990, Short et al. 1990), no obstante, hay poco conocimiento sobre los efectos de la nutrición en la dinámica de los folículos y su crecimiento en bovinos para carne con cría al pie. Los folículos ováricos cumplen una función vital en el proceso reproductivo, y se ven afectados por la nutrición en los diferentes momentos de la vida reproductiva de la vaca. Como ya se mencionó en la revisión, estos folículos ováricos controlan el ciclo estral, la viabilidad del ovocito y la supervivencia embrionaria a través del cuerpo lúteo producido luego de la ovulación y, finalmente, la síntesis de progesterona. La escasa información sobre el desarrollo folicular se centra en vaquillonas ya que, en vacas productoras de leche, el efecto de la nutrición se confunde con su producción de leche, mientras que, en vacas productoras de carne, con la unión vaca-ternero (amamantamiento, no lactación en si misma). Los efectos de la nutrición y especialmente subnutrición, pueden ser divididos en efectos de largo o corto plazo, así como la gravedad en cada momento. A su vez existe variación individual (genética) y

también dependiendo de la condición corporal de la cual partió la subnutrición o realimentación.

En el experimento, las vaquillonas fueron manejadas de tal forma que tuvieran alta disponibilidad de materia seca (campo natural) desde dos meses antes de la IA. En el caso del año en que el experimento se desarrolló en un establecimiento cooperador, las vaquillonas estuvieron en una pradera convencional de alta disponibilidad forrajera y posiblemente de alta digestibilidad (no determinada) 30 días antes de comenzar la IA. Esto garantizaba que las vaquillonas se encontraban ganando peso (estado energético positivo) y seguramente condición corporal antes de la IATF. Trabajando en vaquillonas durante la realimentación, Rhodes et al. (1995,1996), demostraron que había un incremento en el diámetro del folículo dominante y futuro pre-ovulatorio. Por su parte Imakawa et al. (1986), Bossis et al. (1999, 2000), mostraron una relación positiva entre la concentración de LH y el nivel nutritivo y los dos últimos trabajos con la concentración de estrógeno, en todos los casos en vaquillonas. En bovinos la secreción pulsátil de LH es vital para la ovulación y por ende el reinicio de la actividad cíclica. El principal evento que desencadena la ovulación es la presencia y exposición de un folículo pre-ovulatorio a una adecuada frecuencia de pulsos de LH. Una inadecuada frecuencia de pulsos de esta hormona resulta en una baja producción de estrógenos por parte del folículo, que son los que tienen retroalimentación positiva con la GnRH y LH. Por lo tanto, si no se da el incremento de estrógenos, el folículo pre-ovulatorio (el cual está en los estados finales de desarrollo), se atresia. Basándonos en esta información, es posible afirmar que las vaquillonas del experimento, independientemente de que estuvieran ciclando o no, tenían un folículo dominante o pre-ovulatorio (según su condición fisiológica), con una alta tasa de crecimiento diario, un mayor diámetro y una alta producción de estrógeno.

Perry et al. (2005), demostraron que las vacas no detectadas en celo e inducidas a ovular folículos $\leq 11,3$ mm tenían menor concentración de estradiol en el día 0 (IATF) comparada con las vacas inducidas a ovular folículos de mayor tamaño ($\geq 11,3$ mm). Ya fue demostrado que la concentración de estradiol producida por el folículo pre-ovulatorio tiene relación con la concentración de progesterona en el próximo ciclo (Welsh et al., 1983). El estradiol tiene un efecto directo en la regulación de los receptores de progesterona en el epitelio del útero. Es decir, tiene efecto sobre la concentración tisular de progesterona del próximo ciclo (Jinks et al. 2013, Madsen et al. 2015) y por lo tanto con una menor posibilidad de mortalidad embrionaria (Mann y Lamming, 1999). A esto se agrega el uso de PGF 2α que actuaría como un estímulo de la ovulación (Pfeifer et al., 2014) en vacas y vaquillonas, al igual que el benzoato de estradiol (Fike et al., 1997) en programas de IATF. Estas hormonas podrían, en conjunto, haber ayudado a inducir la ovulación.

Por los resultados obtenidos en preñez a la IATF en el experimento, lo que hizo el protocolo MAP7-DC fue sincronizar las ovulaciones.

Como ya fue tratado en la revisión, parece ser que la madurez del folículo no es predicha por un único factor. Probablemente sea el efecto acumulativo de muchos factores como ser el largo del proestro, alta concentración y producción de estradiol previo a la IATF, edad y diámetro del folículo (estos dos últimos factores actúan independientemente). El tratamiento MAP7-DC incrementa la edad de los folículos por un mayor número de días desde la extracción del DILP a la IATF. Esto redundaría en mayor producción de progesterona del cuerpo lúteo resultante, así como en el desarrollo embrionario, lo cual es un punto clave en el reconocimiento de la preñez, dado que vacas con alta producción de progesterona producirán embriones más grandes, los cuales producen mayor cantidad de interferon tau. Esta proteína secretada por el embrión, es la señal responsable, o por lo menos la más estudiada, de la inhibición de la salida pulsátil de la $PGF2\alpha$, y, por consiguiente, no se produce la luteólisis. Esta acción evita la mortalidad embrionaria y por tanto incrementa el porcentaje de preñez (reconocimiento de la preñez). Y para obtener altos porcentajes de fertilidad a la IATF se suma la edad de la hembra, intervalo desde el parto a la IATF, condición corporal y sus variaciones antes y después de la IATF, la calidad del semen y la fertilidad inherente del semen del toro.

Finalmente, se debe considerar que el uso de los resultados de este experimento (y sus respectivos tratamientos) es una herramienta de manejo más, fundamental en el rodeo de cría ya que se incrementaría el porcentaje de preñez en vaquillonas (respecto a IA o IATF bajo el protocolo convencional), además permite controlar la fecha de concepción y por consiguiente la de parición con las ventajas intrínsecas que ya fueron analizadas en la revisión. A esto se suma el hecho de que se compran y mantienen menos toros, así como también la posibilidad de utilizar genes de alto valor biológico que considere cada empresa pecuaria en particular. Es de esperar que el uso de esta tecnología tendrá un impacto económico muy importante en el rodeo de cría.

