

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**COMPARACIÓN DE DOS PROGRAMAS DE MANEJO REPRODUCTIVO EN  
VAQUILLONAS DE CARNE, UTILIZANDO INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO EN  
FORMA SERIADA O INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO MÁS REPASO CON  
TOROS**

**Por**

Nicolás FEOLA

Victoria PANIZZA

José PONCE DE LEÓN

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**

## **PÁGINA DE APROBACIÓN**

Tesis de grado aprobada por:

**Presidente de mesa:**

---

Dr. Roque Almeida

**Segundo miembro:**

---

Dr. Daniel Cavestany

**Tercer miembro:**

---

Dr. Eduardo Blanc

**Cuarto miembro:**

---

Dr. Guillermo de Nava

**Quinto miembro:**

---

Dr. Jorge Gil

**Fecha:** 02 de mayo de 2018

**Autores:**

---

Nicolás Feola

---

Victoria Panizza

---

José Ponce de León

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Daniel Cavestany por su tutoría, dedicación e invaluable apoyo.

Al Dr. Guillermo de Nava por la oportunidad, entera disposición e innumerables conocimientos compartidos.

Al Dr. Jorge Gil por su co-tutoría y tiempo dedicado.

Al Dr. Agustín Sanguinetti por su colaboración y responsabilidad en el desarrollo del ensayo.

Al Dr. Fernando Cunha, Dra. Lucia Reyes y a todo el personal de Barracas por su gran participación y colaboración en la parte práctica.

A Ganadera Barracas y al Cr. Julio Blanco, por proveernos el lugar, los animales y condiciones para el desarrollo del ensayo.

A Codenor S.A. por brindarnos los insumos hormonales.

Al personal de Biblioteca de la Facultad de Veterinaria, por su disposición y aporte del material bibliográfico.

A Facultad de Veterinaria y a todos nuestros profesores por contribuir en nuestra formación profesional.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional y estímulo durante este trayecto.

A todos los compañeros y amigos que nos dejó facultad, por los momentos compartidos.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
Importancia de la ganadería en Uruguay.....	10
Fisiología reproductiva de la hembra.....	12
Ciclo estral y dinámica folicular.....	12
Principales hormonas para el control del ciclo estral.....	13
Biotecnologías de la reproducción.....	17
Inseminación artificial (IA).....	17
Inseminación a tiempo fijo (IATF).....	18
Protocolos de inseminación a tiempo fijo.....	21
Resincronización para IATF seriadas.....	25
HIPÓTESIS.....	29
OBJETIVOS.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
RESULTADOS.....	33
Porcentaje de preñez al día 0.....	33
Porcentaje de preñez al día 32.....	34
Porcentaje de preñez al día 64.....	34
Porcentaje de preñez al día 214.....	35
Costos de implementación de un programa de IATFs seriadas.....	36
DISCUSIÓN.....	37
CONCLUSIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

### CUADROS

Cuadro 1-	Cronograma de trabajo.	32
Cuadro 2-	Comparación de los resultados obtenidos con un programa de IATF seriadas y un programa de IATF más repaso con monta natural.	33
Cuadro 3-	Porcentaje de preñez luego del primer tratamiento (IATF I) para vaquillonas detectadas en celo y sin detectar e inseminadas a tiempo fijo.	34
Cuadro 4-	Costos del programa de IATF seriada (expresados en U\$\$) a valores del año 2015.	36

### FIGURAS

Figura 1-	Diseño experimental en los primeros 94 días.	32
Figura 2-	Grafica comparativa del porcentaje de preñez por servicio y por grupo, en los primeros 64 días de ensayo.	35
Figura 3-	Gráfica de los porcentajes de preñez acumulados de ambos grupos durante todo el ensayo.	35

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el porcentaje de preñez obtenido en un periodo de servicio de 64 días y el efecto de programas de resincronización sobre la preñez preestablecida al utilizar dos modelos de tratamiento: un programa de 3 IATF seriadas y otro con una IATF más repaso con monta natural. El trabajo incluyó 645 vaquillonas Aberdeen Angus, Hereford y sus cruizas, de 24 meses y ciclando, manejadas sobre campo natural. Todas las vaquillonas fueron sincronizadas al día -10 con un dispositivo intravaginal de 750 mg de Progesterona natural (P4) y 1,5 mg de Benzoato de estradiol (BE). En el día -3 junto con el retiro de dispositivos se administró 150 mg de cloprostenol (PGF $\alpha$ ). En el día -1 AM se realizaron dos detecciones de celo de una hora y por la tarde se inseminaron las detectadas. El resto de los animales recibió 8  $\mu$ g de acetato de buserelina (GnRH) y se inseminaron (IATF I) en la mañana del día 0. En el día 9 todas las hembras se distribuyeron al azar en dos grupos: grupo control (MN) bajo repaso con monta natural con un 5% de toros y grupo tratado (IS), que recibió dos IATF seriadas. Ambos grupos se manejaron en potreros distintos con oferta de pastura y carga animal similar. Al día 23 las vaquillonas del IS fueron resincronizadas mediante la colocación de un nuevo dispositivo de P4 por 7 días y 1 mg de BE. Al día 30 se realizó la primera ultrasonografía en ambos grupos (ECO I) y las vaquillonas preñadas fueron apartadas a un nuevo potrero mientras que las vacías del IS recibieron 150 mg de PGF2 $\alpha$  y en el grupo MN se realizó un reajuste de toros al 3%. La segunda inseminación del IS (IATF II) se realizó al día 32 PM junto con la administración de 8  $\mu$ g de GnRH. Al día 55 se resincronizó nuevamente el IS mediante el protocolo anterior. En el día 62 se realizó en ambos grupos el segundo diagnóstico (ECO II); al día 64 se realizó la tercera inseminación (IATF III) del IS junto con la administración de GnRH y se retiraron los toros del MN. La tercera ecografía (ECO III) se realizó al día 94 para determinar la tasa de preñez del último servicio y el porcentaje acumulado total para cada grupo. Las pérdidas embrionarias fueron evaluadas 120 días luego del último diagnóstico con una nueva ultrasonografía. Los porcentajes de preñez fueron similares para ambos grupos, en tres diagnósticos (IS: 67,6% vs. MN: 68,2%, P=0,86; IS: 67,6% vs. MN: 65,7%, P=0,77; IS: 50,0% vs. MN: 67,7, P=0,14). La tasa de preñez acumulada en 64 días fue 94,8% para IS y 96,6% para MN (P=0,26). Las pérdidas embrionarias fueron 5,0% en el IS y 4,0% en el MN. Se concluye que la aplicación de un programa de IATF seriadas en vaquillonas de carne logra tasas de preñez similares a las obtenidas por repaso con toros, en 64 días de período reproductiva, permitiendo prescindir de éstos. Las hormonas utilizadas en el programa de resincronización no tienen efecto negativo cuando se aplican a vaquillonas preñadas.

