

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**IMPACTO DEL RECUENTO DE FOLÍCULOS ANTRALES SOBRE LA FERTILIDAD
DE VAQUILLONAS DE RAZAS CARNICERAS EN UN PROGRAMA DE
INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO SERIADO**

Por

María Soledad BERRUTTI

Faustina PANISSA

Melina RODRIGUEZ

TESIS DE GRADO presentada como uno
de los requisitos para obtener el título de
Doctor en Ciencias Veterinarias

Modalidad: Ensayo experimental
Orientación: PRODUCCIÓN ANIMAL

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2018**

PAGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

Dr. Jorge Gil

Segundo miembro:

Dr. Daniel Cavestany

Tercer miembro:

Dr. Eduardo Blanc

Cuarto miembro:

Dr. Guillermo de Nava

Fecha: 23/10/2018

Autores:

María Soledad Berrutti

Faustina Panissa

Melina Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A nuestro cotutor Dr. Guillermo de Nava por habernos brindado la oportunidad de trabajar en este experimento; por los conocimientos brindados, su dedicación y compromiso con nuestro trabajo.

A nuestro tutor Dr. Daniel Cavestany por su buena disposición y aportes académicos al trabajo.

Al Dr. Agustín Sanguinetti por su colaboración en el trabajo de campo y su buena voluntad.

Al personal de Ganadera Barracas SA por la colaboración en el trabajo de campo y su hospitalidad.

Al Cr. Julio Blanco por abrirnos las puertas de su establecimiento y brindarnos los animales, materiales, instalaciones y alojamiento para llevar a cabo el ensayo.

A nuestra familia por darnos las herramientas para llegar hasta acá.

A nuestros amigos y compañeros de facultad por el apoyo constante.

TABLA DE CONTENIDO	Pág.
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
Objetivos para el rodeo de cría.....	11
Inseminación (IA).....	12
Inseminación a tiempo fijo (IATF).....	13
Protocolos de inseminación a tiempo fijo.....	14
Resincronización para IATF seriadas.....	17
Recuento de folículos antrales.....	21
HIPÓTESIS.....	27
OBJETIVOS.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
RESULTADOS.....	31
DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1-	Cronograma de trabajo.	29
Tabla 2-	Caracterización de los hallazgos en la población según raza.	31
Tabla 3-	Efecto del recuento de folículos antrales sobre el porcentaje de preñez de vaquillonas sometidas a dos IATF seriadas.	32

FIGURAS

Figura 1-	Histograma de distribución del recuento de folículos antrales en la población.	31
-----------	--	----

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la correlación entre el recuento de folículos antrales (RFA) en vaquillonas de carne en condiciones de campo, se utilizaron 589 vaquillonas Hereford, Aberdeen Angus y Red Angus entre 18 y 24 meses de edad, en un predio comercial en el departamento de Tacuarembó. A estas vaquillonas cíclicas se les realizó el recuento en ambos ovarios de los folículos >3 mm por ultrasonografía transrectal en el día -40. Posteriormente fueron incorporadas a un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) convencional de 10 días: Día -10 colocación de dispositivos intravaginales monouso de Progesterona (750 mg), y administración de 1,5 mg de Benzoato de Estradiol (BE) i/m. Día -3 PM retiro de los dispositivos intravaginales y administración i/m de 150 mg de cloprostenol (PGF 2α). A las 36 hs (día -1) detección de celo temprano por la mañana durante 2 horas y por la tarde inseminación; administración de 8 μ g de Acetato de buserelina (GnRH) i/m al resto de las vaquillonas para inseminarlas a tiempo fijo a la mañana siguiente (día 0). Se inseminó con semen de buena calidad de dos toros por raza. Día 23 AM resincronización al total de las vaquillonas (n=589), insertando nuevamente dispositivos intravaginales de Progesterona (750 mg) e inyectando 1 mg de BE i/m. Día 30 AM, retiro de los dispositivos y diagnóstico de preñez mediante ecografía transrectal; administración de 150 mg de cloprostenol (PGF 2α) i/m a las vacías. Día 32 PM (56 h después del retiro de dispositivos) IATF junto con la administración de 8 μ g de Acetato de Buserelina (GnRH). Día 62 diagnóstico de preñez mediante ecografía transrectal a estas vaquillonas. Se asoció el porcentaje de preñez al recuento folicular. El recuento de folículos antrales afectó los resultados de la primer IATF y de la tasa de preñez acumulada, pero no la tasa de preñez en la segunda IATF ($P < 0,05$). Se halló un mayor porcentaje de concepción en las categorías de RFA Medio, comparado con los grupos de Alto y Bajo RFA en la IATF I y preñez acumulada ($P < 0,05$). No se encontraron diferencias en el porcentaje de preñez a la IATF I, IATF II y porcentaje de preñez general en relación con el origen de las vaquillonas (Monta natural vs IATF). Se encontró una asociación negativa entre el alto RFA y las interrupciones de gestación (7,2%; 9,7% y 10,7% para las categorías de Alto, Medio y Bajo RFA respectivamente). Se concluye que, para las condiciones de este estudio, el RFA no aportaría información

adicional utilizable para determinar aquellos vientres de reposición que tendrán mejores tasas de preñez a la IATF.

SUMMARY

In order to determine the correlation between the antral follicle count (AFC) in meat heifers under field conditions, 589 Hereford, Aberdeen Angus and Red Angus heifers between 18 and 24 months of age were used in a commercial farm in the department of Tacuarembó, Uruguay. Both ovaries from cyclic heifers were evaluated by transrectal ultrasonography and follicles > 3 mm were counted on day -40. Subsequently, they were incorporated into a 10-day conventional fixed-time artificial insemination (FTAI) protocol: Day -10 placement of single-use progesterone intravaginal devices (750 mg), and administration of 1.5 mg Estradiol Benzoate (BE) i / m. Day -3 PM withdrawal of intravaginal devices and administration of 150 mg of cloprostenol (PGF2 α) i / m. At 36 hs (day -1) heat detection early in the morning for 2 hours to inseminate them in the afternoon; administration of 8 μ g of buserelin acetate (GnRH) i / m to the rest of the heifers to be inseminated at fixed time the next morning (day 0). Insemination was performed with good quality semen from two bulls per breed. Day 23 AM resynchronization to total heifers (n = 589), inserting again intravaginal devices of Progesterone (750 mg) and injecting 1 mg of BE i / m. Day 30 AM, removal of the devices and diagnosis of pregnancy through transrectal ultrasound; administration of 150 mg of cloprostenol (PGF2 α) i / m to unpregnant. Day 32 PM (56 h after removal of devices) FTAI together with the administration of 8 μ g of Buserelin Acetate (GnRH). Day 62 diagnosis of pregnancy through transrectal ultrasound. The percentage of pregnancy was associated to the antral follicular count. The AFC affected the results of the FTAI I and the accumulated pregnancy rate, but not the pregnancy rate in the FTAI II (P<0,05). A higher percentage of conception was found in the categories of Medium RFA, compared with the High and Low RFA groups in the FTAI I and accumulated pregnancy (P <0.05). No differences were found in the percentage of pregnancy to the FTAI I, FTAI II and general pregnancy according to the origin of the heifers (Natural mating vs. FTAI).

A negative association was found between high AFC and pregnancy interruptions (7.2%, 9.7% and 10.7% for the High, Medium and Low AFC categories respectively).

It is concluded that, under the conditions of this trial, the AFC would not provide additional useful information to determine those replacement bellies that will have better pregnancy rates to the FTAI.

INTRODUCCIÓN

La DIEA (2018) reporta que, en nuestro país, la superficie total ocupada por establecimientos ganaderos es de 12.6 millones de hectáreas, en las cuales se encuentran 44.781 establecimientos especializados en ganadería. Dentro de estos, la cría representa el 49% de esta superficie. Estos datos destacan el importante rol que cumple la cría en la cadena cárnica como primer eslabón de la misma, tanto económico como social a nivel nacional, ya que se puede inferir que es el sustento de miles de familias, donde la mayoría son productores criadores pequeños a medianos. Uruguay cuenta con unos 4,2 millones de vacas de cría, quienes constituyen el 36,5% del stock vacuno; si a estas vacas le sumamos las otras categorías que integran el rodeo de cría, como las hembras de reposición y los toros, entonces la cría asciende a un 60% del stock ganadero nacional (MGAP-DIEA, 2018). Entre el periodo 2009-2017 se vio un incremento de 392 mil vacas de cría y un aumento en la categoría vaquillonas de 1 a 2 años, de unas 18 mil cabezas. A pesar de esto, la categoría terneros y terneras experimentó un descenso de 48 mil cabezas, (MGAP-DIEA, 2017) lo que podría estar explicado por bajas tasas de procreo en el país durante ese período. De esto se puede desprender que la productividad del rubro cría tiene una gran influencia en la productividad de todo el sector ganadero, aun cuando no parecería tener la presencia en los medios de comunicación ni ser motivo de la investigación nacional en relación con la importancia que tiene para el país.

El rubro cría ha sido desplazado a zonas de menor aptitud pastoril en cuanto a calidad y tipo de suelos, debido a la baja eficiencia física y económica. Esto se puede considerar como causa o efecto de que los coeficientes técnicos de la cría en Uruguay no han

mejorado a lo largo de dos décadas (Pigurina, 2000). Los bajos ingresos generados y la dependencia de ciclos biológicos largos hacen que para los sistemas de cría no se manejen comúnmente propuestas que requieran de mayores gastos o inversiones a largo o mediano plazo.

La agricultura ha ido desplazando a la ganadería en las zonas de mayor potencial. Este fenómeno se ha visto acentuado en los últimos 10 años (Viñoles y col., 2012), y se debe principalmente a un aumento en los precios agrícolas y a los procesos tecnológicos que superaron ampliamente a los ganaderos, permitiendo obtener una mayor superficie de siembra y escala, aumentar los volúmenes de producción y, por ende, obtener mayores márgenes económicos. En los sistemas criadores a campo natural, la variabilidad climática es quien determina la producción de forraje (Bervejillo, 2013). El número de terneros destetados por vaca entorada varía anualmente, asociado a períodos de balance energético negativo, que generalmente ocurren en invierno y verano (Short y col., 1990) lo que determina los bajos índices de procreo históricos de nuestro rodeo. En ganado de carne, la tasa de preñez (vientres preñados/vientres entorados) promedio en los últimos años en nuestro país, se ubica en un 74,8% y la tasa de procreo (terneros destetados/vientres entorados) adquiere valores de 66,4 % (MGAP-DIEA, 2017). Estos dos, son indicadores de la eficiencia de un rodeo de cría, lo que en gran medida determina la eficiencia global del proceso de producción. No obstante, la baja eficiencia reproductiva en Uruguay es la principal limitante en la producción bovina (Cavestany y Méndez, 1995).