6. CONCLUSIONES

Los resultados del experimento son claros y contundentes. El tratamiento MAP7-DC (vaquillonas ciclando normalmente) presento sistemáticamente un mayor porcentaje de preñez a la IATF que los demás tratamientos, un mayor porcentaje de preñez en el primer mes de servicio (% de preñez a los 60 días) ya sea con diferencia estadística o en valores absolutos respecto a los demás tratamientos y finalmente una mayor concentración de partos al comienzo del período de partos del año siguiente a la IATF, habiéndose obtenido diferencias estadísticamente significativas o diferencias en valores absolutos respecto a los otros tratamientos. Si el periodo de servicio hubiera sido mayor a 30 días, seguramente todas las diferencias hubieran sido mayores y estadísticamente significativas.

En otras palabras, el protocolo MAP7-DC logró mayor porcentaje de preñez a la IATF que el protocolo Convencional (MAP7), el cual es el más utilizado en América del Sur actualmente, lo cual deja en evidencia que con el uso del protocolo MAP7-DC (protocolo convencional reformado) propuesto en el experimento existe un margen de mejora importante para los indicadores reproductivos en vaquillonas, tanto a nivel nacional como internacional.

7. RESUMEN

El experimento fue realizado con 228 vaquillonas de dos razas (Hereford y Aberdeen Angus), de dos años de edad y durante 3 años consecutivos. Se comparan 4 tratamientos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vaquillonas ciclando normalmente ($P \geq 1$ ng/ml). Las vaquillonas se dividieron en cuatro tratamientos en forma aleatoria. La determinación de progesterona se realizó en dos veces consecutivas con diferencia de 10 a 12 días. En la segunda determinación (día 0) se colocaron los dispositivos liberadores de progestinas (DILP) junto a una inyección de 2 mg de benzoato de estradiol (BE). Los DILP se extrajeron a los 5 o 7 días y se inyectó una dosis luteolítica (0,150 mg) de PGF2 α . A aquellos DILP extraídos a los 5 o 7 días se los dividió a su vez en 2 tratamientos, dando el total de 4 tratamientos. A uno se le inyectó en el día 6 (MAP5) y a otro en el día 8 (MAP7) una dosis de BE (0,5 mg) y se inseminó a tiempo fijo a las 52-56 horas de la extracción de los DILP (días 7 y 9). En los otros dos se determinó celo comenzando la tarde del día 5 (MAP5-DC) y 7 (MAP7-DC) y al día siguiente (día 6 y 8) y en la mañana del subsiguiente (día 7 y 9) inseminándose con la regla AM/PM. Aquellas vaquillonas que no habían manifestado celo se les inyecta 0,5 mg de BE en la mañana del día 7 o 9 y se realiza la IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (días 8 y 10 para MAP5-DC y MAP7-DC respectivamente). A todas las vaquillonas de los tratamientos se les determinó preñez a los 30 días y 60 días de la IATF y se calculó el intervalo en días a una fecha fija (1° de julio) al año siguiente de la IATF al día del parto de ese año para estimar la concentración de partos de cada tratamiento durante el período de parición. El tratamiento MAP7-DC presentó un mayor porcentaje de preñez a la IATF que los demás tratamientos alcanzando 71% con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,0001$) del resto de los tratamientos (MAP7- 49%, MAP5-DC- 43% y MAP5- 39%). En porcentaje de preñez en el primer mes de servicio (a los 60 días) MAP7-DC obtuvo 91% mientras que MAP7-85%, MAP5- 85% y MAP5-DC- 76% no obteniéndose diferencia estadística ($P > 0,20$). Los resultados del intervalo fecha fija - parto del año siguiente de la IATF fueron afectados por el tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca (7 vs. 5) ($P = 0,01$) ($72,1 \pm 3,0$, $68,3 \pm 2,8$; $77,1 \pm 3,4$, $79,3 \pm 3,4$), pero no por la determinación del celo previo a la IATF ni su interacción ($P > 0,32$). En conclusión, el tratamiento MAP7-DC tuvo un mayor porcentaje de preñez a la IATF, similar preñez a los otros 3 tratamientos en el primer mes del servicio (% de preñez a los 60 días) y una anticipación de los partos al año siguiente similar al tratamiento MAP7, pero superiores a los otros dos tratamientos.

Palabras clave: IATF; Vaquillonas ciclando normalmente; Porcentaje de preñez.

8. SUMMARY

The study was realized in 228 heifers, from Hereford and Aberdeen Angus breeds, of two years old and during three consecutive years. Four different treatments of fixed-time artificial insemination (FTAI) of heifers cycling normally were compared ($P \geq 1$ ng/ml). The heifers were divided in four treatments at random. The progesterone determination was realized consecutively twice, separated by 10-12 days. In the second determination (day 0) the progestin releasing devices (PRD) were placed with a 2 mg injection of estradiol benzoate (EB). The PRD were withdrawn at 5th. or 7th. days and a luteolytic dose (0,150 mg) of prostaglandin F2 α (PGF2 α) was injected. Those PRD extracted at 5 or 7 days were divided themselves into two so the studies were four in total. One of them was injected with a dose of BE (0.5 mg) the day 6th. (MAP5) and the other at the day 8th. (MAP7) and FTAI was realized at 52-56 hours after the PRD extraction (day 7th. and day 9th.). In the other two cases the estrus was detected starting by the 5th. afternoon day (MAP5- DC) and 7th. afternoon day (MAP7-DC) and the next day (day 6th. and day 8th.) and in the next subsequent morning day (days 7th. and 9th.) using the rule AM/PM. The heifers without detected estrus were injected with 0.5 mg of EB by the 7th. or 9th. morning day and FTAI is realized after 72 hours post PRD extraction (days 8th. and 10th. for MAP5-DC and MAP7-DC respectively). Pregnancy was detected in every heifer of the studies at 30 and 60 days after the FTAI and the interval in days was calculated at a fixed date (1st. of july) at the next year of the FTAI to the day of the calving of that year to estimate the births concentration of each treatment during the calving period. MAP7-DC treatment showed a major pregnancy percentage to FTAI than the others reaching 71% with statistical significant differences ($P < 0,0001$) from the rest of the treatments (MAP7- 49%, MAP5-DC- 43% y MAP5- 39%). MAP7-DC obtained 91% percentage of pregnancy at the first month of service while MAP7- 85%, MAP5- 85% and MAP5-DC- 76% with no statistical differences ($P > 0,20$). The interval fixed date – calving results of the next year of FTAI were affected by the time that PRD stayed inside the vagina's cow (7 vs. 5) ($P = 0,01$) ($72,1 \pm 3,0$, $68,3 \pm 2,8$; $77,1 \pm 3,4$, $79,3 \pm 3,4$) but not by the estrus detection previous the FTAI nor its interaction ($P > 0,32$). In conclusion, the Treatment MAP7-DC obtained a major pregnancy percentage to the FTAI, similar pregnancy to the other three treatments in the first service month (pregnancy % at 60 days) and a calving anticipation in the next year similar to the Treatment MAP7 but superior than the other two treatments.