## SUMMARY

The objective of the present study was to evaluate the pregnancy rate obtained in a period of 64 days of service of two reproductive treatments: three consecutive FTAI and FTAI plus backup bulls were tested, as well as the possible effect of a resynchronization program when applied to pregnant heifers. The study included 645 heifers, Aberdeen Angus, Hereford and their crosses, grazing on natural pastures. All heifers were synchronized on day -10 with an intravaginal releasing device with 750 mg of natural progesterone (P4) and 1.5 mg of estradiol benzoate (BE). On day -3 along with the device removal 150 mg of cloprostenol (PGF<sub>2</sub>α) were administered. At day -1 AM two one-hour heat detections followed with AI 12 h later were made. The remaining animals received 8 µg of buserelin acetate (GnRH). The heifers not detected in heat were inseminated (FTAI I) at the morning of day 0. At day 9 all females were randomly distributed in two groups, control group (MN): natural mating with a 5% of backup bulls and treated group (IS): two consecutive FTAI. Both groups were managed in different paddocks with similar offer of pasture. On day 23 the heifers in IS group were resynchronized with a new P4 device for 7 days and 1 mg of BE. At day 30 the first ultrasonography was made in both groups (ECO I) and the pregnant heifers were separated to a new paddock while the non-pregnant heifers of the IS group received 150 mg of PGF<sub>2</sub>α; in the MN group an adjustment to 3% of bulls were done. The second insemination in the IS (FTAI II) was done at day 32 PM along with the administration of 8 µg of GnRH. At day 55 the IS was resynchronized again with the same protocol. At day 63 the second pregnancy diagnosis (ECO II) was made following the methodology applied in the first ultrasonography; at day 64 the last insemination was done (FTAI III) in IS along with the administration of GnRH and withdrawal of bulls in the MN. The third ultrasonography (ECO III) was made at day 94 to determinate pregnancy rates to the last service and the cumulative pregnancy for each group. The embryonic losses were evaluated 120 days after the last diagnosis with a new ultrasonography. Pregnancy rates in both groups were similar in the three diagnoses (IS: 67,6% vs. MN: 68,3%, P=0,86; IS: 67,6% vs. MN: 65,7%, P=0,77; IS: 50,0% vs. MN: 67,7, P=0,14). The cumulative pregnancy rates at day 64 were 94,8% for IS and 96,6% for MN (P=0,26). The embryonic losses were 5,0% for IS and 4,0% for MN. It was concluded that the application of a program of three consecutive FTAI in beef heifers achieves similar pregnancy rates as those obtained by one FTAI plus backup bulls, in a 64-day breeding period, making unnecessary the use of bulls in the farm. The hormones used in the resynchronization program did not have a negative impact on the pregnancy of the previous FTAI.

## INTRODUCCIÓN

En la última década Uruguay ha tenido un proceso de crecimiento ininterrumpido con un aumento del PBI del 4,4% anual. Este dinamismo, propiciado principalmente por el sector agropecuario, hacen de éste un actor clave en la economía del país (Uruguay XXI, 2016).

En el año 2016 el stock vacuno fue de 12,1 millones de cabezas, superando en un 1,4% al año anterior. El porcentaje de vacas adultas no tuvo un cambio significativo, mientras que las vaquillonas aumentaron un 4%. Pese a que por cuatro ejercicios consecutivos (2010/14) la tasa de procreo se mantuvo estable en el entorno de 67%, el número de terneros sufrió un leve descenso (MGAP, 2016), lo que podría estar explicado por la baja eficiencia reproductiva del rodeo nacional. Sumado a esto, durante los últimos años la cría experimentó, por el fuerte crecimiento de los sectores agrícola y forestal, un desplazamiento hacia zonas con menor disponibilidad de recursos (MGAP, 2016), lo que determina que debe haber una mayor eficiencia reproductiva si se desea mantener la producción de terneros.

La eficiencia reproductiva de un rodeo de cría es reflejo de los resultados obtenidos en el porcentaje de preñez, su distribución y el porcentaje de procreo (Rovira, 1996), variables que impactan directamente sobre la ecuación económica de los establecimientos (Bó y Cutaia, 2005). Esto significa que un buen manejo reproductivo dejará como resultado un aumento en el porcentaje de terneros nacidos, en el peso de los terneros destetados y, por consiguiente, una mayor disponibilidad de animales para generar recursos económicos (Bueno y Dunn, 2008).