La eficiencia reproductiva se puede describir como una medida de capacidad de una vaca para quedar gestante y destetar terneros de buen peso vivo (Peters y Ball, 1991). Es un factor importante, que afecta la eficiencia productiva y económica de sistemas de producción de carne y leche. Menchaca y col. (2013b), indican que la baja eficiencia reproductiva del rodeo de cría en Uruguay tiene dos componentes: la avanzada edad al primer servicio y la duración del anestro posparto. La ternera es el primer eslabón dentro del rodeo de cría, la posibilidad de adelantar la edad en que las vaquillonas entran a la pubertad y, por lo tanto, la edad al primer entore, puede tener un gran impacto económico ya que implica disminuir las categorías improductivas del establecimiento y aumentar el número de terneros producidos en la vida del animal (Leimester y col., 1973). A su vez,

se reduce el intervalo entre generaciones, permitiendo una mayor intensidad de selección, en procura de aumentar el progreso genético para las características de interés económico.

Para la optimización de estos índices reproductivos para la cría, se pueden aplicar una serie de tecnologías reproductivas. Estas se definen como cualquier práctica, método, técnica o herramienta que impacta en el potencial reproductivo del rodeo (Macmillan, 1994). Dentro de ellas, la sincronización de la ovulación y la inseminación artificial han sido las tecnologías más aplicadas en los últimos años con resultados que mejoran anualmente a nivel rodeo. Estas tecnologías son importantes para mejorar la productividad del rodeo y cuentan a su vez con las ventajas de ser de fácil aplicación y bajo costo (Seidel, 1995).

Existen características en las hembras de reposición que permiten predecir su comportamiento reproductivo futuro. El motivo de este trabajo es estudiar el recuento de folículos antrales en vaquillonas, asociándolo con el comportamiento reproductivo posterior.

REVISION BIBLIOGRÁFICA

Objetivos para el rodeo de cría

Una meta productiva en cualquier establecimiento criador es producir un ternero por vaca por año (Wiltbank, 1970; Smith y Tervit, 1977; Geymonat 1985; Radostis y Blod, 1985). Este objetivo teórico suele ser cuestionado en condiciones pastoriles ya que no toma en cuenta otros indicadores de productividad por unidad de superficie como la carga animal o los kilos de terneros destetados por unidad de superficie (de Nava, 2011).

La eficiencia productiva del rodeo puede ser definida en términos de eficiencia biológica, por ejemplo, a través de las tasas reproductivas; y eficiencia económica, como puede ser a través de los costos de producción o ingresos netos (Odde y Field, 1987). La diferencia entre ambas formas de describir la eficiencia debe ser tomada en cuenta para evaluar los rodeos de cría comerciales. Bajo condiciones de explotación pastoriles, las tasas reproductivas óptimas deben ser definidas basándose en la productividad global por hectárea, costos de producción y recursos disponibles en el establecimiento. A partir de esta realidad que encontramos en condiciones pastoriles, está claro que tasas de preñez o parición deberían considerarse en el contexto de como fue el aprovechamiento y la transformación de pasto en kilogramos de terneros en ese predio (de Nava, 2011). En base a estos aspectos, de Nava (2000) define el objetivo para los rodeos de cría en condiciones pastoriles como el de lograr la mayor cantidad de kilos de terneros destetados por unidad de superficie, con vientres manejados a una carga animal lo suficientemente alta y con un manejo reproductivo controlado, como para alcanzar un equilibrio entre un alto aprovechamiento de forraje y una buena eficiencia de conversión de ese forraje en terneros.

Según lo discutido anteriormente, debería lograrse que las vaquillonas estén ciclando al comienzo de su primera estación reproductiva, se preñen tan temprano como sea posible, tengan su primer ternero al comienzo de la parición, vuelvan a preñarse rápidamente y continúen con ese patrón de parición concentrada en toda una larga vida productiva (de Nava, 2011). Para que esto sea posible, la fecha de parto en vaquillonas es un factor importante ya que afecta la longevidad y productividad del rodeo de cría: el parir tardíamente en una estación reproductiva incrementa la proporción de vacas que, o paren tarde el próximo año o que directamente no conciben (Funston y col., 2012).

Según un estudio llevado a cabo por este autor, las vaquillonas nacidas dentro de los primeros 21 días de parición tuvieron un mayor peso al destete, así como pre-servicio, un alto porcentaje de ciclicidad y, por lo tanto, de preñez, comparado con las que nacieron más adelante en la estación reproductiva. También destetaron terneros más pesados en su primer parto.

Ensayos han indicado que las vaquillonas que paren su primer ternero tempranamente en la estación reproductiva permanecerán en el rodeo por más tiempo (Cushman, 2013). La fecha de parto es el factor más importante que impacta en la ganancia de peso de los terneros al destete. En los rodeos con distribuciones de partos más concentrados, se espera que haya mayores pesos al destete, ya que los terneros serán destetados con más días de edad. También se verán otras ventajas subsecuentes como mejores porcentajes de preñez, menores porcentajes de reposición y mayor permanencia de esa vaca en el rodeo de cría (Funston y col., 2017). El uso de herramientas reproductivas es de gran ayuda para adelantar la fecha de parto en vacas nulíparas por lo que su utilización se considera pertinente para aumentar la productividad en un rodeo, dado su impacto en el número y peso de terneros.

Inseminación artificial

La inseminación artificial (IA) es una técnica que consiste en la deposición de semen por vía instrumental en el útero de una hembra antes de que ocurra la ovulación, Más específicamente, se debe introducir la mano en el recto de la hembra para poder fijar el cuello uterino y con la otra mano manipular una pipeta, introducida para atravesar el canal cervical y depositar el semen en el cuerpo del útero (Bó y col., 2016_b).

No fue hasta la segunda mitad de la década de 1930 que la inseminación artificial en bovinos comenzó paulatinamente a estar disponible comercialmente en algunos países de avanzada a partir de semen fresco; posteriormente hubo un gran salto a partir de la década del 50 con la posibilidad de usar semen congelado. Este gran avance permitió que un gran número de vientres sea servido con padres superiores a efectos de producir progenie con mayor valor económico (de Nava, 2013).

Inseminación a tiempo fijo

A partir del avance en la comprensión de la fisiología ovárica en rumiantes ocurrido en las últimas décadas ha sido posible el diseño de nuevas estrategias farmacológicas para controlar la reproducción de las hembras. De esta manera, hoy es posible sincronizar o inducir la ovulación de manera muy precisa, tanto en hembras que están ciclando como en aquellas que se encuentran en anestro (Menchaca y col., 2013a). La inseminación a tiempo fijo (IATF) es una tecnología reproductiva que consiste en sincronizar la ovulación y poder inseminar sin la necesidad de detección del estro, induciendo además la ciclicidad en vientres en anestro al utilizar herramientas farmacológicas. La utilización estratégica de la sincronización y/o inducción de la ovulación asociado a la IATF es un método muy eficaz también para concentrar los partos y aumentar los kilos de terneros destetados por las distintas categorías, independiente del mejoramiento genético de los terneros (de Nava y col., 2015a). Dentro de las biotecnologías reproductivas, la IATF es la que ha tenido un aumento más contundente en los países de la región, principalmente en Argentina, Brasil y Uruguay en los últimos 15 años (Menchaca y col., 2013a; Baruselli y col., 2015b). Esto sin duda se explica por las ventajas que trae esta técnica consigo cuando es aplicada de manera correcta y acompañada con buenos planos de nutrición y sanidad (Bó, 2012).

En base a evaluaciones genitales realizadas en 79.899 vaquillonas previo a la inseminación en Uruguay, de Nava (2015b) reportó que de 66,3% de las vaquillonas que se encontraba ciclando el primer día de la estación reproductiva un 28,8% se encontraban en anestro superficial, lo que resalta la importancia de los distintos aspectos nutricionales, genéticos, sanitarios y de manejo para que las hembras puedan llegar ciclando a la sincronización.

Existe una gran cantidad de reportes de protocolos de inseminación a tiempo fijo en el mundo. Un aspecto importante para la correcta elección del protocolo a aplicar es el conocimiento de la tasa ovulatoria, es decir, la cantidad de animales que ovulan del total de animales que fueron tratados (Bó, 2012). Según este autor, la elección de los distintos tratamientos a utilizar está influenciada por la disponibilidad de hormonas en determinados países, por ejemplo, los protocolos basados en estradiol son mayormente utilizados tanto en Sudamérica como en Australia, mientras que los que son en base a

GnRH (hormona liberadora de gonadotropina) son empleados en Norteamérica, Europa y Nueva Zelanda, donde el estradiol no está permitido (Bo y col., 2016b). Existen autores de la región que describen dos tipos de protocolos de IATF que se utilizan comúnmente en rodeos de carne: protocolos en base a GnRH y protocolos en base a estrógenos y progesterona (P4). Desde el punto de vista biológico, en ganado de carne se describe que el uso de estradiol y progesterona es más eficaz que la GnRH para sincronizar la emergencia de una onda folicular y por lo tanto es el tratamiento de elección para realizar una IATF (Bó, 2012). En nuestro país, desde hace muchos años, además de los protocolos que utilizan sales de estradiol para sincronizar la ovulación, se utiliza un protocolo que administra GnRH para sincronizar la ovulación (de Nava, 2013). Según de Nava y Rodríguez (2012), el protocolo que utiliza GnRH resulta en mejores tasas de preñez que el que utiliza BE para sincronizar la ovulación. Mencionado esto, podemos concluir que la elección del protocolo dependerá de muchos factores como la categoría de animales a utilizar, así como del estado de ciclicidad del rodeo, lo que debe ser evaluado previamente en todo protocolo de inseminación, descartando los vientres que no estarían en condiciones de responder al protocolo.

de Nava (2013) describe un *protocolo convencional* de IATF para vaquillonas carniceras ciclando. En este protocolo el manejo de las ondas foliculares para promover una nueva onda folicular se hace con Benzoato de Estradiol (BE) en el día 0 del tratamiento, conjuntamente con la inserción del dispositivo intravaginal de liberación lenta de progesterona. Esta fuente de progesterona evita la aparición de celos anticipados en animales ciclando, mejorando la sincronía de la ovulación y la fertilidad, y además provee una exposición corta a la progesterona. Al día 7 (PM), se retira el dispositivo de progesterona junto con la administración a todo el rodeo de prostaglandina (PGF2 α). La prostaglandina, o cloprostenol que suele ser utilizado comúnmente en nuestro país, controla la vida del cuerpo lúteo o del tejido luteal que se pueda formar luego de la eventual ovulación de un folículo dominante provocada por el BE administrado el día 0. Al día 9 por la mañana (a las 36 horas de retirado el dispositivo), se procede a la detección de celo por una o dos horas, dependiendo del tamaño del rodeo. El mismo día, por la tarde, se insemina a las vaquillonas detectadas en celo esa mañana, y al resto de esas vaquillonas que no manifestaron celo se les administra Acetato de buserelina. Esta

GnRH, administrada a las 48 horas del retiro del dispositivo, actúa sobre el hipotálamo estimulando un pico de LH que induce la ovulación para que el servicio realizado unos 10 a 16 horas después tenga mayores probabilidades de resultar en preñez.

de Nava (2013) también describe otro protocolo (*Protocolo alternativo de IATF para vaquillonas de razas carniceras ciclando*) que presenta variaciones con respecto al Protocolo convencional descrito previamente; éstas son las siguientes: la prostaglandina (Cloprostenol) junto con el retiro del dispositivo el día 7 se realiza por la mañana. El día 9, la diferencia con el protocolo previo es que, aparte de inseminar a celo visto por la tarde, se realiza también la IATF al resto del rodeo, junto con la administración de 8 ug de Acetato de Buserelina. Como ventaja de este protocolo alternativo, al asociar el servicio a la administración de GnRH, se ahorra el movimiento de animales hacia las mangas el día 10. Según este autor, en un mismo establecimiento donde se aplicó por dos años consecutivos tanto el protocolo convencional como el alternativo, se obtuvieron tasas de preñez a la IATF de 71,7% y 69,5%, respectivamente.