Keywords: IATF; Heifers cycling normally; Percentage of pregnancy.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, G. P. 1999. Comparative patterns of follicles development and selection in ruminants. *J. Reprod. Fertil.* 54:17-32.
2. Alberio, R. H.; Schiersmann, G.; Carou, N.; Mestre, J. 1987. Effect of a teaser bull on ovarian and behavioural activity of suckling beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 14: 263-272.
3. _____; Aller, J.; Quinteros, R.; Ferre, L.; Meluci, L. 1999a. Momento de aplicación y dosis de benzoato de estradiol al final de un tratamiento con progestágenos sobre el celo y fertilidad. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (3º., 1999, Villa Carlos Paz, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 182.*
4. _____; _____; _____; _____; _____. 1999b. Reutilización de dispositivos intravaginales con progesteronas (CIDR) y respuesta comparada con esponjas vaginales con progestágeno. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (3º., 1999, Villa Carlos Paz, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 183.*
5. ASBIA (Asociación Brasileira de Inseminación Artificial, BR). 2017. Comercialização de sêmen. (en línea). Minas Gerais. s.p. Consultado abr. 18. Disponible en <http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/>
6. Austin, E. J.; Mihm, M.; Ryan, M. P.; Williams D. H.; Roche, J. 1999. Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. *J. Animal Sci.* 77:2219-2226.
7. Balla, E.; Chesta, P.; Pincinato, D.; Maraña Peña, D.; Tribulo, R.; Bo, G. A. 2005. Efecto del tratamiento con dispositivos intravaginales CIDR-B nuevos o de segundo uso en programas de IATF en vacas con cría al pie. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Ciudad Universitaria Córdoba. Argentina). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 387.*
8. Baruselli, P. S.; Sales, J. N.; Sala, R. V.; Viera, L. M.; Sa Filho, M. F. 2012. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Anim. Reprod. Sci.* 9:139-152.

9. Bello, G.; Mestre, G. 1991. Efecto de la producción de leche medida a través del peso del ternero al destete real sobre el comportamiento reproductivo de un rodeo Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 80 p.
10. Berardinelli, J.; Joshi, P. S.; Tauck, S. A. 2007. Conception rates to artificial insemination in primiparous, suckled cows exposed to the bioestimulatory effect of bulls before and during a gonadotropin-releasing hormone-based estrus synchronization protocol. *J. Anim. Sci.* 85: 848-852.
11. Bo, G. A.; Adams, G. P.; Pierson, R. A.; Mapletoft, R. J. 1995. Exogenous control of follicular wave emergente in cattle. *Theriogenology.* 43:31-40.
12. _____; Caccia, M.; Martinez, M.; Mapletoft, R. J. 1996. Follicular wave emergence after treatment with estradiol benzoate and CIDR-B vaginal devices in beef cattle. In: Internacional Congress on Animal Reproduction (13th., 1996, Sydney). Abstracts. Sydney, IRAC. p. 22
13. _____; Adams, G. P.; Pierson, R. A.; Mapletoft, R. J. 2000. Local versus systemic effects of exogenous estradiol on ovarian follicular dynamics in heifers with progestogen ear implants. *Anim. Reprod. Sci.* 59:141-157.
14. _____; Cutaia, L.; Brogliatti, G. M.; Medina, M.; Tríbulo, H. 2001. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino utilizando progestágenos y estradiol. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (4^o., 2001, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 117-136.
15. _____; Caccia, M. 2002a. Dinámica folicular ovárica en el ganado bovino en reproducción en los animales domésticos. Florencia, Melibea. t. 1, s.p.
16. _____; Cutaia, L.; Tribulo, R. 2002b. Inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino de carne utilizando progestágenos y estradiol: algunas experiencias realizadas en Argentina (2^a. parte). *Taurus.* 15:17-32.
17. _____; Baruselli, P. S. 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle (en línea). *Anim.* 8(Suppl. 1): 144-150.

18. _____.; de la Mata, J. J.; Baruselli, P.; Menchaca, A. 2016. Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology*. 86: 388-396.
19. _____.; Baruselli, P.S; De la Mata, J.J; Huguenine, E.; Menchaca, A.; Núñez-Olivera, R. 2018. Programs for fixed-time artificial insemination in South American beef cattle. *Anim. Reprod.* 952-962.
20. Bossis, I.; Welty, S. D.; Wettemann, R. P.; Vizcarra, J. A.; Spicer, J. C.; Diskin, M. G. 1999. Nutritionally induced anaovulation in beef heifers ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. *J. Anim. Sci.* 77: 1536-1546.
21. _____.; Wettemann, R. P.; Welty, S. D.; Vizcarra, J. A.; Spicer, J. C. 2000. Nutritionally induced anaovulation in beef heifers ovarian and endocrine function during re-alimentation and resumption of ovulation. *Biol Reprod.* 62: 1436-1444.
22. Bridges, G. A.; Mussard, M. I.; Burke, C. R.; Day, M. L. 2010. Influence of length of proestrus on fertility and endocrine function in female cows. *Anim. Reprod. Sci.* 117:208-215.
23. _____.; _____.; Hesler, L. A.; Day, M. L. 2014. Comparison of follicular dynamics and hormone concentrations between 7-day and 5-day CO-Synch + CIDR program in primiparous beef cows. *Theriogenology*. 81:632-638.
24. Brown, J. G.; Peterson D. W.; Foote, W. D. 1972. Reproductive response of beef cows to exogenous progestogen, estrogen and gonadotropins at various stages postpartum. *J. Anim Sci.* 35:362–369.
25. Burns, P. D.; Spitzer, J. C. 1992. Influence of bioestimulation on reproduction in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 70 : 358-365.
26. Burris, M. J.; Priode, B.M. 1958. Effect of calving date on subsequent calving performance. *J. Animal. Sci.* 17:527-533.
27. Cabrera, F; Nadal, J. 2017. Comparación de dos métodos de sincronización de celos con inseminación artificial a tiempo fijo en vaquillonas raza Hereford por Limousin. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 58 p.