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se define como una tecnología que logra inducir de forma sincrónica la ovulación, en un momento determinado, logrando así inseminar un gran número de animales cada día, sin la necesidad de detectar celo (Pursley, 1997; Martínez y col., 2002; Menchaca y col., 2013a). La adopción de esta biotecnología por el sector productivo se ha incrementado en los últimos años, fundamentalmente en los países de la región (Menchaca y col., 2013b), lo que podría estar explicado por las ventajas que proporciona la técnica al aplicarla el primer día de la estación reproductiva, como la concentración de los partos, pesos superiores de terneros al destete, reducción en la necesidad de detección de celo y un destacado avance genético, lo que conduce a un mayor desempeño reproductivo global (Cutaia y col., 2003b; Lamb, 2010; Bó y Cutaia 2014, de Nava, 2015; Baruselli y Vieira, 2017).

A pesar de las ventajas relacionadas con el uso de un programa de IATF al inicio de la temporada reproductiva, el uso de toros para repaso luego de la inseminación, puede no ser suficiente para alcanzar los objetivos en los sistemas agropecuarios



(Baruselli y col., 2015b). Estos autores mencionan que uno de los problemas al usar este tipo de manejo reproductivo es la necesidad de un mayor número de machos para servir el primer estro de retorno post IATF de las hembras no preñadas, debido a que dicho celo tiende a presentarse de manera sincrónica.

Una posible alternativa a la situación planteada anteriormente es la aplicación de un programa de IATF seriadas, definido como una tecnología que integra el uso de un protocolo de IATF y una o más resincronizaciones de las hembras, sumado a diagnóstico de gestación por ultrasonografía temprana. La adopción de este programa podría reducir o incluso anular la necesidad del uso de toros en el establecimiento junto con la mejora genética que se obtiene al aumentar los terneros nacidos por inseminación. Se han reportado resultados positivos con el uso de programas de resincronización (Baruselli y col., 2015b), sugiriendo la posibilidad de realizar una tercera IATF (segundo protocolo de resincronización) con el objetivo de potenciar aún más los porcentajes de preñez obtenidos por inseminación.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### Importancia de la ganadería en Uruguay

La producción ganadera tiene una larga tradición en la historia del país aportando componentes fundamentales de la economía nacional, contribuyendo de forma destacada a las exportaciones (MGAP, 2003). El sector agroindustrial aporta cerca del 78% del valor total de los bienes exportados por Uruguay, y particularmente la carne bovina es el principal producto de exportación dentro de este sector, ocupando un 22% en el año 2016. La ganadería nacional representa aproximadamente 53% del Producto Bruto Interno pecuario (Uruguay XXI, 2016).

A nivel país se presenta gran diversidad de situaciones en escala y disponibilidad de recursos naturales. A pesar de esto, la cría presenta como característica general el desarrollarse sobre campo natural (Soca y col., 2007), comprendiendo éste el 78% de la extensión dedicada a la ganadería (MGAP, 2015). Una característica a resaltar es la marcada estacionalidad que presenta la producción de estos campos, condicionado por la disponibilidad de forraje y llevando a la ganadería, en la mayoría de los casos, a ser manejada en condiciones pastoriles restrictiva.

El rubro ganadería puede ser clasificado en tres grandes orientaciones según la relación novillo/vaca de cría: invernadores, ciclo completo y criadores. Ocupando estos dos últimos el 73% de la superficie ganadera total del país (MGAP, 2016). Su importancia radica en que, además de lo anteriormente mencionado, los rodeos de cría constituyen el primer eslabón en la cadena de producción de carne vacuna. Rovira (1996) afirma que la “fábrica” de producir carne es la vaca y no el novillo, basado en que son las hembras bovinas las verdaderas máquinas de producción de carne, ya que en ellas se inicia el proceso al proveer la materia prima para el funcionamiento de los demás segmentos que integran la cadena cárnica (recría, engorde, la industria frigorífica y el consumo).

Con respecto a las existencias vacunas por hectárea, del 2006 al 2014 se registró un aumento de un 13% (MGAP, 2015), llegando en el año 2015 a los 12 millones aproximadamente (MGAP, 2016); este incremento puede significar mayores niveles de faena o exportación de ganado en pie. De manera similar, entre el periodo 2008-2015 se vio un incremento de 17 mil vacas de cría y un aumento en la categoría vaquillonas de 1 a 2 años, de unas 24 mil cabezas. Por el contrario, la categoría terneros y terneras experimentó un descenso de 85 mil cabezas, (MGAP, 2016) lo que podría estar explicado por bajas tasas de procreo en el país durante ese período.

Según encuestas a veterinarios (MGAP, 2014), la tasa de preñez general para el año 2014 fue de 76,2%, siendo representado este indicador por los animales preñados sobre el total de hembras en el programa. Por otro lado, la tasa de procreo estimada para el 2015 fue de 65,9% (MGAP, 2014). Esta segunda tasa se define como terneros destetados sobre hembras entoradas; ambos indicadores tienen el mismo denominador, encontrándose la diferencia en el período entre la gestación y el destete del ternero. Es sabido que existe en Uruguay una diferencia importante entre los indicadores de preñez lograda y los terneros que efectivamente se logran destetar (Soares de Lima y Montossi, 2016). Al momento de analizar los datos, es importante tener en cuenta que la tasa de procreo por año debe vincularse a la tasa de preñez del año anterior. Ahora bien, al desglosar por categoría la tasa de preñez general mencionada anteriormente, la vaca de cría obtuvo un 73,1% y las vaquillonas 84,7% (MGAP, 2014) expresando así, la facilidad de esta última categoría para quedar preñada comparada con la vaca de cría. Para el año 2016 el porcentaje de preñez general creció un 1,6 % respecto a los años anteriores (INIA, 2017).