Si se comparan estos protocolos con los utilizados en la región, en Argentina los protocolos más difundidos son a base de sales de estradiol para sincronizar la ovulación, el tratamiento más comúnmente utilizado consiste en administrar al inicio del protocolo (día 0) 2 mg de BE por vía intramuscular (i.m.) junto con la inserción de un dispositivo intravaginal de P4, extrayéndolo el día 7 u 8 y aplicando PGF2 α asegurando la luteólisis, para 24 h después administrar 1 mg de BE y luego de 52 a 56 h de la remoción del dispositivo se procede a la IATF (Cutaia, 2006; Bó y col., 2012; Bó y col., 2016a). Como alternativa para reducir el número de veces que los animales pasan por la manga, estos autores describen la posibilidad de utilizar Cipionato de Estradiol (CPE) como inductor de la ovulación.

de Nava (2015b) reporta una tasa de preñez promedio de 61,0% obtenida en IATF con el protocolo convencional y alternativo en 142 programas con 29.922 de vaquillonas, resultados que pueden ser considerados superiores a los reportados por otros autores en la región. Según lo expuesto por Bó y col. (2016a) en Argentina, con la utilización de programas de IATF en vaquillonas en base a sales de estradiol, se obtienen preñeces promedio de 50%; de manera similar en Brasil, para dicha categoría se obtienen tasas

promedio de 41,4% (de Nava, 2013) ambos resultados considerados buenos a nivel de estos países.

Es importante contar con un calendario de actividades que contemplen todo lo necesario para que la implementación de los programas de IATF tenga la mayor eficiencia posible y se pueda mejorar la productividad de un rodeo de carne (Bó y col., 2012).

Uno de los elementos que supone una clara ventaja al utilizar la IATF es la posibilidad de concentrar las pariciones; en condiciones ideales, una proporción grande de las hembras queda preñada el primer día de la estación reproductiva. Esto resulta en un aumento de peso de los terneros al destete de los vientres sometidos a esta técnica, ya que al momento del destete tendrán más días de nacidos y, por consiguiente, mayor peso (Cushman y col., 2013; Cutaia, y col., 2003a; Bó y Cutaia, 2014). A consecuencia de esto se lograrán estaciones reproductivas más cortas con terneras más parejas y pesadas al destete, que llevan a mejorar la eficiencia de transformación de pasto en terneros en el caso de la cría, y a mejores índices reproductivos (de Nava, 2013). Según un ensayo llevado a cabo por de Nava y col. (2008), las vacas con cría al pie sometidas a IATF al inicio de la estación reproductiva destetaron posteriormente terneros que fueron 18,4 kg más pesados que los terneros del otro grupo, cuyas madres habían sido sometidas al manejo tradicional del establecimiento (monta natural), y 8 kg más pesados que sus congéneres, cuyas madres fueron sincronizadas pero sometidas a monta natural.

Es interesante que las ventajas de implementar un programa de IATF no solo pueden observarse a corto plazo, sino que también se logra un efecto positivo a largo plazo en los vientres que conciben tempranamente en los sucesivos programas de inseminación. Según un estudio llevado a cabo por French y col (2013) en vaquillonas Angus clasificadas según concibieron por IA o monta natural, los terneros nacidos de las hembras que concibieron por IA tuvieron mayor peso al destete (5 kg promedio), incluso destetaron más terneros durante su vida productiva, comparado con las vaquillonas nacidas por monta natural. Según este mismo estudio, el haber concebido por inseminación artificial permitió a las hembras destetar terneros más pesados y un mayor número de estos en toda su vida productiva, lo que equivale a 428 kg adicionales. Por otro lado, las vaquillonas nacidas en los primeros 21 días de la parición tuvieron un mayor

peso al destete, así como peso pre-servicio, y un alto porcentaje de ellas se encontraba ciclando el primer día de la estación reproductiva, lo que se tradujo en mayores porcentajes de preñez (Funston y col., 2012). Esta diferencia, traducida a kilogramos, ayuda a cuantificar las ventajas de la IATF como tecnología reproductiva lo que, sumado a la menor necesidad de toros, o al progreso genético que supone su aplicación, da base al fundamento de costo/beneficio para su consideración (de Nava, 2016). Incluso, la aplicación de un programa de IATF posibilita prescindir, ya sea parcial o totalmente, de la detección de celos, que es una limitante a efecto que los animales reciban servicio en programas de inseminación tradicionales (de Nava, 2013).

Lamb (2015), reporta que el uso sistemático de la IATF por varios años en un establecimiento mejora la tasa de preñez que se alcanza en estos programas. Un estudio llevado a cabo en Uruguay (de Nava, comunicación personal) (2018), encontró que la tasa de preñez a la IATF en un rodeo fue 8% superior para las vaquillonas concebidos por sus madres en un programa de IATF que aquellas cuyas madres habían concebido por monta natural, generalmente en el repaso del programa de sincronización. Este hallazgo puede aportar evidencia para ayudar a explicar el efecto de mejora en los resultados de la IATF en predios a medida que se aplica esta tecnología en años sucesivos.

En los casos donde se busca prescindir parcial o totalmente del repaso con toros, sumado a la necesidad de inseminar el mayor número de animales en un período relativamente corto de tiempo, llevó a desarrollar protocolos que permitan sincronizar el retorno del estro de los vientres que resultaron vacíos a la IATF (Cutaia y col., 2003_c).

La resincronización propiamente dicha es una tecnología que permite la realización de otra IATF en una hembra previamente inseminada (Baruselli y col., 2015_b). Esto se podría definir como una integración de tecnologías reproductivas que engloba un protocolo de sincronización efectivo, resincronización de los vientres previamente servidos, e IATF de aquellas vaquillonas diagnosticadas tempranamente como vacías mediante ultrasonografía (de Nava, 2016; Baruselli y Vieira, 2017). Estos autores afirman que el objetivo de esta técnica es aumentar el número de terneros nacidos de IA, eliminar la necesidad de determinar el estro, disminuir el número de toros para repaso, mejorar la

eficiencia reproductiva y productiva de los rodeos, y por último aumentar el número de terneros genéticamente superiores. Además de propiciar un período de parición lo más corto posible como recomiendan algunos autores (Rovira, 1966) a efectos de manejar de forma más eficiente el rodeo de cría.

Utilizando este tipo de tecnología se conservan las ventajas clásicas de la IATF, sumado a que reduce o elimina la necesidad de utilizar toros para repaso, y principalmente aumenta el número de terneros obtenidos de IA. (Baruselli y col., 2015a; Bó y col., 2016a). A pesar de las ventajas relacionadas con el uso de los programas de IATF tempranamente en la temporada reproductiva, el uso de toros de repaso para servir a los vientres no preñadas después de la primer IATF, algunos autores sostienen que no parecen ser suficientes para alcanzar los objetivos en los sistemas agropecuarios actuales (Baruselli y col., 2015a). Estos mismos autores afirman que uno de los problemas de las IATF seguidas por monta natural es la necesidad de un gran número de toros disponibles para servir el primer estro de retorno luego de la IATF, ya que una gran cantidad de hembras no preñadas entran en celo de forma bastante sincrónica. En consecuencia, la utilización de la resincronización elimina la necesidad de detección de celo, reduce la cantidad de toros requeridos y sobre todo aumenta la cantidad de terneros obtenidos mediante IATF, con las ventajas que esto conlleva. Se ha demostrado que la utilización de esta tecnología es capaz de aumentar la cantidad de terneros nacidos, logrando así incrementar la productividad del rodeo (Baruselli y col., 2015a) y de esta forma potenciar los resultados obtenidos mediante la aplicación de una IATF.

Existe en la bibliografía numerosos datos acerca de la utilización de dispositivos con progesterona, benzoato de estradiol o la combinación de ambos durante la fase luteal con el objetivo de que los retornos al estro luego de la IATF se produzcan en un período corto y determinado de tiempo (Cutaia y col., 2003b).

En Brasil, Baruselli y col. (2013) realizaron un ensayo en vaquillonas cebuínas donde se comparaba la utilización de BE vs GnRH en el primer día del protocolo de resincronización que comenzó antes del diagnóstico de gestación (22 días después de la primer IATF). Se observó una mayor tasa de preñez en el grupo de vaquillonas cíclicas re-sincronizadas con BE (49,2%), comparando con el grupo de vaquillonas en el cual se

utilizó la GnRH (37,2%). Estos datos son una evidencia de que la substitución de GnRH por el BE en el inicio de la sincronización a los 22 días luego de la primer IATF, sin diagnóstico previo de gestación, determina mejores valores de preñez.

Los programas de resincronización se pueden llevar a cabo realizando una ecografía a los 30 días de realizada la primer IATF, y aquí hay dos alternativas para tomar: a partir del diagnóstico se re-sincronizan las que resultan vacías, con una segunda IATF al día 40 o, de lo contrario, se inseminan las vacías en el día 32, en el caso en el que haya habido una resincronización previa de los ganados (día 22-23) (Cutaia y col., 2003c; Baruselli y col., 2015b; Baruselli y Vieira, 2017). Si existe un repaso con detección de celo de la IATF I (entre los días 17 y 24), entonces la ecografía se realiza en el día 54, con la IATF II llevada a cabo en el día 64 (de Nava, 2016).

Se ha propuesto un protocolo de resincronización en el cual todos los animales sometidos a la primera IATF, 22 días después de la primera IATF: Día 0 (1ª IATF), 22 días luego, sincronización con 1mg de BE, 8 días después se realiza diagnóstico de gestación por ultrasonografía y a los 2 días se realiza la 2ª IATF (Baruselli y col., 2015b).

Como ventaja del inicio de la resincronización antes del diagnóstico de preñez, Baruselli y col. (2015a) sostienen que aumenta el porcentaje de hembras preñadas en los primeros 32 días de la temporada de cría, y se adelanta 8 días la siguiente IATF, aunque esto incluye un costo adicional por razón de que se hace necesario volver a colocar los dispositivos intravaginales al 100% de las hembras del rodeo, preñadas y no preñadas. En cuanto a la resincronización en el momento del diagnóstico de gestación proporciona mayor flexibilidad, pudiendo variar del día 28 al 32 después de la primera IATF, de acuerdo con la rutina y disponibilidad del veterinario actuante; esto implica que solo se incurre en el gasto hormonal en aquellas hembras que resultan vacías a la ecografía, reduciendo los costos de resincronización. Otros autores brasileños indican que esta última es la más empleada a nivel comercial, debido a los menores costos al re-sincronizar menos animales. La elección del momento para el inicio del protocolo de resincronización va a depender de varios factores como el objetivo de producción de cada establecimiento, manejo de pasturas y lotes de ganado, mano de obra disponible,

del veterinario y de los trabajadores del establecimiento, y del monto de dinero dispuesto a invertir en dicha tecnología. (Baruselli y col., 2013).