28. Caccia, M.; Bo, G. A. 1998. Follicular wave emergence following treatment of CIDR-B implanted beef cows with estradiol benzoate and progesterone. *Theriogenology*. 49:341. (Abstract).
29. Callejas, S.; De Dominicis, O.; Madero, S.; Cantallop, F.; Cavodevila, J. 2005. Efecto del cipionato de estradiol administrado al momento de retirar un dispositivo intravaginal con progesterona o 24 horas después sobre el porcentaje de preñez a la IATF. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. p. 391.
30. _____; Uslenghi, G.; Larghi, G.; Cledou, J.; Cabodevila, J. 2011a. Uso de cipionato de estradiol para sincronizar ovulaciones en vaquillonas Holando. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (Suppl. 1): 409-410.
31. _____; De Dominicis, O.; Madero, S.; Cantallop, F.; Uslenghi, G.; Cabodevila, J. 2011b. Uso del cipionato de estradiol para implementar un programa de IATF. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (Suppl. 1): 403-410.
32. Chaves, M. A.; Goñi, C. G.; Alanis, G. A.; Vásquez, M. I.; Rivera, J. M. 2000. Reproductive performance of post-partum beef cows: evaluation of a CIDR, estradiol 17 β , GnRH protocol. *Theriogenology*. 53: 198.
33. Chesta, P.; Pincinato, D.; Maraña Peña, D.; Peres, L. C.; Tribulo, R.; Bo, G. A. 2005. Efecto del tratamiento con DIB de segundo o tercer uso en protocolos de resincronización de la ovulación e inseminación artificial a tiempo fijo. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. p. 397.
34. _____; Curchod, G.; Cardinali, J. L.; Yodice, G.; Rodriguez Persico, J. M.; Bo, G. A. 2017. Evaluación de la tasa de preñez en vaquillonas para carne cruzas índicas sincronizadas con el protocolo J-SYNCH utilizando distintos dispositivos con progesterona. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12º., 2017, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 368.
35. Cushman, R. A.; Kill, L. K.; Funston, R. N.; Mousel, E. M.; Perry, G. A. 2013. Heifer calving date positively influences calf weaning weights trough six parturitions. *J. Animal Sci.* 91:4486-4491.
36. Cutaia, L.; Tribulo, R.; Alisio, L.; Tegli, J.; Moreno, D.; Bo, G. A. 2001a. Efecto de los tratamientos con dispositivos DIV-B nuevos o reutilizados en los índices de preñez en vacas y vaquillonas inseminadas a tiempo fijo

- (IATF). In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (4°. , 2001, Córdoba). Abstracts. Córdoba, IRAC. p. 244.
37. _____.; Moreno, D.; Villata, M. L.; Bo, G. A. 2001b. Synchrony of ovulation in beef cows treated with progesterone vaginal devices and estradiol benzoate administered at device removal or 24 hours later. *Theriogenology*. 55:408.
38. _____.; Veneranda, G.; Tríbulo, R.; Barusselli, P. S.; Bo, G. A. 2003. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (5°. , 2003, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 119-134.
39. _____.; Alisio, L.; Bertero, F.; Aviles, M.; Bó, G.A. 2005. Tasa de preñez en vacas y vaquillonas sincronizadas con DIB y benzoato de estradiol en el momento del retiro del dispositivo o 24 h más tarde. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (5°. , 2005, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. p. 395.
40. Davis, M. E.; Rutledge, J. J.; Cundiff, L. V.; Hauser, E. R. 1983. Life cycle efficiency of breed production: II) Relationship of cow efficiency ratios to traits of the dam and progeny weaned. *J. Animal. Sci.* 57:852-866.
41. de la Mata, G.; Menchaca, A.; Bo, G. A. 2015. Tratamientos que prolongan el proestro usando estradiol y progesterona en vaquillonas para carne. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (11°. , 2015, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 143-158.
42. De Nava, G. 2013. Reproducción bovina aplicada: desarrollo y validación de programas de inseminación a tiempo fijo en Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. 136 p.
43. Dick, A.; Gual, F.; Reinal, V. 2010. Efecto de la implementación de la detección de celos en programas de IATF en vaquillonas lecheras. In: Congreso Argentino de Producción Animal (33°. , 2010, Buenos Aires). Resúmenes. Buenos Aires, INTA. p. 191.
44. Dobbins, C. A.; Eborn, D. R.; Tenhouse, D. E.; Breiner, R. M. 2009. Insemination timing affects pregnancy rates in beef cows treated with CO-Synch protocol including an intravaginal progesterone insert. *Theriogenology*. 72:1009-1016.