El porcentaje de preñez como indicador reproductivo es el resultado de medidas de manejo, nutrición, sanidad y genética (Repisso y col., 2005; de Nava, 2015), así como de las condiciones generales del clima de cada ejercicio, carga animal a la que se maneja el rodeo y la aptitud pastoril de los suelos en los que se realiza la cría (MGAP, 2003; Soca y col., 2007). El porcentaje de preñez junto con el porcentaje de procreo 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; Repisso y col., 2005). Si todos los años no se obtiene un buen procreo, forzosamente se resentirá el potencial productivo del stock en su totalidad. Por tal motivo, cada ciclo agropecuario debe comenzar con el nacimiento de más y mejores terneros (Cavestany y Méndez, 1995); siendo la mejora de la eficiencia productiva de los rodeos de cría prioritaria en todo programa de desarrollo ganadero (Rovira, 1996). Sin embargo, según la situación de cada país, no siempre mejorar la tasa de preñez aumenta los indicadores económicos del criador, es así que Soares de Lima y Montossi (2016) plantean que, en nuestros sistemas la vaca que falla no es un subproducto residual de bajo valor; por tal motivo y dependiendo del caso, puede superar incluso en importancia física y económica a la producción de terneros.

Con respecto al manejo reproductivo del rodeo de cría en Uruguay, el período de entore se da mayoritariamente en primavera y verano, generalmente de noviembre a febrero (MGAP, 2003).

Según Quintans (2010) la edad al primer servicio de las vaquillonas se encuentra entre los 2 a 3 años. En el informe mencionado anteriormente (MGAP, 2003) se expone que

al momento de seleccionar las vaquillonas a entorar el principal criterio que se tiene en cuenta, en la mitad de las explotaciones, es el estado y estimación visual del peso vivo. Sin embargo, es un criterio que podría considerarse exiguo teniendo en cuenta que es recomendable además evaluar la ciclicidad de las vaquillonas por medio de palpación rectal, así como el desarrollo del tracto reproductor y medición objetiva del peso vivo, siendo deseable llegar al 65 % del peso adulto al momento del entore (Cutaia, 2006; Quintans, 2008) y de esta manera apuntar a iniciar su primer estro antes de la estación reproductiva. En este sentido, la selección de vaquillonas como reposición debería tomar gran importancia, tomando la edad a la pubertad y parición temprana como principal objetivo de selección.

## **Fisiología reproductiva de la hembra**

- Ciclo estral y dinámica folicular

Para llevar a cabo un programa reproductivo es esencial conocer el ciclo estral de la hembra bovina, así como los factores que lo regulan. Dentro de estos factores tenemos la interacción del sistema neuroendocrino del eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero (Rippe, 2009). La interrelación de dichos factores permite que se presente la ovulación como “punto final” del ciclo estral y “punto inicial” en la vida reproductiva de la hembra (Mota y col., 2011).

La actividad de las gónadas se encuentra bajo el control del hipotálamo y de la parte anterior de la hipófisis o adenohipófisis. El primero es una estructura pequeña que se encuentra en la parte central de la base del cerebro, tiene grupos neuronales denominados núcleos, que secretan hormonas peptídicas importantes para el control de la actividad de la hipófisis, entre las que se encuentra la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Esta actúa sobre la adenohipófisis estimulando la síntesis de dos hormonas glicoproteicas denominadas gonadotropinas: hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) (Cunningham, 2009). Ambas actúan de forma sinérgica en el desarrollo y ovulación de los folículos ováricos. La primera, ejerce un efecto más importante durante el crecimiento folicular y la esteroidogénesis ovárica, mientras que la LH predomina en los estadios finales, desde la maduración a la ovulación, y actúa también en el proceso de selección del folículo dominante (Callejas, 2004). La liberación de gonadotropinas se da principalmente en forma pulsátil, determinada por la secreción de GnRH desde el hipotálamo.

El ciclo estral bovino tiene una duración aproximada de 18 a 24 días, con media de 21 días (Cavestany y Méndez, 1995; Callejas, 2004). Durante el ciclo estral se producen ondas de crecimiento folicular que, dependiendo de diferentes factores, se puede

presentar de una a cuatro ondas por ciclo (Bó y col., 1995; Mota y col., 2011). Cada una se caracteriza por la emergencia de un grupo de folículos de 2 mm de diámetro (Bó y col., 2016), que crecen por pocos días (fase de reclutamiento). Posteriormente, se produce la desviación folicular caracterizada por el crecimiento diferencial del folículo dominante y regresión del resto (fase de selección). El folículo que continúa desarrollándose (fase de dominancia), produce sustancias estrogénicas y no estrogénicas que dominan y suprimen el crecimiento de los demás folículos, denominados subordinados, evitando así la emergencia de una nueva onda folicular (Bó y col., 1995; Callejas, 2004).

Otra forma de clasificar el ciclo estral es dividirlo en una fase folicular y una luteal. La primera es aquella que se extiende de la regresión del CL hasta la ovulación del folículo dominante (del día 17 al día 0), y la segunda, transcurre en los restantes días del ciclo, donde la hormona que predomina es la progesterona secretada por el CL (Rippe, 2009).

La ovulación en la vaca se produce unas 24 a 30 horas luego del inicio del estro. Este proceso comienza con la caída de la progesterona, llevando a un feed-back positivo entre la GnRH y LH, por un lado, y los estrógenos por otro. Desencadenando el pico de LH, lo que determina la ovulación y finalmente el comienzo de luteinización folicular (Ungerfeld, 2011).

La fase luteal, se extiende desde el final de la ovulación (aproximadamente día 1) y comienzo de formación del CL, hasta el día 17 donde se desencadena la luteólisis. Mientras el CL se desarrolla, las cantidades de progesterona secretada por éste aumentan (Ungerfeld, 2011). En general, el sistema generador de pulsos para la liberación de gonadotropinas aumenta en la fase folicular y se ve disminuida en la fase luteal. (Cunningham, 2009).