En cuanto a los reportes de resultados, datos recabados en Brasil afirman que en un estudio donde se utilizó un significativo número de animales resincronizados (n=9.717) se verificó que un 56,1% de preñez se obtuvo en la primer IATF y un 49,3% en la segunda IATF (resincronización 30 días después, IATF previa), totalizando un 77,8% de preñez con dos IATF realizadas con intervalo de 40 días (Baruselli y col., 2015a).

En Argentina, Bó y col. (2016a) por su parte, obtuvieron en un ensayo resultados con los cuales afirman que es posible llegar a valores de 79% de preñez acumulada con dos IATF seriadas en vacas y vaquillonas de carne, siendo el porcentaje de preñez de la primera IATF 57% y de la segunda 51%.

En nuestro país, reportes indican que la resincronización aplicando dos programas de IATF en los primeros 32 días de la estación reproductiva permiten obtener tasas de preñez acumuladas entre 85% y 89,5%, tanto en vaquillonas como en vacas con cría al pie de predios comerciales de Uruguay (de Nava, comunicación personal) (2018).

Además de la mejora genética, la implementación de este tipo de programas de IATF seriadas genera un impacto productivo expresado por los kilogramos de terneros extra al momento del destete si se compara con aquellos terneros nacidos por monta natural (Bó y col., 2012; de Nava, 2015a). Otros trabajos reportan efectos similares (de Nava y col., 2008; 2016; Bó y Cutaia, 2014; Cushman y col., 2013). Adicionalmente, se ha reportado mayor concentración de las pariciones, mayores chances de alcanzar mejores tasas de preñez globales, control de algunas enfermedades venéreas y una mayor presencia del veterinario en el predio (de Nava, 2013).

En síntesis, el uso de IATF seriadas tiene la ventaja de que se puede adaptar a distintas situaciones de los establecimientos comerciales, y puede ser de mucha utilidad en establecimientos donde se venden los terneros al destete (Baruselli y col., 2015a), y sobre todo en establecimientos donde no sea posible la presencia física de toros o se busque prescindir de ellos.

Recuento de folículos antrales (RFA)

El tamaño de la reserva ovárica se puede predecir por ultrasonografía y se conoce como recuento de folículos antrales (RFA) (Summers y col., 2013; Mossa y col., 2012). El RFA tiene una asociación positiva con la fertilidad (Ireland y col., 2008; Evans y col., 2012; Cushman y col., 2013; 2016; Summers y col., 2013; McNeel y Cushman, 2014; Silva-Santos y col., 2013; Morotti y col., 2015). Hay evidencia que sugiere que existe una asociación favorable entre el recuento folicular y la fecha de parto en vaquillonas (McNeel y Cushman, 2014). Adicionalmente, algunos autores sugieren que el número total de folículos en los ovarios podría alterar la respuesta a protocolos de sincronización hormonal. Mossa y col. (2012) reportaron una tendencia en vacas con bajo recuento folicular de tener un aumentado número de servicios preconcepción y bajos índices de preñez en sistemas de producción estacionales. A su vez, estos autores asumen que el RFA podría ser un confiable predictor del tamaño de la reserva ovárica (número total de folículos sanos y oocitos en los ovarios) y que está favorablemente asociado con el tamaño y funcionalidad del ovario. Dadas las coincidencias entre estos estudios, se puede llegar a establecer que el bajo RFA podría estar asociado con un bajo porcentaje de concepción y, en sistemas de producción estacionales, este retraso en la concepción en el lapso de algunos años puede llevar a una disminución en los porcentajes de preñez generales, y no solamente en un retraso en la concepción (Mousel y col., 2014). Por lo tanto, el uso del RFA como fenotipo pre-servicio en vaquillonas puede proporcionar una utilidad adicional al score del tracto reproductivo (Anderson y col., 1991), por su asociación a la fecha de parto que tendrán esos animales (McNeel y Cushman, 2014).

A pesar de la considerable variación en el recuento folicular entre hembras bovinas, el número de folículos antrales observados en el mismo animal es altamente repetible a lo largo de varias observaciones (Mossa y col., 2012). Estudios llevados a cabo por Silva y Santos y col. (2013) también reportaron que el recuento folicular es un parámetro con una gran variabilidad entre vacas, pero con una repetibilidad consistente a lo largo de la vida del mismo animal. Esta reproductibilidad del RFA en el mismo individuo se ha convertido en un recurso estratégico para clasificar animales según el número de folículos antrales, a partir de una simple evaluación ultrasonográfica (Morotti y col., 2017). Basado en estas características, las hembras podrían ser clasificadas en bajo, medio o

alto RFA de acuerdo con el número de folículos antrales visualizados por ultrasonografía (Silva y Santos y col., 2013). Autores como Sanderson y col. (2017) quienes trabajaron con vaquillonas Angus de pedigrí en Nueva Zelandia, obteniendo una asociación favorable entre RFA y fertilidad, sostienen que el RFA, al ser una medida constante, podría ser un predictor de la performance reproductiva, por lo que podría utilizarse como una herramienta de reproducción estándar para seleccionar vaquillonas de mayor fertilidad a partir del año de edad.

Según señalan Cushman y McNeel (2014), existe una relación inversa entre el número de folículos antrales y la fecha de parto, lo que indica que a medida que el recuento folicular aumenta, la preñez es más temprana en la estación reproductiva. Estos autores indican que por cada día adicional en la fecha de parto, se encontró una disminución de 0,12 en el número de folículos antrales detectados por ultrasonografía en la examinación pre-servicio. Según el mismo estudio, con respecto a la ganancia de kilos, el peso de los terneros nacidos dentro de los primeros 32 días de la estación reproductiva fue mayor comparado a los que nacieron más tarde en la misma estación reproductiva. Asimismo, hubo una tendencia a tener una menor edad a la pubertad en las hembras en las hijas de las vaquillonas que parieron en los primeros 32 días de la estación reproductiva. Un tercer hallazgo positivo en este ensayo fue que en este grupo de vaquillonas que se preñaron tempranamente, se encontraron recuentos de folículos antrales significativamente mayores, comparado con las demás vaquillonas del ensayo (Cushman y McNeel, 2014). En otro estudio realizado por Cushman y col. (2013) se descubrió que en las vacas repetidoras que fallaron en concebir en dos estaciones reproductivas consecutivas, al sacrificio poseían bajo recuento folicular. Incluso, se descubrió que habrían parido tardíamente en la estación reproductiva precedente.

Al nacimiento, los ovarios de las vaquillonas contienen desde 10.000 a 350.000 folículos sanos, y el número decrece aproximadamente un 20% en el primer año de vida (Summers y col., 2013). La variación en la reserva ovárica está reflejada en el número de folículos antrales en los ovarios luego del nacimiento; lo que explica que las vacas con menor reserva ovárica van a vaciar su reserva más tempranamente y, como resultado, podrían ser removidas antes del rodeo de cría (Cushman y col., 2013).

Se han descrito otras ventajas en cuanto al RFA; como ejemplo de ello podemos mencionar su asociación positiva con la producción de progesterona. La producción de progesterona por el cuerpo lúteo es necesaria para el mantenimiento de un ambiente uterino apropiado, habilitar el desarrollo embrionario y mantener la preñez en animales domésticos (Bazer y col., 2010; citado por Morotti y col., 2017). Consecuentemente, las bajas concentraciones de progesterona están asociadas a problemas reproductivos, como mortalidad embrionaria y menor desarrollo del endometrio en las hembras (Inskeep, 2004). Es interesante el hallazgo que, según estudios llevados a cabo por Martínez y col. (2016, citado por Morotti y col., 2017), se encontró que el número de folículos en el ovario estaba asociado a las concentraciones de progesterona; esto mismo fue demostrado previamente mediante estudios por Ireland y col. (2011) y Evans y col. (2012). Según un estudio nacional llevado a cabo en vaquillonas Bradford por Viñoles y col (2018), las vaquillonas con bajo RFA obtuvieron bajas concentraciones de progesterona en el día 10 del ciclo, en comparación con los grupos de medio y alto RFA. Estos autores reportaron mayores concentraciones plasmáticas de progesterona en ganado *Bos Taurus* con alto RFA, comparado con las de bajo recuento. Esta reducida concentración de progesterona se asoció a una baja capacidad de células luteales y células de la granulosa a producir progesterona.

Debido a que el recuento folicular está determinado durante la gestación, el rol de la nutrición maternal y la salud durante la gestación también son factores muy importantes en el desarrollo de la reserva folicular de su progenie (Silva y Santos y col., 2013). Reportes de estos autores indican que la dieta maternal puede influenciar en la reserva folicular sin afectar el peso al nacer en las vaquillonas. En el ganado sufriendo restricción nutricional en el primer trimestre de la gestación, el número de folículos antrales del feto se puede reducir hasta un 60%, aunque el peso del ternero al nacer no se vea afectado. También describieron que los bajos niveles de hormonas gonadotrópicas pueden resultar en una reducción en el número de folículos y un retraso en el desarrollo ovárico fetal. Asimismo, los bajos niveles de concentración de la hormona anti-mulleriana, son indicativos de una disminución del tamaño de las reservas ováricas, y reducción en la eficiencia reproductiva (Silva-Santos y col., 2013). Siguiendo la misma línea de investigación, autores como Cushman y col. (2014) reportaron que la sobrealimentación

del ganado durante el último trimestre de la gestación incrementa la proporción de hijas que concebirán dentro de los primeros 21 días en su primera estación reproductiva, dado por algún mecanismo que hasta el momento no está claro, pero que probablemente no involucre cambios en la reserva ovárica o la edad a la pubertad.

La heredabilidad del RFA de un animal individual ha sido calculada en un rango de 0,25-0,30 (Walsh y col., 2014), lo que se considera una heredabilidad media, por lo que se sugiere que podría utilizarse como predictor de los caracteres ya mencionados. A modo de ejemplo, el RFA podría utilizarse como herramienta genética: si existiera un DEP (Diferencia Esperada de Progenie) para RFA tal como existe para circunferencia escrotal (CE) o días al parto (DP), ya que este último tiene baja heredabilidad y la CE es tan solo una medida indirecta de la edad a la pubertad de sus hijas (Sanderson y col., 2017). Esta herramienta podría ser utilizada por criadores a la hora de contemplar un programa de IATF en un rodeo revisando los ovarios, previo a la sincronización, para excluir las hembras de bajo recuento. De esta manera, se podría ahorrar en el costo de semen y hormonas en las candidatas con menores probabilidades de quedar preñadas a la IATF si una asociación entre tasa de preñez en este servicio y RFA es confirmada.

La hormona antimulleriana (HAM) es sintetizada por las células de la granulosa en los folículos antrales y pre-antrales (Cate y col., 1986; citado por Morotti y col., 2017). La concentración de esta hormona en sangre está altamente correlacionada con el recuento folicular. Las hembras clasificadas con alto recuento mostraron una mayor concentración de HAM comparadas con las de bajo recuento (Ireland y col., 2008). De esta forma, la HAM puede ser considerada un biomarcador endocrino de la población folicular tanto en ganado *Bos Taurus* como en *Bos indicus*. (Batista y col., 2014; citado por Morotti y col., 2017). La significativa ventaja de utilizar el RFA ante la medición de la concentración de hormona antimulleriana es que este primer método consiste en una sola evaluación ecográfica, lo que resulta más fácil e incluso económico, que determinar mediante examen sanguíneo la concentración de la HAM (Morotti y col., 2017). Además, las concentraciones de HAM varían mínimamente durante los ciclos estrales en ganado de carne y leche (Silva-Santos y col., 2013), por lo que indicaría que no es un método tan confiable como el RFA.