45. Dunn, T. G.; Kaltenbach, C. C. 1980. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *J. Anim. Sci.* 51 (Suppl. 2): 29-39.
46. 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. *Anim. Reprod. Sci.* 58: 39-44.
47. Dziuk, P. J.; Bellows, R. 1983. Management of reproduction of beef cattle, sheep and pig. *J. Animal Sci.* 57(Suppl. 2): 355-379.
48. Fernández Abella, D. H. 2015. *Tecnologías reproductivas bovinas y ovinas.* Montevideo, Hemisferio Sur. 200 p.
49. Fernández, 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. *J. Anim. Sci.* 74: 1098-1103.
50. Fernández-Francia, G.; Lares, S.; Formia, N.; Giovaninni, R.; Videla Doma, I.; de la Sota, R. L. 2005. Eficacia de la utilización de benzoato de estradiol aplicado a las 0 o 24 horas del retiro de un dispositivo intravaginal con progesterona sobre la tasa de preñez en vaquillonas para leche. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Córdoba). Resúmenes.* Córdoba, IRAC. p. 401.
51. Fike, K.; Day, M.; Inskeep, E.; Kinder, J.; Lewis, P.; Short, R.; Hafs, H. 1997. Estrus and luteal function in suckled beef cows that were anestrous when treated with an intravaginal device containing progesterone with or without a subsequent injection of estradiol benzoate. *J. Anim. Sci.* 75: 2009- 2015.
52. Fonseca, F.; Silva, M.; Gunzmayer, A.; Murua, P.; Cutaia, L.; Ratto, M. H. 2011. Efecto del uso del DIB con 0,5 o 1g de progesterona en protocolos de sincronización de estros y ovulaciones sobre la dinámica folicular y la tasa de preñez en vacas Holstein Friesian en lactancia. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9º., 2011, Córdoba). Resúmenes.* Córdoba, IRAC. p. 356.
53. Franke, D. E.; Wyatt, W. E. 1982. The influence of previous calving date on subsequent calving rate and date. *J. Animal. Sci.* 55 (Suppl. 1): 147-152.

54. Funston, R. N.; Musgrave, J. A.; Meyer, T. L.; Larson, D. M. 2012. Effect of calving distribution on cattle progeny performance. *J. Animal. Sci.* 90: 5118-5121.
55. Garcia Paloma, J. A.; Alberio, R.; Miquel, M. C.; Grandona, M. O.; Carrillo, J.; Schiersmann, G. 1992. Effect of calving date on lifetime productivity of cows in a winter-calving Aberdeen Angus herd. *Anim. Prod.* 55:177-184.
56. Gari, C.; Guerra, F. 1999. Sincronización de celos en vaquillonas y vacas Hereford y cruza con prostaglandina F₂ α y benzoato de estradiol. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 53 p.
57. Geary, T. W.; Wittier, J. C.; Hallford, D. M.; Macneil, M. D. 2001a. Calf removal improves conception rates to the ovsynch and CO-synch protocols. *J. Anim. Sci.* 79:1-4.
58. _____; Salverson, R. R.; Wittier, J. C. 2001b. Synchronization of ovulation using GnRH or hCG with the CO-synch protocol in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 79: 2536-2541.
59. Gil, A. 2002. Manejo de rodeos de cría de bovinos para carne en Uruguay. In: Seminario de Actualización Técnica: cría y recría ovina y vacuna (2002, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 71-80 (Actividades de Difusión no. 288).
60. Gledlie, V. M; Berg, R. T. 1968. Milk production in range beef cows and its relationships to calf gains. *Can. J. Animal Sci.* 48:323-333.
61. Griffith, M. K.; Williams, G. L. 1996. Roles of Maternal Vision and Olfaction in Suckling-Mediated Inhibition of Luteinizing Hormone Secretion, Expression of Maternal Selectivity, and Lactational Performance of Beef Cows. (en línea). *Biol. of Reprod.* 54:761-768. Consultado 21 jul. 2018. Disponible en <https://academic.oup.com/biolreprod/article/54/4/761/2761791>.
62. Guerra, F; Irazabal, A.; Rodríguez Blanquet, J. B. 2011. Evaluación comparada de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (Pro-Ciclar) y una esponja vaginal artesanal con progestágeno (MAP). In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°, 2011, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. p. 329.
63. Hafez, E. S. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. 6a. ed. México, Interamericana. 542 p.

64. _____; Hafez, B. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. México, McGraw-Hill Interamericana. 519 p.
65. Hansen, P. J.; Hauser, E. R. 1984. Photoperiodic alteration of postpartum in suckled cows and reproductive function. (en línea). *Theriogenology*. 22:1-14. Consultado 8 ago. 2018. Disponible en https://animal.ifas.ufl.edu/hansen/publications_pdf/docs/1984_hansen.pdf
66. Hess, B.W.; Lake, S. L.; Scholljegerdes, E. J.; Weston, T. R.; Nayigihugu, V.; Molle, J. D. C.; Moss, G. E. 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *J. Animal. Sci.* 83: E90-106E.
67. Imakawa, K.; Day, M. L.; Zalesky, D. D.; Garcia-Winder, M.; Kittok, R. J.; Kinder, J. E. 1984. Influence of exposure to bulls on resumption of estrus cycles following parturition in beef cows. *J. Anim. Sci.* 59: 1135-1139.
68. Jaime, D. 2004. Inseminación artificial en vacunos. (en línea). s.l., INIA. s.p. Consultado 25 jul. 2018. Disponible en <http://www.inia.org.uy/prado/2004/inseminacionartificial.htm>
69. Jinks, E. M.; Smith, M. F.; Atkins, J. A.; Pohler, K. G.; Perry, G. A.; Macneil, M. D.; Roberts, A. J.; Waterman, R. C.; Alexander, L. J.; Geary, T. W. 2013. Preovulatory estradiol and the establishment and maintenance of pregnancy in suckled beef cows. *J. Animal Sci.* 91:1176-1185.
70. Kasimanickam, R.; Hall, J. B.; Currin, J. F.; Whittier, W. D. 2008. Sire effect on the pregnancy outcome in beef cows synchronized with progesterone based Ovsynch and CO-Synch protocols. *Anim. Reprod. Sci.* 104:1-8.
71. _____; Day, M. L.; Rudolph, J. S.; Hall, J. B.; Whittier, W. D. 2009. Two doses of prostaglandin improve pregnancy rates to timed-AI in a 5-day progesterone-based synchronization protocol in beef cows. *Theriogenology*. 71:762-767.
72. _____; Asaya, M.; Firtha, 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.