- Principales hormonas para el control del ciclo estral

#### Progesterona (P4)

Es una hormona esteroidea y la principal secreción del CL por estimulación de la LH. Es responsable de la preparación del útero para permitir la implantación del embrión y de mantener la gestación, sumado a su actividad reguladora de secreciones endometriales necesarias para el desarrollo del embrión (Rippe, 2009; O'Hara y col., 2014). Niveles elevados de ésta, seguida de su declinación permiten una diferenciación normal de las células de la granulosa, con una correcta expresión del

celo, pico preovulatorio de LH y formación de un nuevo cuerpo lúteo (Cunningham, 2009).

Los tratamientos con dispositivos de liberación de P4 pueden mejorar el desempeño reproductivo de las vacas, debido a su efecto beneficioso sobre la frecuencia de pulsos de LH, crecimiento folicular y ovulación (Bó y Cutaia, 2005). Además, la aplicación de una fuente de P4 en los distintos protocolos de IATF evita la aparición de celos anticipados en animales que se encuentren ciclando, logrando así una mejor sincronía de la ovulación y la fertilidad (de Nava, 2013).

### Estrógeno

Son hormonas esteroideas producidas por los folículos ováricos en maduración; según Mota y col. (2011) tienen influencia sobre oviductos, útero, vagina, vulva, así como también sobre el sistema nervioso central y el hipotálamo, estimulando la conducta de celo. A su vez, en ausencia de P4, los estrógenos estimulan la síntesis para receptores de GnRH en la hipófisis y así promover la síntesis del pico de LH, permitiendo la ovulación del folículo dominante.

Hay en el mercado una amplia variedad de preparados a base de estrógenos naturales o sales sintéticas, estos esteroides poseen diferente largo en su cadena, y de ello depende la solubilidad y tiempo de absorción de la dosis completa (Souza y col., 2005). En este sentido, la vida media de la sal va a diferir en relación a su estructura; siendo el benzoato de estradiol (BE) de vida media más corta que el cipionato de estradiol (ECP).

El BE ha mostrado tener un efecto luteotrópico o luteolítico, dependiendo del momento del ciclo en el que es aplicado (Munro y Moore, 1985). Es por ello que, al utilizarlo a la mitad del ciclo y dependiendo de la dosis, va a generar una luteólisis, y en el caso de una gestación, al comprometer la habilidad del CL de producir P4, podría afectar la preñez (Sá Filho y col., 2014). En vista de esto, Baruselli y col. (2015a) plantean al estradiol como interruptor de la gestación en situaciones particulares.

Es conocida la eficiencia de los estrógenos para sincronizar el desarrollo folicular. En esta misma línea, el estrógeno endógeno secretado por el folículo preovulatorio desencadena la cascada que induce la luteólisis (Colazo y col., 2006). Sin embargo, estos mismos autores comprueban que el potencial de los estrógenos para desencadenar la luteólisis, parece depender de la formulación y dosis del mismo.

En muchas especies, incluido los rumiantes, la prostaglandina es el factor uterino clave que determina la regresión del CL (Araujo y col., 2009). En base a este concepto,

estos autores concluyen que el ovario, a través de la secreción folicular de estrógeno, es un importante regulador de la secreción uterina de prostaglandina y, por consiguiente, de la luteólisis.

En los programas de sincronización de celos a base de P4, la administración de estrógenos al inicio del tratamiento, provoca la atresia de los folículos existentes e impide de esta manera la formación de folículos persistentes que interfieran negativamente en la fertilidad. La nueva onda folicular, que surge a los 3 o 4 días luego de la atresia, proporciona un nuevo folículo y un ovocito viable en el momento de retirar el dispositivo (Bó y Cutaia, 2005; 2014; de la Mata, 2016).

Luego de la extracción de la fuente de P4, las sales de estradiol inducen luteólisis, generando también un pico preovulatorio de LH, que desencadena la ovulación del folículo dominante. Este fenómeno se produce por retroalimentación positiva con el eje hipotálamo-hipofisario sobre la GnRH y LH (Abad Zavaleta y col., 2006; Mota y col., 2011).

### Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH)

Es una hormona liberada en el hipotálamo, con efecto en la hipófisis principalmente. Desempeña un papel clave en el desarrollo y mantenimiento de la reproducción controlando la secreción de LH y la FSH a nivel de hipófisis (Colazo y col., 2003; de Nava, 2013).

Inicialmente la GnRH fue utilizada para tratamientos de patologías reproductivas, puntualmente para quistes foliculares. Luego se observó que en los bovinos la aplicación de esta hormona producía la ovulación y adicionalmente una nueva onda folicular, aproximadamente dos días después del tratamiento; una particularidad de este hecho es que, el efecto se observaba solo en animales con un folículo dominante de al menos 10 mm de diámetro (Colazo y col., 2007). Debido al efecto de la GnRH sobre la hipófisis, si el folículo existente al momento del tratamiento tiene receptores para LH, se desencadenará la ovulación.

Pursley y col. (1997) diseñaron un protocolo de IATF con una combinación de GnRH y prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ), llamado Ovsynch. Al comparar el porcentaje de preñez de dicho protocolo en vacas y vaquillonas de leche, frente a una sincronización con PGF2 $\alpha$  más detección de celo, registraron tasas de preñez similares para la categoría vacas, contrario a lo observado para vaquillonas donde los porcentajes más elevados fueron los del grupo PGF2 $\alpha$  más celo detectado.

Fernandes y col. (2001) plantean que al combinar esta hormona con PGF2 $\alpha$  6 o 7 días después, se logra una efectiva sincronización de estro y buena fertilidad en vacas. A lo anterior le agregan una posible segunda dosis de GnRH 1,5 a 2 días después de la inyección de PGF2  $\alpha$ , obteniendo así una sincronización de la ovulación más precisa, logrando una inseminación artificial en un tiempo predeterminado.