Según demuestran estudios de años recientes citados por Cushman (2013), el bajo recuento de folículos antrales en ganado ha sido asociado a otras características más allá de la baja fertilidad como ovarios más pequeños, bajo recuento de oocitos en los ovarios (Ireland y col., 2008), reducida respuesta a la superovulación (Singh y col., 2004), reducido espesor endometrial del día 0 al 6 del ciclo estral y calidad disminuida de los ovocitos (Silva y Santos y col., 2013). De acuerdo con estos autores, muchas características que afectan la fertilidad han sido relacionadas al número de folículos en los ovarios, sin embargo, es importante enfatizar que esta correlación positiva entre el RFA y la fertilidad sólo ha sido descrita en *Bos taurus* (Morotti y col., 2017). El *Bos indicus* suele tener de 3 a 4 veces mayor número de ovocitos que el *Bos taurus*, por motivos que aún no están explicados (Silva-Santos y col., 2013). Estos autores sostienen que no existen diferencias en el número de folículos pre-antrales en los ovarios de los fetos entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, por lo que se sugiere que el total de la reserva folicular no sería motivo de la diferencia en el rendimiento de ovocitos.

Cushman y col. (2013) también afirman que la ultrasonografía pre-servicio para determinar el conteo de folículos antrales es un buen indicador de la fertilidad para elegir vaquillonas de reposición. Como principales ventajas del recuento de folículos antrales, destacamos que permitiría identificar los vientres más fértiles; se podrían refugar tempranamente animales que van a tener una menor performance reproductiva en su vida; ayudando en el programa de mejoramiento genético para la cría, tanto en programas de inseminación como de transferencia de embriones. Además, se ha encontrado evidencia según estudios experimentales de la correlación entre el alto RFA y mayor peso uterino, mayor diámetro del cuerno uterino, mayor concentración de proteínas en el útero y mejor competencia de oocitos (McNeel y col., 2014). Todo esto indica una estrecha asociación entre la reserva ovárica y los caracteres asociados a la reproducción.

Los ensayos experimentales llevados a cabo en Uruguay con RFA asociados a tasas de preñez no son concluyentes. Cunha y col. (2016) estudiaron, en vaquillonas Hereford, Angus y sus cruza, el efecto del recuento de folículos antrales en el resultado de un programa de inseminación a tiempo fijo. Los resultados revelaron que el RFA afectó la

tendencia a preñarse en la IATF, con tasas de preñez de 58,2%, 66,6% y 68,8%, para los tercios inferior, medio y superior en recuento de folículos, respectivamente.

Otro estudio llevado a cabo en el departamento de Salto por de Nava (2015, comunicación personal) en vaquillonas Polled Hereford, que provenían de un programa de selección por fertilidad de más de dos décadas de selección, no encontró una asociación entre el RFA y la performance reproductiva de vaquillonas ciclando. En este relevamiento, el autor encontró una tendencia a que las vaquillonas que fueron concebidas por IATF tendieran a tener una mejor tasa de preñez en el programa de IATF, que aquellas concebidas por monta natural, independientemente del RFA.

Un tercer ensayo realizado por Viñoles y col. (2018) llevado a cabo en INIA Tacuarembó en vaquillonas razas Hereford y Bradford, reveló que en ambas razas, las evaluaciones post-destete no mostraron asociación entre el RFA y variables reproductivas (edad a la pubertad, edad a la concepción y preñez general); sin embargo, en las Bradford hallaron que las vaquillonas con alto RFA obtuvieron mayor crecimiento y desarrollo desde el destete a entore, lo que contribuyó a una menor edad a la pubertad. Otro interesante hallazgo dentro de este estudio fue que las vaquillonas con bajo recuento folicular tuvieron un menor crecimiento y alcanzaron la pubertad tardíamente, en comparación con aquellas de alto y medio RFA. En las vaquillonas con bajo RFA, se encontraron bajas concentraciones de progesterona al día 10 del ciclo estral, comparada con aquellas de alto y medio recuento, lo que podría contribuir al crecimiento del embrión y mejor reconocimiento maternal de la gestación. Este grupo de vaquillonas de alto RFA también tuvieron mayor diámetro uterino y mayor contenido de proteínas uterinas, lo que indica la existencia de un ambiente uterino más propicio para el desarrollo embrionario y esto podría explicar la concepción temprana.

Todos estos hallazgos no concluyentes sobre el RFA y su posible asociación con el comportamiento reproductivo de vaquillonas en Uruguay determinan que más trabajos de investigación sean necesarios para contribuir a elucidar el tema en nuestros ambientes productivos.

HIPÓTESIS

- Las vaquillonas que poseen mayor recuento de folículos antrales tienen una mejor tasa de preñez en programas de IATF.
- Las vaquillonas producto de IATF se preñan con mayor facilidad ante una IATF frente a las vaquillonas producto de monta natural, bajo las mismas condiciones.

OBJETIVOS

Clasificar, a partir del recuento de folículos antrales, a las vaquillonas según categorías (alto/medio/bajo) y asociarlo al porcentaje de preñez luego de una o dos IATF.

Comparar el resultado de la IATF en vaquillonas producto de IATF o MN.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en un establecimiento comercial, “Estancia Barracas”, propiedad de la firma Ganadera Barracas SA, ubicado sobre la Ruta 6, kilómetro 299 en Caraguatá, departamento de Tacuarembó, paraje Cuchilla de Pereira, seccional policial 15ta. Se utilizó un total de 589 vaquillonas de razas Hereford, Aberdeen Angus y Red Angus entre 18 y 24 meses de edad, con un peso promedio de 314,5 kg. Se seleccionaron las vaquillonas cíclicas, de un total de 914 hembras nulíparas, habiendo sido sometidas previamente a tacto rectal para clasificarlas como tal. A estas vaquillonas seleccionadas como ciclando, tomando en cuenta el score de Anderson y col. (1991), se les realizó el recuento folicular en ambos ovarios, considerando folículos mayores a 3 mm mediante ecografía transrectal (día -40). El ecógrafo utilizado fue un Imago (*Agroscan*) y la sonda utilizada fue de 5 Mega Hertz. Los umbrales de RFA para clasificar en Alto, Medio o Bajo RFA, será de acuerdo con la obtención de un número balanceado de animales en cada grupo a los efectos del análisis estadístico.

Las instalaciones fueron las adecuadas para el manejo de los animales incluyendo tubo, cepo, corrales, huevo. Todos los procedimientos, incluyendo los inyectables, aplicación de dispositivos intravaginales y ecografías útero-ováricas fueron aprobados por la Comisión de Ética en el uso de Animales (CEUA), avalada por la Comisión Nacional de Experimentación Animal.

Las vaquillonas seleccionadas fueron incorporadas a un protocolo de IATF convencional de 10 días (*Protocolo convencional en vaquillonas en condiciones comerciales*, de Nava, 2013). El Día -10 se colocaron los dispositivos intravaginales monouso de 750 mg de Progesterona natural (*Dispoce*®. Von Franken. Laboratorio Fatro), y se les administró 1,5 mg de benzoato de estradiol (*Benzoato de Estradiol*® Von Franken. Laboratorio Fatro) i/m. Al Día -3 PM se retiraron los dispositivos intravaginales y se administró intramuscularmente 150 mg de Cloprostenol (*Ciclar*®. Laboratorio Zoovet.). A las 36 hs (Día -1) se detectó celo temprano por la mañana durante 2 horas y por la tarde se procedió a la inseminación de esas vaquillonas vistas en celo y a la administración de 8 µg de Acetato de Buserelina (*Buserelina*®. Laboratorio Zoovet) i/m al resto de las vaquillonas; con el objetivo de inseminarlas a tiempo fijo a la mañana siguiente (Día 0).

La Inseminación se realizó por un solo técnico, con semen de buena calidad de dos toros por raza.

Al Día 23 por la mañana, se realizó la resincronización al total de las vaquillonas (n=589), colocándoles nuevamente un dispositivo intravaginal de Progesterona (*Prociclar*. Zoovet. 750 mg) e inyectando 1 mg de BE (*Benzoato de estradiol Von Franken*. Fatro) i/m.

Al Día 30 AM, se retiraron los dispositivos al total de vaquillonas y se realizó el diagnóstico de preñez mediante ecografía transrectal a las vaquillonas inseminadas en la primera IATF; se inyectó 150 mg de Cloprostenol (*Ciclar*. Zoovet) i/m a los vientres vacíos. Al Día 32 PM (56 hs después del retiro de dispositivos), se procedió a inseminar las que resultaron vacías (según *protocolo alternativo*; de Nava. 2013), coincidiendo con la administración de 8 µg de Acetato de Buserelina (*Buserelina*. Zoovet).

Al Día 62 (30 días después de la IATF II) se realiza el diagnóstico de preñez mediante ultrasonografía transrectal de las vaquillonas de la IATF II, asociando posteriormente el porcentaje de preñadas al recuento folicular de las mismas. Mas adelante, durante la parición, se registraron aquellas vaquillonas que no parieron por haber interrumpido la gestación.

Tabla 1: Cronograma del trabajo.

DIA	AM	PM
-40	Recuento actividad ovárica vaq IATF y MN	
-10	Colocación dispositivos P4 + 1,5 mg BE	
-3		Retiro dispositivos + 150 mg PG
-1	Detección de celo	IA + 8 µg GnRH al resto
0	IATF al resto	
23	Colocación dispositivos P4 + 1 mg BE	
30	Retiro dispositivos y ecografías IATF I + 150 mg PG a vacías	
32		IATF II a vacías + 8 µg GnRH

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron por el método GLM de SAS utilizando la preñez a la IATF o primer servicio como variable independiente y conteo folicular Bajo (≤ 16), Medio (17-22) y Alto (≥ 23), origen (Monta natural/IATF) y tipo de IA (a tiempo fijo/celo detectado) como variables dependientes y la interacción entre los dos últimos; así como la interacción entre conteo folicular y tipo de IA. El porcentaje de preñez se analizó también por Chi cuadrado y Regresión Logística. Se considero menor a 5% el nivel de significancia.

RESULTADOS

El recuento folicular promedio para todas las vaquillonas fue de $19,7 \pm 0,2$ (\pm e.e.m), con un rango de 9 a 41. La caracterización del recuento folicular de la población de este ensayo se presenta en el Cuadro 1, considerándose el recuento folicular Bajo ≤ 16 ; Medio de 17 a 22 y Alto ≥ 23 folículos. No se encontraron diferencias entre razas en el recuento de folículos.

Tabla 2: Caracterización de las características del recuento folicular en la población, según raza.