73. Kinder, J. E.; Bergfelt, E. G. M.; Wehrman, M. E.; Peter, K. E.; Kojima, F. N. 1995. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *J. Reprod. Fertil. (Suppl)* 49:393-407.
74. Lamb, G.; Stevenson, J.; Kesler, D. J.; Garverick, H. A.; Brown, D. R.; Salfen, B. 2001. Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F₂ α for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 79: 2253-2259.
75. Leonardí C. E.; Pfeifer, L. F.; Rubin, M. I.; Singh, J.; Mapletoft, R. J.; Pessoa, G. A.; Bairy, A. M.; Silva, C. A. 2012. Prostaglandin F₂ α promotes ovulation in prepuberal heifers. *Theriogenology.* 78:1578-1582.
76. Lesmeister, J. L. Burfening, P. J.; Blackwell, R. L. 1973. Data of first calving in beef cows and subsequent production. *J. Animal. Sci.* 36:1-6.
77. Lucy, M. C.; Billings, H. J.; Butler, W. R.; Ehnis, L. R.; Fields, M. J.; Kesler, D. J.; Kinder, J. E.; Mattos, R. C.; Short, R. E.; Thatcher, W. W.; Wettemann, R. P.; Yelich, J. V.; Hafs, H. D. 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF_{2 α} for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *J. Animal Sci.* 79:982–995.
78. Macmillan, K. L.; Peterson, A. J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrous synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Anim. Reprod. Sci.* 33:1–25.
79. Madsen, C. A.; Perry, G. A.; Mogck, C. L.; Daly, R. F.; Macneil, M. D.; Geary, T. W. 2015. Effects of preovulatory estradiol on embryo survival and pregnancy establishment in beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 158: 96-103.
80. Makarechian, M.; Farid, A. ; Berg, R. T. 1985. Effect of exposure to bulls and body weight on reproductive performance in beef heifers. *Canadian J. Anim. Sci.* 65: 31-36.
81. Mann, G. E.; Lamming, G. E. 1999. The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 34:269–274.
82. Maquivar, M.; Day, M. 2011. Estrategias nutricionales y hormonales para inducción a la pubertad en novillas de carne y su impacto en la fertilidad.

In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°, 2011, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 43-70.

83. Martinez, M. F.; Adam, G. P.; Kastelic, J. P.; Bergfelt, D. R.; Mapletoft, R. J. 2000. Induction of follicular wave emergence for estrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenology*. 54:757-769.
84. _____; Kastelic, J. P.; Adams, G. P.; Mapletoft, R. J. 2002. The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *J. Animal. Sci.* 80:1746-1751.
85. Menchaca, A.; De Castro, T.; Chiflet, N.; Alvarez, M. 2005. Uso de IATF y destete precoz al inicio del servicio en rodeos de cría. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6°, 2005, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 410.
86. _____; Nunez-olivera, R.; García pintos, C.; Cuadro, F.; Bosolasco, D.; Fabini, F.; Dutra, S.; de la mata, J. J.; Bo, G. A. 2017. Efecto de la prolongación del proestro en la fertilidad de los programas de IATF. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12°, 2017, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 191-215.
87. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2012. Censo general agropecuario 2011: resultados definitivos. Montevideo. 41 p.
88. _____. _____. 2017. Anuario estadístico agropecuario 2017. 20ª. ed. Montevideo. s.p.
89. Morris, C. A. 1980. A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production 2) Association with relative calving date and with dystocia. *Anim. Breed. Abs.* 48:1-20.
90. Morrow, D. L.; Brinks, J. S. 1968. The effect of season of birth of calf on weaning weight and cow production. In: Annual Beef Cattle Improvement Day and Anctron (19th., 1968, Colorado). Proceedings. Fort Collins, Colorado, American Society of Animal Science. s.p.
91. Murdoch, W; Van Kirk, E. A. 1998. Luteal Dysfunction in Ewes Induced to Ovulate Early in the Follicular Phase. *Enocrinology*. 139: 3480-348.

92. Mussard, M. L.; Burke, C. R.; Behlke, E. J.; Gasser, C. L.; Day, M. L. 2007. Influence of premature induction of a luteinizing hormone surge with gonadotropin-releasing hormone on ovulation, luteal function, and fertility in cattle. *J. Anim. Sci.* 85: 937-943.
93. NAAB (National Association of Animal Breeders, US). 2017. Annual reports of semen sales and custom freezing. (en línea). Madison, Wisconsin. s.p. Consultado abr. 18. Disponible en <https://www.naab-css.org/semen-sales>
94. Naasz, C. D.; Miller, H. L. 1987. Effect of bull exposure on postpartum interval and reproductive performance in beef cows. *J. Anim. Sci.* 65: 426.
95. Nahms, F. 1998. Changes in US beef cow – calf producers. Fort Collins, CO, USDA. APHIS. Center for Epidemiology and Animal Health. pt. 4, pp. 1-48.
96. Niswender, G. D.; Schwall, R. H.; Fitz, T. A.; Farin, C.; Sawyer, H. R. 1985. Regulation of luteal function in domestic ruminants: new concepts. *Recent Prog. Horm. Res.* 4 :101-142.
97. Nuñez-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. *Anim. Reprod. Sci* (146):111-116.
98. Perry, G. A.; Kojima, F. N.; Salfen, B. E.; Bader, J. F.; Patterson, D. J.; Smith, M. F. 2002. Effect of an orally active progestin on follicular dynamics in cycling and anestrous postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 80:1932-1938.
99. _____.; Smith, M. F.; Geary, T. W. 2004. Ability of intravaginal progesterone inserts and melengestrol acetate to induce estrous cycles in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 82: 695-704.
100. _____.; _____.; Lucy, M.; Green, J.; Parks, T.; Macneil, M. D.; Roberts, A. J.; Geary, T. 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102: 5268-5273.
101. _____. 2017. Efecto de la madurez folicular sobre el establecimiento de la preñez en vacas. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal* (12º., 2017, Córdoba, Argentina). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 171-190.
102. Peterson, C.; Alkar, A.; Smith, S.; Kerr, S.; Hall, J. B.; Moore, D.;