Estos mismos autores controlaron al primer día de inyectar la GnRH el porcentaje de vacas con cuerpo lúteo por ultrasonografía y luego 7 días más tarde; concluyendo que la administración de GnRH induce ovulación y formación de un nuevo cuerpo lúteo en aproximadamente un 20 a 30% de las vacas. También en este mismo ensayo se puso a prueba incrementar las concentraciones de GnRH (acetato de buserelina) de 8 a 12  $\mu$ g, donde vieron que no había cambios en el porcentaje de CL o preñez (Fernandes y col., 2001).

En Uruguay, de Nava y Rodríguez (2012) reportan que al utilizar GnRH para sincronizar la ovulación en vaquillonas se obtienen tasas de preñez mejores que en los protocolos que utilizan BE.

### Prostaglandina (PGF2 $\alpha$ )

Las prostaglandinas son ácidos grasos no saturados producidos en la mayoría de los tejidos y que actúan como hormonas locales. La PGF2 $\alpha$  de origen uterino tiene como funciones principales intervenir en los procesos de ovulación mediante su efecto de luteólisis o regresión del CL, así como actuar en el parto (Rippe, 2009; Mota y col., 2011). Otras funciones descritas son actuar sobre la motilidad uterina, transporte de gametos y expulsión de membranas fetales.

El efecto de la administración de esta hormona va a depender del momento del ciclo en que es aplicada. Es así que, del día 1 al 4 no se van a observar respuestas al tratamiento con PGF2 $\alpha$ , debido a que el CL está en desarrollo. En los días 5 y 6 está finalizando el desarrollo de dicha estructura, por lo que la respuesta será parcial. Los efectos luteolíticos de la PGF2 $\alpha$  son más notorios entre los días 7 y 17. Por otro lado, hacia el final del ciclo, el CL no es funcional y no hay respuesta a la acción de dicha hormona (días 18 a 21) (Callejas, 2004).

Normalmente durante el día 12 del ciclo estral, el estradiol provoca la liberación uterina de pequeños pulsos de baja frecuencia de PGF2 $\alpha$ , luego de que la P4 haya ejercido su efecto sobre el útero por un periodo de 7 días aproximadamente. Posteriormente en el día 14 el útero se vuelve sensible a la oxitocina, la cual junto con el estradiol



provocan un aumento en la frecuencia de los pulsos de PGF2 $\alpha$ , desencadenando la luteólisis en caso de no existir una gestación (Callejas, 2004).

Con el uso conjunto de hormonas es posible realizar un control farmacológico de las distintas fases del ciclo estral y lograr optimizar la eficiencia reproductiva de la hembra, de manera de maximizar los porcentajes de preñez obtenidos. Las prostaglandinas y/o progestágenos son aplicados para el control de la fase luteal, mientras que las sales de estradiol y/o GnRH pueden ser utilizadas para regular la dinámica folicular y ovulación.

## **Biotecnologías de la reproducción**

Año a año surge o se renueva una diversidad de alternativas en relación a tecnologías reproductiva como el manejo de semen, sincronización de la ovulación, transferencias de embriones, técnicas in vitro y finalmente, algunas más actuales que involucran la manipulación genética como la clonación. La elección de la misma, así como su disponibilidad, estará influenciada, entre otros factores, por el grado de conocimiento disponible, carga de trabajo requerida en su implementación, así como la relación entre costo de aplicación y valor del producto obtenido (de Nava, 2016).

Dentro de las técnicas aplicadas a la reproducción se describe la sincronización del estro y/o de la ovulación que tienen el potencial de acortar la estación reproductiva, incrementar la uniformidad de los terneros nacidos y ser la base de protocolos de inseminación artificial e IATF (Dziuk y Bellows, 1983).

### Inseminación artificial (IA)

La IA es una tecnología mediante la cual el semen, previamente extraído de un macho y adecuadamente procesado es depositado, con el instrumental correspondiente, en el tracto genital de la hembra en un determinado momento (Cavestany y Méndez, 1995).

Colazo y col. (2007) plantean que la fertilidad en un programa de IA es producto de la fertilidad de la hembra, la fertilidad del semen, la habilidad del inseminador y el momento en el que se realiza la inseminación. Por lo que una deficiencia importante en cualquiera de estos componentes o un desempeño por debajo del óptimo en dos o más de ellos, disminuyen sustancialmente la tasa de preñez.

A diferencia de lo que se da en la mayoría de los países, en Uruguay la IA fue implementada primero en establecimientos de carne y posteriormente en los lecheros (de Nava, 2013) a pesar de esto su aplicación es relativamente reducida; en el año 2003, según datos del MGAP, la IA se limitaba a un 10 a 15%, de las vaquillonas y en menor medida a las vacas falladas y al plantel.

Situaciones similares se observan en la mayoría de los países de América del Sur. A modo de ejemplo, en Argentina se insemina anualmente el 4,5% de las hembras de carne, siendo el 80% de éstas, vaquillonas (Bó y Cutaia, 2005). Igualmente, en Brasil en los últimos años el uso de esta tecnología ha venido en aumento, registrándose en 2012 aproximadamente un 10% de vientres inseminados (Baruselli y col., 2015a) y en 2017 un 11% (Baruselli y Vieira, 2017).

Dentro de los factores que hacen que la implementación de esta técnica sea limitada, se puede mencionar el manejo de los animales que, como consecuencia al estrés, puede causar una disminución en la expresión del celo, así como el acortamiento de la duración y manifestación del mismo. Se suma el incremento del tamaño del rodeo y las modificaciones del medio ambiente, que derivan en la dificultad de la detección diaria de celo (Giraldo, 2008; Bó y Baruselli, 2014). Autores como Colazo y col. (2007) establecen que el aumento de cortisol bloquea el pico de LH. Por lo que es importante contar con las instalaciones adecuadas para manejar los animales en los tratamientos e inseminaciones, logrando minimizar el estrés asociado con el manejo.