RAZA	AA	RA	HE	TOTAL
N	380	126	82	589
PROMEDIO RFA	20,2	19,0	18,2	19,7
ERROR ESTÁNDAR	4,7	3,9	3,2	4,4
MODA	16	16	19	16
MEDIANA	20	19	18	19
DESVÍO ESTÁNDAR	5,7	4,9	4,2	5,5
RANGO MIN.	9	10	11	9
RANGO MÁX.	40	41	30	41

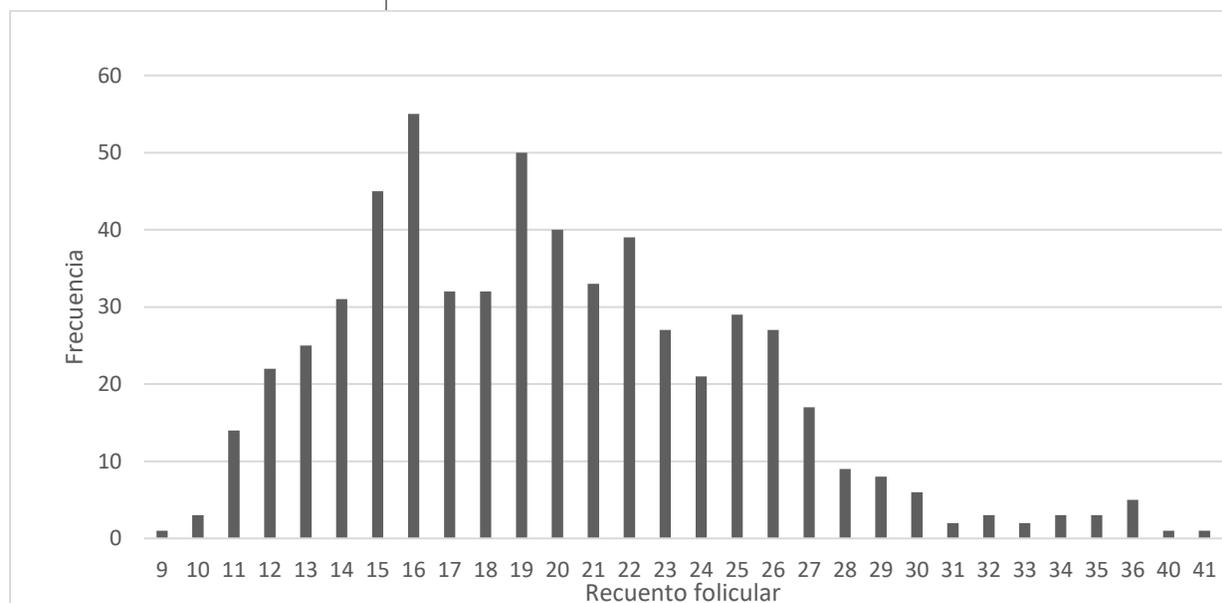


Figura 1: Histograma de distribución del RFA en la población (n=589).

En la Figura 1 se muestra la distribución del RFA en la población. El porcentaje de preñez acumulada luego de dos IATF seriadas fue de 86,6%. El recuento de folículos antrales afectó los resultados de la primer IATF y de la tasa de preñez acumulada, pero no la tasa de preñez en la segunda IATF. El Cuadro 2 muestra que las vaquillonas con RFA Medio obtuvieron mejores porcentajes de preñez a la primera IATF y de preñez acumulada que aquellas en el grupo de RFA Alto ($P < 0,05$). No se registraron diferencias en el comportamiento reproductivo entre las vaquillonas con RFA Medio y RFA Bajo, ni entre éstas y las de RFA Alto ($P < 0,05$). De manera que las vaquillonas con alto RFA no fueron las de mejor comportamiento reproductivo en la IATF seriada.

Tabla 3: Efecto del Recuento de folículos antrales sobre el porcentaje de preñez de vaquillonas sometidas a dos IATF seriadas ($P < 0,05$)

	RFA BAJO	RFA MEDIO	RFA ALTO	TOTAL
IATF I	72,2 ± 3,4 ^{ab}	75,7 ± 3,4 ^b	64,5 ± 3,9 ^a	70,8 ± 4,5
IATF II	52,0 ± 6,7 ^a	60,2 ± 6,3 ^a	51,3 ± 6,5 ^a	54,1 ± 5,0
%PREÑEZ ACUM	86,3 ± 2,4 ^{ab}	90,3 ± 2,3 ^b	82,1 ± 2,7 ^a	86,6 ± 3,4

Nota: ^{ab}. Promedios con superíndices en común no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Se encontraron más de 11 y más de 8 puntos porcentuales de preñez en la primera IATF y en la preñez acumulada, respectivamente, a favor de las vaquillonas en el grupo de RFA Medio en comparación con las de RFA Alto (ver Cuadro 2).

La tasa de preñez en la IATF II fue más baja que en la IATF I y no fue afectada por el RFA.

No se encontraron diferencias en el porcentaje de preñez a la IATF I según el origen de las vaquillonas (72,7% y 69,5%, para MN y IATF, respectivamente, $P > 0,05$). Tampoco se encontraron diferencias en el porcentaje de preñez en la IATF II (53,1% y 60,0% para MN e IATF) o en la preñez acumulada (85,9% y 89,3% para MN e IATF) en relación con el origen de las vaquillonas.

La tasa de celo anticipado en la IATF I en que se usó el protocolo convencional fue de 40,74%. Este celo anticipado y su tasa de concepción no fue afectado ni por el RFA ni por el origen de las vaquillonas.

Un 9,3% de las vaquillonas interrumpieron la gestación y no parieron. Estas pérdidas fueron de 7,2%; 9,7% y 10,7% para los grupos con RFA Altos, Medios y Bajos, respectivamente ($P=0,16$).

DISCUSIÓN

La cantidad promedio de RFA encontrada en nuestro ensayo coincide con los reportes nacionales anteriormente publicados (de Nava, 2015b; Cunha y col. 2016; Viñoles y col. 2018); si bien no se establecieron necesariamente las mismas clasificaciones de recuento folicular en los distintos trabajos.

Los porcentajes de preñez obtenidos en este ensayo variaron según el recuento folicular en las vaquillonas, al encontrarse un mayor porcentaje de preñez para el grupo de vaquillonas con RFA Medio en relación con aquellas en el grupo de RFA Alto.

Viñoles y col. (2018), trabajando con vaquillonas de razas Hereford y Bradford en INIA Tacuarembó, reportaron que para ambas razas no se encontró asociación entre el RFA y variables reproductivas como tasa de preñez en monta natural. Por su parte, de Nava (2015b), en el departamento de Salto, trabajó con vaquillonas Polled Hereford que provenían de un rodeo con un programa de selección por fertilidad de más de dos décadas de selección; no pudiendo hallar una correlación entre el RFA y la performance reproductiva de vaquillonas ciclando. Este autor reportó tasas de preñez en un programa de IATF de 73,3%, 72,3% y 71,7% para los grupos de bajo, medio y alto recuento, respectivamente.

Sin embargo, en otros trabajos llevados a cabo en el país sí se ha encontrado asociación entre el RFA y el porcentaje de preñez a la IATF.

Cunha y col. (2016) obtuvieron mejores índices de preñez en vaquillonas con alto RFA (58,2%, 66,6% y 68,8%, para los tercios inferior, medio y superior en recuento de folículos, respectivamente).

La otra hipótesis evaluada en el ensayo fue la relación entre el origen de las vaquillonas y su comportamiento reproductivo, donde no se pudo demostrar un efecto, observándose el mismo porcentaje de preñez a la IATF para las vaquillonas que nacieron por IATF que en aquellas nacidas por monta natural. Esto se contrapone con los hallazgos de de Nava (2015b) en el departamento de Salto, quien encontró que las vaquillonas que fueron concebidas por IATF tendieron a tener una mayor tasa de preñez en un programa de IATF que aquellas concebidas por monta natural (75,9% vs 68,6%).

Por su parte, tampoco hubo diferencias significativas en el origen (IATF vs MN) con respecto a la tasa de celo a la primer IATF.

Si bien este no fue un objetivo prioritario en el ensayo experimental, se analizó la asociación entre el RFA y el porcentaje de pérdidas gestacionales, encontrándose una tendencia a una asociación negativa entre el porcentaje de pérdidas de gestación y el recuento folicular. Esto podría estar explicado por una mayor concentración de progesterona en vientres con alto RFA. Este hecho es coincidente con varios autores (Ireland y col., 2008; Evans y col., 2012; Jimenez-Krassel y col., 2009; McNeel y Cushman, 2014; Morotti y col., 2017). Resultados obtenidos en nuestro país por Viñoles y col. (2018), demostraron que las vaquillonas de bajo RFA poseían menores concentraciones de progesterona en el día 10 del ciclo estral, comparado con las vaquillonas de alto y medio RFA.

Existen muchos reportes que asocian RFA favorablemente con tasa de preñez (Mossa y col., 2012; Cushman y col., 2013; McNeel y col., 2014). Sin embargo, hay también hallazgos que asocian RFA con tasa de preñez en el sentido inverso. Un estudio llevado a cabo recientemente por Oliveira y col. (2017) en vaquillonas Nelore en rodeos comerciales de Brasil reporta una asociación inversa entre el RFA y el porcentaje de preñez a la IATF en esta categoría, describiendo una correlación de -0,21 entre preñez de vaquillonas y recuento de folículos antrales. Por otro lado, Morotti y col. (2016) trabajaron también con vaquillonas Nelore, no encontrando una asociación positiva entre alto RFA y porcentaje de concepción a la IATF (51,9%, 48,6% y 58,6% para alto, medio y bajo RFA, respectivamente); pero sí una asociación positiva entre éste y la producción de embriones. El número de embriones viables fue de 18,4 en donantes con alto RFA y 6,1 en donantes con bajo RFA.

Un estudio llevado a cabo en Estados Unidos por Summers y col. (2013) en vaquillonas Red Angus, intentó demostrar la relación entre el recuento folicular y el peso al nacer, características del tracto reproductivo y performance al primer parto. Según describieron los autores, el score genital, proporción de vacas con cuerpo lúteo presente al recuento de folículos antrales y porcentaje de preñez a la inseminación a celo visto no variaron según el score de recuento folicular. Lo que si tendió a ser mayor (9%) en vaquillonas

con alto RFA fue el porcentaje de preñez general (IA + repaso con toros). Los terneros de vaquillonas con alto recuento fueron más pesados al nacer (3,18 kg) en comparación con los hijos de vaquillonas de mediano y bajo recuento. El bajo peso al nacer en vaquillonas con bajo recuento folicular, así como en su progenie sostiene una posible conexión entre el crecimiento, desarrollo y establecimiento de la reserva ovárica. No estaba dentro de los objetivos de nuestro trabajo, por lo que no se determinó el posible efecto del RFA en el peso de los terneros destetados por las vaquillonas pertenecientes a los diferentes grupos.