- Kasimanickam, R. 2011. Effects of one versus two doses of prostaglandin F2alpha on AI pregnancy rates in a 5-day, progesterone-based, CO-Synch protocol in crossbred beef heifers. *Theriogenology*. 75:1536-1542.
103. Pfeifer, L. E. M.; Leonardi, C. E. P.; Castro, N. A.; Viana, J. H. M.; Siquera, L. G. B.; Castilho, E. M.; Singh, J.; Krusser, R. H.; Rubin, M. I. B. 2014. The use of PGF2 α as ovulatory stimulus for timed artificial insemination in cattle. *Theriogenology*. 81:689-695.
 104. Pinheiro, O.; Barros, C.; Figueredo, R.; Valle, E.; Encarnacao, R.; Padovani, C. 1998. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2alpha or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology*. 49:667–681.
 105. Pinheiro, V. G.; Souza, A. F.; Pegorer, M. F.; Satrapa, R. A.; Ereno, R. L.; Trinca, L. A.; Barros, C. M. 2009. Effects of temporary calf removal and eCG on pregnancy rates to timed-insemination in progesterone-treated postpartum Nelore cows. *Theriogenology*. 71:519-524.
 106. Quinteros, R.; Callejas, S.; Aller, J.; Kaiser, G.; Alberio, R. H. 2000. Exogen control of follicular wave and ovulation through medroxiprogesterone acetate and estradiol benzoate in cattle. In: International Congress on Animal Reproduction (14th., 2000, Stockholm). Abstracts. Stockholm, IRAC. p. 235.
 107. Ramos, M; Ramos de la Cruz, W.; Cutaia, L.; Bó, G.A. 2011. Momento de la ovulación en vacas cruza con cría al pie tratadas con dispositivos con distintas concentraciones de P4 y combinados con ECP. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9^o., 2011, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 343.
 108. Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Animal Sci.* 68:853-862.
 109. Rasby, R. J.; Day, M. L.; Johnson, S. K.; Kinder, J. E.; Lynch, J. M.; Short, R. E.; Wettemann, R. P.; Hafs, H. D. 1998. Luteal function and estrus in peripubertal beef heifers treated with an intravaginal progesterone releasing device with or without a subsequent injection of estradiol. *Theriogenology*. 50: 55-63.
 110. Reece, W. 2010. *Duckes fisiología de los animales domésticos*. Zaragoza, Acribia. 1167 p.

111. Rekwot, P. I.; Ogwu, D.; Oyedipe, E. O. 2000. The influence of bull stimulation, season and parity on resumption of ovarian activity of Zebu (*Bos indicus*) cattle following parturition. *Anim. Rep. Sci.* 63: 1-11.
112. _____.; _____.; _____.; Sekoni, V. O. 2001. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Anim. Rep. Sci.* 65: 157-170.
113. Rhodes, F. M.; Fitzpatrick, I. A.; Entwistle, K. W.; De Ath, G. 1995. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. *J. Reprod. Fertil.* 104: 41-49.
114. _____.; Entwistle, K. W.; Kinder, J. F. 1996. Changes in ovarian function and gonadotrophin secretion preceding the onset of nutritionally induced anoestrus in *Bos indicus* heifers. *Biol. Reprod.* 55: 1437-1443.
115. Rivera, G. M.; Goñi, C. G.; Chagas, S. B.; Ferrero, S. B.; Bó, G. A. 1998. Ovarian follicular wave synchronization and induction of ovulation in postpartum beef cows. *Theriogenology.* 49: 1365-1375.
116. Roche, J. F.; Crowe, M. A.; Boland, M. P. 1992. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 28:371-378.
117. Rodríguez Blanquet, J. B. 2008a. Asociación del destete precoz-progestágeno y su efecto sobre la fertilidad de vacas primíparas inseminadas a tiempo fijo (análisis preliminar). In: Congreso Argentino de Producción Animal (31°. 2008, s.l.). Resúmenes. Córdoba, INAC. p. 132.
118. _____. 2008b. Tratamientos hormonales en vacas para carne (*Bos Taurus*) en anestro con cría al pie para mejorar su comportamiento productivo y reproductivo. In: Seminario de Actualización Técnica: cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 189-199 (Serie Técnica no. 174).
119. _____.; Villegas, N.; Van Lier, E.; Minutti, A.; Bentancur, O. 2009. Evaluación biológica de la inseminación a tiempo fijo. In: Congreso Latinoamericano de Producción Animal (21°. 2009, San Juan, Puerto Rico). Resúmenes. Maracaibo, Venezuela, ALPA. 1 disco compacto.
120. _____.; D'amado, T.; Batista, C.; Mendez, S.; Van Lier, E.; Gomez, A.; Bentancur, O. 2015. Evaluación del grado de despintado en la base de la cola sobre el porcentaje de preñez usando protocolos de IATF en vacas Aberdeen Angus y Hereford. In: Congreso Latinoamericano de

Producción Animal (24°. , 2015, Puerto Veras, Chile). Resúmenes.
Maracaibo, Venezuela, ALPA. 1 disco compacto.

121. Ross P. J.; Aller, J. F.; Callejas, S.; Buttler, H. ; Alberio, R. 2004. Estradiol benzoate given 0 or 24 h after the end of a progestegen treatment in postpartum suckled beef cows. *Theriogenology*. 62: 265-273.
122. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 288 p.
123. SAS Institute. 1994. SAS Guide to tabulate Processing. 2nd. ed. Cary, NC. 208 p.
124. Sauton, M.; Marcoveccio, S.; Díaz, T.; Cutaia, L. 2011. Efecto del uso de benzoato de estradiol o GnRH como inductor de ovulación en vaquillonas Holstein tratadas con dispositivos intravaginales con P4 e inseminadas a tiempo fijo. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°. , 2011, Córdoba)*. Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 347.
125. Scándolo, D.; Scándolo, D. G.; Cuatrin, A. ; Maciel, M. 2011. Efecto De la concentración de progesterona suprabasal al momento de la inseminación sobre la preñez de vacas cruza Holando X Jersey. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°. , 2011, Córdoba)*. Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 342.
126. Scena, C. G.; Peralta, R. U.; Obregón, H.; Callejas, S. S. 2005. Efecto del tratamiento por 8 o 9 días con CRESTAR® nuevo y usado sobre el porcentaje de preñez a la IATF en vaquillonas Brangus. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6°. , 2005, Huerta Grande)*. Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 423.
127. Scott, L. C.; Montgomery, G. W. 1987. Introduction of bulls induces return of cyclic ovarian function in postpartum beef cows. *N. Z. J. Agric. Res.* 30: 189-193.
128. Shively, T. E.; Williams, G. L. 1989. Pattern of tonic luteinizing hormone release and ovulation in suckled anestrous cows following varying interval of temporary weaning. *Domest. Anim. Endocrinol.* 6:379-387.
129. Short, R. E.; Convey, E. M.; Staigmiller, R. B.; Bellows, R. A. 1981. Effects of intermittent small-dose injections of GnRH in anestrous postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 53 (Suppl): 366.