Con la intensificación del uso de IA, se obtiene un satisfactorio avance en el mejoramiento genético de los rodeos, por el incremento del número de terneros nacidos de toros genéticamente superiores. A su vez, se logran pariciones más tempranas, lo que trae aparejado ventajas inmediatas, debido a que sus terneros serán de mayor edad y peso al momento del destete (Bó y Cutaia, 2005; Cutaia, 2006). Por otro lado, el aumento de la IA está asociado a un mayor empleo de los programas reproductivos que utilizan técnicas de sincronización para la IATF (Baruselli y col., 2015a).

### Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

Es una tecnología que, a través del control de la dinámica folicular y cuerpo lúteo, logra inducir de forma sincrónica la ovulación en un momento determinado logrando así inseminar un gran número de animales cada día sin la necesidad de detectar celo (Pursley y col., 1997; Martínez y col., 2002; Menchaca y col., 2013a). Esto elimina, con relativo éxito, los principales problemas de las hembras sometidas a programas de IA, entre los que pueden mencionarse la escasez de mano de obra calificada en el

campo, fallas en la detección del celo o hembras con posible atraso en la pubertad (Baruselli y col., 2015a). Así mismo, es posible no solamente aplicarlo en vaquillonas, sino también incluir vacas con cría al pie y así aumentar la población de animales a servir (Bó y Cutaia, 2005).

Menchaca y col. (2013a) señalan que desde 1995 hasta el 2005 en Uruguay se inseminaban por IATF unas 10 mil vacas cada año, cifra que se ha incrementado año a año, llegando en 2012 a 250 mil vacas aproximadamente. De manera similar en la región, en los últimos 15 años, se ha registrado un incremento del número de animales inseminados, llegando en Argentina a 3.000.000, y a 10.000.000 de hembras servidas en Brasil (Bó y col., 2016). De lo anterior puede desprenderse que la IATF es probablemente la biotecnología de la reproducción que ha mostrado mayor crecimiento en los últimos años.

Como se ha mencionado anteriormente para vacas, se observa, en trabajos realizados por de Nava (2013) en predios comerciales de Uruguay, que el número de vaquillonas presentadas cada año en sus programas de IATF, así como el porcentaje de preñez de las mismas ha ido en aumento, reportando un promedio de 61,5%. Estos resultados pueden ser considerados superiores a los reportados por otros autores en la región. Según lo expuesto por Bó y col. (2016), en Argentina con la utilización de programas a base de IATF en vaquillonas se obtienen preñeces promedio de 50%; y 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.

Cabe destacar que la obtención de terneros más pesados es una de las principales ventajas que se obtienen al implementar la IATF en un rodeo de cría (Cutaia y col., 2003b; Lamb, 2010; Bó y Cutaia 2014). Esto está dado por el progreso genético generado al usar toros superiores en el programa (Baruselli y Vieira, 2017) y al hecho de que se logra obtener alrededor del 50% de vientres preñados en el primer día de servicio, lo que dará una ventaja al año siguiente por ser éstas la cabeza de parición, así como partos más concentrados (Cutaia, y col., 2003b; Bó y Cutaia 2014). Al mismo tiempo, para las vacas de cría que no logran quedar preñadas en la inseminación, la inducción de la ovulación permite iniciar su ciclicidad, y así lograr preñarse tempranamente al repaso con toros (de Nava, 2017) comentario personal.

Datos desprendidos de ensayos experimentales registraron una diferencia aproximadas de 18 kg de peso al destete en los terneros nacidos de vacas inseminadas a tiempo fijo (Bó y col., 2012; de Nava, 2015), frente a los de servicio natural, así como 13,5 kg para aquellos nacidos de vaquillonas (de Nava, 2015). Otros trabajos reportan efectos similares (de Nava y col., 2008; 2016; Bó y Cutaia, 2014; Cushman y col. 2013).

Bó y Cutaia (2014) reportaron que tanto las hembras como machos, productos de un programa de IATF, fueron más pesados en comparación con los nacidos de monta natural. En el caso de las hembras, llegaron con un mejor desarrollo corporal a su primer servicio (en relación a sus congéneres) siendo posible aumentar el número de animales que integran la cabeza de parición. Así como permitir una mayor recuperación de esos futuros vientres de primera cría. Por el contrario, un parto tardío como vaquillona incrementa las posibilidades de parir tarde o no parir al año siguiente (Burriss y Priode, citado por Cushman, 2013).

Al momento de cuantificar las ventajas de implementar un programa de IATF, es interesante que las mismas no solo pueden observarse a corto plazo como las ya mencionadas, sino que también se logra un efecto positivo a largo plazo en los vientres que conciben tempranamente en los sucesivos programas de inseminación. Es así que French y col., (2013) compararon la productividad en la vida de vaquillonas que concibieron en un programa de IATF y aquellas que lo hicieron por monta natural, reportando que aquellas bajo programas de IATF destetaron terneros más pesados y un mayor número de los mismos en toda su vida, frente a las servidas por monta natural. Siguiendo esta misma línea, las vaquillonas que paren más temprano en la estación reproductiva, tendrán a lo largo de su vida productiva, un ternero más, frente a aquellas que lo hacen más tarde (Cushman y col., 2013).

Parte de los resultados positivos obtenidos al integrar la IATF en el manejo reproductivo de un rodeo, puede atribuirse al material genético de los vientres utilizados. de Nava (2016) reporta tasas de preñez superiores en vaquillonas provenientes de un rodeo donde la fertilidad es parte del programa de selección, frente a aquellas seleccionadas para características productivas. A su vez, Lamb (2015) resalta que el uso de la IATF de manera sistemática en un establecimiento mejora año a año la tasa de preñez lograda en estos programas.