Sanderson y col. (2017) trabajaron con vaquillonas Angus de pedigrí en diferentes rodeos a lo largo de Nueva Zelanda, encontrando efectivamente una relación directa entre RFA y tasa de preñez a la IATF. Estos autores sostienen que las hembras con alto recuento folicular tuvieron un mayor porcentaje de preñez que las de bajo y medio recuento: 81%, 74% y 57% para los grupos de alto, medio y bajo RFA, respectivamente. También concluyeron que las vaquillonas con mayor reserva folicular obtuvieron mayores tasas de parición y también tendieron a parir antes debido a una mayor tasa de concepción a la primer IATF. Este hallazgo también fue reportado por Cushman y col. (2013), quienes demostraron que las vacas que fallaron en concebir durante dos estaciones reproductivas consecutivas fueron las que nacieron tardíamente en la temporada reproductiva; y en éstas, se descubrió en el momento de su faena que poseían un bajo recuento folicular.

Según estudios recientes de Morotti y col. (2017) la asociación positiva entre el RFA y la fertilidad no ha sido demostrada en vacas *Bos indicus*. Si bien es sabido que esta subespecie posee mayor recuento folicular que las *Bos taurus*, existen estudios que, si bien han descrito la asociación entre el RFA y eficiencia reproductiva en estas últimas, no lograron hacerlo en vaquillonas Cebú. De lo contrario, estudios de estos autores (datos sin publicar) han descrito en *Bos indicus* una asociación controversial entre estos parámetros, hallando un mayor diámetro folicular y mayor porcentaje de preñez en vaquillonas Nelore con bajo recuento folicular comparado con las de alto recuento (51,9%, 48,6% y 58,6% para alto, medio y bajo RFA, respectivamente). Un mayor diámetro del folículo ovulatorio ha sido asociado con mayores índices de preñez a la

inseminación, por lo que este aspecto refuerza la hipótesis que los vientres con bajo RFA podrían presentar mayores índices de preñez.

Cuando vaquillonas con bajo recuento folicular reciben una estimulación por una gonadotropina, es de esperar que cada folículo reciba una mayor cantidad de FSH a la emergencia de una nueva onda folicular (Morotti y col., 2017). Controversialmente, esas hembras con alto recuento folicular contarían con más folículos para “compartir” la misma cantidad de gonadotropinas. Luego de comparar el diámetro del folículo ovulatorio, muchos artículos describen mejores índices de preñez en vacas de moderado a alto diámetro del folículo preovulatorio, comparado con hembras de bajo diámetro folicular a la ovulación (Sá Filho y col., 2010). De esta manera, los mejores índices de preñez en vientres con bajo recuento folicular comparadas con las de alto recuento podría explicarse porque esas vacas con bajo recuento podrían tener un mayor diámetro del folículo ovulatorio (Morotti y col., 2017). Las hembras *Bos indicus* tienden a presentar ciclos estrales más cortos y con un mayor número de ondas foliculares por ciclo, lo que lleva a folículos preovulatorios de menor diámetro y consecuentemente, menores tasas de concepción, al ser comparados con hembras británicas (Bó y col., 2003).

Uno de los mayores problemas en las referencias existentes en cuanto a recuento folicular es la significativa variación en el criterio de evaluación utilizado para establecer las categorías de bajo, intermedio o alto recuento folicular; haciendo aún más difícil comparar los hallazgos (Morotti y col., 2015). Como ejemplo de esto, una categoría intermedia hallada en determinada publicación podría ser considerada baja o incluso alta para otra publicación. Y esto es aún más controversial entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, dado que estas últimas presentan desde dos, tres o hasta cuatro veces mayor recuento folicular que las hembras *Bos taurus*. Por consiguiente, no sería sorprendente que las diferencias en la foliculogénesis entre especies o subespecies de ganado domestico podría incluso afectar como está asociado el RFA con los parámetros reproductivos (Morotti y col., 2017). Esto sucede incluso al comparar ensayos nacionales con internacionales, en los cuales se suele encontrar un promedio de recuento folicular más alto que los hallados hasta el momento en Uruguay.

Otro punto controversial es el intervalo entre las categorías de RFA. Hay artículos consideran puntos de corte específicos de un folículo para distinguir entre una categoría y otra (por ejemplo, un grupo de bajo recuento sería <15 , mientras que un intermedio sería ≥ 15). Sería conveniente conservar un intervalo cercano, ya que es altamente probable, al ser el RFA una medida arbitraria, que pueda haber faltado un folículo en la evaluación ultrasonográfica. Al ser el RFA una medida subjetiva, cabría plantearse si esta variabilidad podría haber influenciado en los resultados de nuestro ensayo, aun cuando el RFA fue realizado por un técnico experimentado.

Es interesante notar que, en este ensayo, se utilizaron vaquillonas provenientes de un programa de selección por fertilidad de más de 20 años, lo que coincide con el grupo de vaquillonas utilizadas en el reporte de de Nava (2015_b). Curiosamente, las vaquillonas utilizadas en el ensayo de Cunha y col. (2016), quienes hallaron cierta asociación entre el RFA y porcentaje de preñez a la IATF, no fueron seleccionadas por fertilidad. Esto lleva a plantear si la asociación entre el RFA y el porcentaje de preñez podría depender de la población de vaquillonas con las que se trabaje y del programa de selección con las que fueron producidas.

Otra variable que pudo haber afectado los resultados es el estatus fisiológico de las vaquillonas utilizadas. En nuestro ensayo, se tomaron solo aquellas vaquillonas que estaban ciclando al momento de la revisión genital previa al programa de IATF, buscando asociar RFA con el resultado de dos IATF seriadas. Los resultados podrían eventualmente haber variado si se tomaba toda la población de vaquillonas, independientemente si estaban ciclando o en anestro en la revisión genital previa. También podrían haber variado los resultados si se utilizaba monta natural en un período de entre de dos o tres meses, en lugar de dos IATFs seriadas, como el caso de nuestro ensayo. Por todo esto, sería conveniente continuar estudiando la asociación entre RFA y fertilidad en vaquillonas en nuestros ambientes, estudiando sus efectos, tanto en programas de inseminación artificial como en servicios con monta natural, abarcando estaciones reproductivas con diferente duración.

Por otra parte, los hallazgos del presente ensayo podrían eventualmente sugerir que existe una determinada cantidad óptima de folículos antrales presentes en los ovarios de

las vaquillonas que llevan a las mayores tasas de preñez en programas de IATF. Más trabajos son necesarios para testear esta hipótesis. La manera que esta cantidad supuestamente óptima de RFA puede ser influida por programas de selección integrales que pretenden mantener los pesos al nacer moderados, entre otras características deseables, es algo que necesita de estudios más profundos.

La importancia de continuar con esta línea de investigación es que el RFA podría utilizarse como una herramienta más para la determinación de las vaquillonas de reposición con mejores comportamientos reproductivos.

CONCLUSIONES

Para este predio en particular, y bajo estas condiciones de manejo, y con un rodeo seleccionado por fertilidad desde hace más de 20 años, el RFA no aportaría información adicional utilizable para determinar aquellos vientres de reposición que tendrán mejores tasas de preñez a la IATF.

En cuanto al origen de las vaquillonas del ensayo, en condiciones comerciales, la tasa de preñez de las vaquillonas hijas de inseminación a tiempo fijo fue similar a la de las vaquillonas hijas de monta natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson KJ; LeFever, DG; Brinks, JS; Odde, KG. (1991) The use of reproductive tract scoring in beef heifers. *Agri-Practice* 12:19-23.
2. Baruselli, PS; Marques, M; Ribeiro, M; Pinto Silva, R; Sá Filho, M; Vieira, L. (2013) Nuevos avances en resincronización y resincronización de celos en ganado *bos indicus*. X Simposio Internacional de Reproducción Animal-IRAC. Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.iracbiogen.com/admin/biblioteca/documentos/RESUMEN%202013.pdf>. Fecha de consulta: 9 de junio de 2018.
3. Baruselli, PS; Vieira, LM, Sá Filho, MF; Marques, MO. (2015a) Programa de resincronización en vacas de carne y leche. XI Simposio Internacional de Reproducción Animal-IRAC. Córdoba, Argentina.
4. Baruselli, PS; Marques, MO; Vieira, LM; Konrad, JL; Crudeli, GA. (2015b) Aplicación de biotecnologías para una mayor producción de terneros. *Rev Vet (Corrientes)*; 26: 154-159.
5. Baruselli, PS; Vieira, LM. (2017) Programas de inseminación artificial a tiempo fijo seriadas sin el uso de toro. 45° Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. p104-109.
6. Bervejillo, T. (2013) Variabilidad regional en la productividad ganadera. Anuario OPYPA. Ed. MGAP. p. 277-288.
7. Bó, GA; Baruselli, PS; Martinez, MF. (2003) Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci* 78(3-4):307-326.
8. Bó, GA. (2012) Control farmacológico del ciclo estral y Sistemas de IATF en carne y leche. 76° Jornadas Taurus. Córdoba, IRAC. Disponible en <http://www.iracbiogen.com/admin/biblioteca/documentos/horarios%20de%20IATF.pdf>.
9. Bó, GA; Chesta, P; Cutaia, L. (2012) Qué aprendimos después de 17 años de IATF. *Taurus (Bs. As.)*, Argentina; 6: 50-69.
10. Bó, GA; Cutaia, L. (2014) Estado del arte en IATF: Factores que afectan sus resultados. Disponible en:

https://www.abspecplan.com.br/upload/library/Estado_del_arte_IATF.pdf Fecha de consulta: 29/05/2018.

11. Bó, GA; de la Mata, JJ; Baruselli, PS; Menchaca, A. (2016a) Alternative programs for synchronizing and re-synchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology* 86:388-396.
12. Bó, GA; de la Mata, JJ; Huguenine, H; Menchaca, A. (2016b) Control farmacológico del ciclo estral para IATF en vacas de cría: estado del arte. 7° Jornadas Taurus de Reproducción Bovina 7:76-94. Fecha de consulta: 30 de junio de 2018.
13. Cavestany, D; Méndez, J. (1995) Manual de inseminación artificial en bovinos. INIA Boletín de Divulgación. N° 39 boletín de Divulgación, 87 p.
14. Cunha, F; de Nava, G; Viñoles, C. (2016) Impacto del recuento de folículos antrales sobre fertilidad de vaquillonas de carne. XLIV Jornadas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. p 245-247.
15. Cushman, R; Kill, L; Funston, R; Mousel, E; Perry, G. (2013) Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. Nebraska, USA. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1083&context=westcentresext>. Fecha de consulta: 23 de mayo de 2018.
16. Cushman, RA; McNeel, AK; Freetly, HC. (2014) The impact of cow nutrient status during the second and third trimesters on age at puberty, antral follicle count, and fertility of daughters. *Livestock science* 162:252-258.
17. Cutaia, L; Veneranda, G; Tribulo, R; Baruselli, P; Bó, GA. (2003a) Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Rodeos de Cría: Factores que lo Afectan y Resultados Productivos. V Simposio Internacional de Reproducción Animal, Córdoba, Argentina, p119-132.
18. Cutaia, L; Tríbulo, R; Moreno, D; Bó, G. A. (2003b) Pregnancy rates in lactating beef cows treated with progesterone releasing devices, estradiol benzoate and equine chorionic gonadotrophin (eCG). *Theriogenology*; 59:216.
19. Cutaia, L; Feresín, F; Bó, G. A. (2003c) Programas de resincronización de celos y ultrasonografía aplicada a la reproducción. Universidad Jerónimo L, Córdoba-