130. _____.; Bellows, R. A.; Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Custer, E. E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Animal Sci.* 68: 799-816.
131. Simeone, A.; Beretta, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 118 p.
132. Smith, V. G.; Chenault, J. R.; Mcallister, J. F.; Lauderdale, J. W. 1987. Response of postpartum beef cows to exogenous progestogens and gonadotropin releasing hormone. *J. Animal Sci.* 64:540-551.
133. Sorarrain, N.; Vaca, R. J. A.; Fernandez-Francia, M. G.; Lares, S. F.; de la Sota, R. L.; Baldo, A. 2005. Eficiencia de la utilización de benzoato de estradiol a las 0 o 24 horas del retirado el dispositivo intravaginal on progesterona para inducir la ovulación en vacasa multíparas para carne. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6°, 2005, Huerta Grande). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 425.
134. Stahringer, R.; Vispo, P. 2005. Efecto de dos sales de estrógeno y del momento de su aplicación en la inseminación sistemática de vacas secas y vaquillonas cruza cebú. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (5°, 2005, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 426.
135. Stevenson, J.; Johnson, S. K.; Milliken, G. A. 2003a. Incidence of postpartum anestrus in suckled beef cattle: Traetments to induce estrus, ovulation and conception. *Prof. Animal. Sci.* 19:124-134.
136. _____.; Lamb, G. C.; Medina-Britos, M. A.; Grieger, D. M.; Harmony, K. R.; Carmil, J. A.; El-Zarkouny, S. Z.; Dahlen, C. R.; Marple, T. J. 2003b. Supplemental norgestomet, progesterona or melengestrol acetate increases pregnancy ratyes in suckled beef cows alter timed inseminations. *J. Animal Sci.* 81:571-586.
137. 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. *J. Anim. Sci.* 93: 2111-2123.
138. Tauck, S. A.; Berardinelli, J. 2007. Putative urinary pheromone of bulls involved with breeding perfomance of primiparous beef cows in a progestin-based estrous synchronization protocol. *J. Anim. Sci.* 85: 1669-1674.
139. Thatcher, W. W.; Macmillan. K. L.; Hansen, P. J.; Drost, M. 1989. Concepts for

regulation of corpus luteum function by the conceptus and ovasian follicles to improve fertility. *Theriogenology*. 31:149-164.

140. Thibier, M. 2005. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Repro. Nutr. Dev.* 45: 235-242.
141. Ungerfeld, R. 2002. Control endócrino del ciclo estral en reproducción en los animales domésticos. Montevideo, Melibea. t.l, s.p.
142. Uslenghi, G.; Gonzalez Chaves, S.; Cabodevila, J.; Callejas, S. 2014. Effect of estradiol cypionate and amount of progesterona in the intravaginal device on synchronization of estrus, ovulation and on pregnancy rate in beef cows treated with FTAI based protocols. *Anim. Reprod. Sci.* 145:1-7.
143. Valdez, K. E.; Cuneo, S. P.; Gorden, P. J.; Turzillo, A. M. 2005. The rol of thecal androgen production in the regulation of estradiol biosíntesis by dominant bovine follicles during the first follicular wave. *J. Anim. Sci.* 83:597-603.
144. Vasconcelos, J. L. M.; Sartori, R.; Olivera, H. N.; Guenther, J. N.; Wiltbank, M. C. 2001. Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rates. *Theriogenology*. 56:307–314.
145. Viñoles, C.; Quintans, G.; Paiva, N.; Cavestany, D. 2000. Tratamiento del anestro posparto en vacas de carne con acetato de medroxi-progesterona (MAP) asociado a benzoato de estradiol o eCG. *In: Congreso Mundial de Buiatría (21°. 2000, Punta del Este, Uruguay). Resúmenes. Punta del Este, Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay. p. 047.*
146. Vizcarra, J. A.; Ibáñez, W.; Orcasberro, R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Inv. Agron.* 7 (1): 45-47.
147. _____; Wettemann, R. P. 1996. Reproducibility, Repeatability, and Degree of Expertise Required to Assess Body Condition Score in Beef Cattle. *The Prof. Anim. Sci.* 12: 28-31.
148. Wehrman, M.; Roberson, M. S.; Cupp, A. S.; Kojima, N.; Stumpf, T.; Werth, L. A.; Wolfe, M. W.; Kittok, R.; Kinder, J. 1993. Increasing exogenous progesterone during synchronization of estrus decreases endogenous 17 β -estradiol and increases conception in cows. *Biol. Reprod.* 49: 214-220.
149. Welsh, T. H. Jr.; Zhuang, L. Z.; Hsueh, A. J. 1983. Estrogen augmentation of

gonadotropin-stimulated progestin biosynthesis in cultured rat granulosa cells. *Endocrinology*. 112: 1916-1924.

150. Whittaker, P. R.; Colazo, M. G.; Martinez, M. F.; Kastelic, J. P.; Mpletoft, R. J. 2002. New and used CIDR-B devices and estradiol benzoate, with or without progesterone, for fixed-time AI in beef heifers. *Theriogenology*. 57:391.
151. Whittier, W. D.; Kasimanickam, R. K.; Currin, J. F.; Schramm, H. H.; Vlcek, M. 2010. Effect of timing of second prostaglandin F_{2α} administration in a 5-day, progesterone-based CO-Synch protocol on AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*. 74:1002-1009.
152. Williams, G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 68: 831-852.
153. Wiltbank, M.; Gumen, A.; Sartori, R. 2002. Physiological classification of the anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*. 57:21-53.
154. _____; Pursley, R. 2014. The cow as an induced ovulator: timed AI after synchronization of ovulation. *Theriogenology*. 81:170-185.