- Argentina. Disponible en <http://www.syntexar.com/descargas/Resinco%20y%20US%20aplicada.pdf>.
20. Cutaia, LE. (2006) Programas de inseminación artificial a tiempo fijo: análisis de costos e implementación. Disponible en: http://www.absnet.com.br/upload/library/Programas_IATF_analises_costos_implimentacao.pdf Fecha de consulta: 29/05/2018.
21. de Nava, G. (2000) Discusión de una teoría productiva para el rodeo de cría manejado en condiciones de pastoreo y de algunas brechas de información para alcanzar mejores performances. Seminario de actualización técnica. INIA Treinta y Tres. Serie técnica 108 p 7-15.
22. de Nava, G; Guggeri, P; Rodríguez Sabarrós, M; Gil, A. (2008) Impacto de un programa de inseminación a tiempo fijo en vaquillonas sobre la productividad de la vaca de primera cría. 36° Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. p187-188.
23. de Nava, G. (2011) Reproducción en los rodeos de cría pastoriles: el enfoque de un veterinario de campo. XXXIX Jornadas de Buiatría, Paysandú, Uruguay.
24. de Nava Silva, G; Rodríguez Sabarrós, M. (2012) Evaluación de dos protocolos de inseminación a tiempo fijo en vaquillonas. 40° Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, p 191-192.
25. de Nava, G. (2013) Reproducción bovina aplicada: desarrollo y validación de programas de inseminación a tiempo fijo en Uruguay. Hemisferio Sur.
26. de Nava, G. (2015_a) La IATF como tecnología reproductiva en el manejo de los rodeos de cría. XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. p115-126.
27. de Nava, G. (2015_b) El rol del veterinario en la instrumentación de programas de IATF. XLIII Jornadas de Buiatría Paysandú, Uruguay. p126-137.
28. de Nava, G. (2016) Manejo reproductivo controlado en la cría: resultados de 17 años de implementación de un sistema de integración de tecnologías reproductivas. VIII Jornadas Taurus de Reproducción Bovina.
29. Evans, A; Mossa, F; Walsh, S; Scheetz, D; Jimenez-Krassel, F; Ireland, J. (2012) Effects of maternal environment during gestation on ovarian folliculogenesis and

- consequences for fertility in bovine offspring. *Reproduction in Domestic Animals*. 47:31-37.
30. French, J; Ahola, J; Whittier, J; Frasier, W; Enns, R; Peel, R. (2013) Differences in lifetime productivity on beef heifers that conceived to first-service artificial insemination (AI) or a clean-up bull via natural service (NS) as a yearling and among females that were offspring of an AI or NS mating. *The Professional Animal Scientist* 29: 57-63.
31. Funston, R; Musgrave, J; Meyer, T; Larson, D. (2012) Effect of calving distribution on beef cattle progeny performance. *Journal of Animal Science* 90:5118-5121.
32. Funston, R; Perry, G; Smith, M. (2017) General management considerations to improve success of artificial insemination. *Proceeding, applied reproductive strategies in beef cattle*. Aug 29-30. Manhattan, KS. Disponible en http://www.appliedreprostrategies.com/2017/proceedings/Funston_Rick.pdf.
33. Geymonat, DH. (1985) Tecnologías de manejo para el control del anestro postparto. Serie de reproducción animal. IICA. Volumen 1. p 65-98.
34. Inskip, E. (2004) Preovulatory, postovulatory, and post maternal recognition effects of concentration of progesterone on embryonic survival in the cow. *J Anim Sci*. 82:24-39.
35. Ireland, JL; Scheetz, D; Jimenez-Krassel, F; Themmen, A; Ward, F; Lonergan, P; Smith, G; Perez, G; Evans, A; Ireland, JJ. (2008) Antral follicle count reliably predicts number of morphologically healthy oocytes and follicles in ovaries of young adult cattle. *Biol Reprod*, 79:1219-1225.
36. Ireland, J; Smith, G; Scheetz, D; Jimenez-Krassel, F; Folger, J; Ireland, J; Mossa, F; Lonergan, P; Evans, A. (2011) Does size matter in females? An overview of the impact of the high variation in the reserve on ovarian function and fertility, utility of anti-Mullerian hormone as a diagnostic marker for fertility and causes of variation in the ovarian reserve in cattle. *Reprod Fertil Dev*, 23:1-14.
37. Jiménez-Krassel, F; Folger, JK; Ireland, JL; Smith, G; Hou, X; Davis, JS; Lonergan, P; Evans, A; Ireland, JJ. (2009) Evidence that high variation in ovarian reserves of

healthy young adults has a negative impact on the corpus luteum and endometrium during estrous cycles in cattle. *Biol Reprod*, 80:1272-1281.

38. Lamb, GC. (2015) Economics of AI versus natural service: Using decision-aid tools. *Proceedings Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*. California, University of Davis. p 198-207.
39. Leimester, JL; Burfening, PJ; Blackwell, RL. (1973) Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. *J Anim Sci*. 36: 1-6.
40. McMillan, WH. (1994) Current and emerging reproductive technologies for beef breeding cows. *The proceeding of New Zealand Society of Animal Production*. 54:345-350.
41. McNeel, A; Cushman, R. (2014) Influence of puberty and antral follicle count on calving day in cross-bred beef heifers. USDA, ARS, U.S. Meat Animal Research Center. *Theriogenology* 84:1061-1066.
42. Menchaca, A; Núñez, R; de Castro, T; García, C; Cuadro, F. (2013a) Implementación de programas de IATF en rodeos de cría. *Seminario de actualización técnica: Cría vacuna*. INIA. p229-246.
43. Menchaca, A; Núñez, R; Wijma, R; García Pintos, C; Fabini, F; de Castro, T. (2013b) Como mejorar la fertilidad de los tratamientos de IATF en vacas *Bos Taurus*. IX Simposio internacional de reproducción animal, Córdoba, Argentina. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/323639201_Como_mejorar_la_fertilidad_de_los_tratamientos_de_IATF_en_vacas_Bos_taurus.
44. MGAP-DIEA. (2017) Anuario estadístico agropecuario. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario2017web01a.pdf>. Fecha de consulta: lunes 14 de mayo de 2018.
45. MGAP-DIEA. (2018) Anuario estadístico agropecuario. Disponible en https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2018/Anuario_2018.pdf. Fecha de consulta: lunes 17 de Setiembre de 2018.
46. Mossa, F; Walsh, SW; Butler, ST; Berry, DP; Carter, F; Lonergan, P; Smith GW; Ireland, JJ; Evans, AC. 2012. Low numbers of ovarian follicles ≥ 3 mm in

- diameter are associated with low fertility in dairy cows. *J Dairy Science* 95: 2355–2361.
47. Morotti, F; Barreiros, TR; Machado, FZ; González, SM; Marinho, LS; Seneda, MM. (2015) Is the number of antral follicles an interest selection criterium for fertility on cattle? *Anim Reprod.* p.479-486.
48. Morotti, F; Santos, GM; Koetz Junior, C; Silva-Santos, KC; Rosso VM; Seneda, MM. (2016) Correlation between phenotype, genotype and antral follicle population in beef heifers. *Theriogenology* 91(2017) 21-26.
49. Morotti, F; Fonseca, A; Covre, N; Bizarro, C; Oliveira, C; Marcondes, M. (2017) Antral follicle count in cattle: Advantages, challenges, and controversy. Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE); Cabo de Santo Agostinho. PE, Brazil, August 17th to 19th.
50. Mousel, EM; Cushman, RA; Perry, GA; Kill, LK. (2014) Effect of heifer calving date on longevity and lifetime productivity. Driftless Region Beef Conference. Dubuque, Iowa. Disponible en http://www.appliedreprostrategies.com/pdfs/2012ARSBC_04MouselProceedings.pdf.
51. Odde, KG; Field, TG. (1987) Economic efficiency in cow-calf production. *Agripractice.* (6):28-32.
52. Oliveira, GA; Pérez, B; Cole, J; Santana, MH; Silveira, J; Mazzoni, G; Ventura, R; Santana, M; Haja, N; Garrick, D; Ferraz, JB. (2017) Genomic study and MeSH enrichment analysis of early pregnancy rate and antral follicle numbers in Nelore heifers. *J Anim Sci* 2017, 95(11):4796-4812.
53. Peters, A; Ball, P. (1991) Reproducción Del Ganado Vacuno. Zaragoza, Acribia. p 222.
54. Pigurina, G. (2000) Situación de la cría en Uruguay. INIA. Serie técnica N 108. p1-6.
55. Radostis, OM. Blood, DC. (1985) Herd health. 6th ed. Ed: W. B. Saunders. 456p.
56. Rovira, J. (1996) Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, ed. Hemisferio Sur, 288p.

57. Sá Filho, MF; Crespilho, AM; Santos, JE; Perry, GA; Baruselli, PS. (2010) Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Anim Reprod Sci*, 120:23-30.
58. Sanderson, N; Robertson, D; Newton, H. (2017) Antral follicle count of New Zealand registered angus heifer ovaries and the correlation with fertility outcomes. Proc of the Society of Sheep and Beef Cattle of the New Zealand Veterinary Association, pp 49-54.
59. Seidel, GE. (1995) Reproductive technologies for profitable beef production. Proceeding beef improvement Federation. Sheridan, USA. p28.
60. Short, R; Bellows, R; Staigmiller, R; Berardinelli, J; Custer, E. (1990) Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*. 68: 799–816.
61. Silva-Santos, K; Marinho, L. Santos, G; Machado, F; Gonzalez, S; Lisboa, L; Seneda, M. (2013) Ovarian follicle reserve: emerging concepts and applications. *Anim Reprod* 10(3):180-186.
62. Singh, J; Dominguez, M; Jaiswal, R; Adams, GP. (2004) A simple ultrasound test to predict the super stimulatory response in cattle. *Theriogenology*, 62:227-243.
63. Smith, J; Tervit, M. (1977) Effective matting in beef cattle. Ruakura Farmers Conference. 29:42-50.
64. Summers, A; Cushman, R; Moline, K; Bergman, J; Cupp, A. (2013) Heifers with Low Antral Follicle Counts Have Low Birth Weights and Produce Progeny with Low Birth Weights. 2013 Nebraska Beef Cattle Report p 11-12.
65. Viñoles, G; Soares de Lima, J.M; De Barbieri, I; Moreira, R; Rodriguez, H; Ferreira, E; Cazzuli, F; Levratto, J; Frugoni, J; Montossi, F. (2012) El entore precoz como alternativa para aumentar la competitividad de la cría. INIA Tacuarembó. Unidad Experimental Glencoe. p. 4-8

66. Viñoles, C; Santa Cruz, R; Cushman, R. (2018) Antral follicle count is a tool that may allow the selection of more precocious Bradford heifers at weaning. INIA Tacuarembó, Uruguay. *Theriogenology* 119:35-42.
67. Walsh, S; Mossa, F; Butler, S; Berry, D; Scheetz, D; Jimenez-Krassel, F; Templeman, R; Carter, F; Lonergan, P; Evans, A; Ireland, J. (2014) Heritability and impact of environmental effects during pregnancy on antral follicle counting cattle. *J Dairy Sci* 97(7):4503-4511.
68. Wiltbank, JN. (1970) Research needs in beef cattle reproduction. *Journal of Animal Science*. 31:755-762.