Como se describirá más adelante, hay distintos tipos de tratamientos y protocolos posibles para realizar una IATF sin embargo, al momento de decidir es importante que los criterios que determinan la elección incluyan la categoría de las hembras a presentar, por ejemplo, en el caso de aplicarse a vaquillonas Cutaia (2006) y Quintans (2008) aconsejan estar al menos en el 65% a 70% de su peso adulto, así como una condición corporal no menor a 2,5 (escalas 1-5) o idealmente 3 según Bó y col. (2002) Bó y Cutaia (2014) para obtener resultados aceptables en una sincronización. La condición corporal se relaciona con la cantidad de tejido de reserva que dispone el animal y el nivel nutricional de la hembra tiene una importante relación con la fertilidad (Cutaia, 2006). En este sentido, Bó y col. (2016) relacionan la baja condición corporal con menor diámetro folicular y menor concentración de estrógenos en vaquillonas. De igual manera, datos desprendidos de un ensayo en un predio comercial de Uruguay,

plantean otra característica relacionada a la fertilidad de la hembra, resaltando que las vaquillonas con mayor espesor de grasa dorsal, tienen mayor porcentaje de preñez a la IATF que aquellas con menos grasa (de Nava, 2016).

Diversos trabajos (Bó y Cutaia, 2005; Cutaia, 2006; Lamb, 2010; de Nava, 2013) recomiendan la realización de una evaluación ginecológica pre servicio con el fin de determinar el grado de desarrollo del tracto reproductor femenino, estimar el porcentaje de ciclicidad del rodeo y descartar preñeces indeseadas. Mediante una palpación rectal o ecografía, es posible establecer cuál es su estado fisiológico, teniendo en cuenta score reproductivos como el planteado por Andersen y col. (1991), y seleccionar el mejor protocolo para cada situación.

### Protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo

Inicialmente los protocolos de IATF, en líneas generales, se clasificaron en los basados en la utilización de GnRH y en los que utilizaban estrógenos (Bó y Cutaia, 2005; Bó y Baruselli, 2014; Bó y col., 2016; de la Mata, 2016), sin embargo, en la actualidad existen programas que utilizan combinaciones de ambas hormonas.

Otra gran limitante en el uso de una u otra hormona es la regulación que se tenga en cada país. En los protocolos de IATF basados en P4, la GnRH, BE y 17b-estradiol, han sido todos utilizados para sincronizar la emergencia de una nueva onda folicular y la ovulación. Sin embargo, según datos bibliográficos (Colazo y col., 2003; Bó y Baruselli, 2014; Bó y col., 2016) las sales de estradiol están restringidas en América del Norte, Europa y Nueva Zelanda, para algunas o todas las categorías, por lo que se ha extendido el uso de GnRH en estos países. Por el contrario, en América del Sur y rodeos de carne de Australia los protocolos más difundidos utilizan sales de estradiol (Bó y Cutaia, 2005; Bó y col., 2016).

En Argentina el tratamiento históricamente más utilizado consistió 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 $\alpha$  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., 2016). El uso de esta hormona como inductor de una nueva onda folicular permitió reducir los costos del tratamiento para la categoría vaquillonas.

Colazo y col. (2004) al evaluar el porcentaje de preñez de vaquillonas inseminadas a tiempo fijo, sincronizadas con distintos protocolos a base de P4 combinados con

GnRH o CPE, para inducir la emergencia de una nueva onda y/o la ovulación, encuentran que, mientras la fertilidad no se ve afectada por el tratamiento inductor de una nueva onda, sí es afectada significativamente por el tratamiento para inducir la ovulación. En este trabajo la tasa de preñez de las vaquillonas tratadas con CPE 24 hs posterior retiro del dispositivo fue significativamente superior, en comparación con aquellas bajo CPE al retiro del mismo, o GnRH al momento de la inseminación.

Contrario a lo antes mencionado, en un ensayo nacional (de Nava, 2013) en vacas y vaquillonas Holando, donde se evaluó cual hormona podría ser más efectiva para utilizar en un protocolo de IATF como inductora de una nueva onda folicular, el autor señala que se debe tener presente la categoría en la cual se va a aplicar, ya que la sustitución de GnRH por BE en vaquillonas mejoró la tasa de preñez, mientras que en vacas en ordeño, la mejor tasa de preñez se obtuvo al aplicar GnRH como generador de una nueva onda folicular. Por otro lado, Sá Filho y col. (2011) basados en la existencia de diferencias en la respuesta hormonal entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, observaron un menor resultado en la sincronización de una nueva onda folicular de estas últimas con GnRH, logrando mayores porcentajes de preñez con la utilización de BE, no siendo así en hembras *Bos taurus*.

Además, Martínez y col. (2002) vieron que al usar BE para sincronizar la ovulación se requería traer una vez más a los animales a las mangas, si se compara con los tratamientos que utilizan GnRH al momento de la IATF, aunque no se notaron diferencias significativas en la preñez.

En cuanto a los protocolos basados en GnRH, autores de la región (Bó y Cutaia, 2005; Bó y col., 2016) exponen resultados aceptables al aplicar el protocolo Ovsynch en vacas lecheras y de carne; no siendo así en el caso de rodeos de cría en condiciones pastoriles, debido a bajos porcentajes de concepción explicado por un elevado porcentaje de vacas en anestro. Asimismo, trabajos publicados por Pursley y col. (1997), Martínez y col. (2002), Lamb y col. (2010) reportan resultados poco favorables en vaquillonas, ya sea por fallas en la ovulación a la primer GnRH o por asincronía al comienzo del estro. Lo anterior podría explicar el poco éxito de este protocolo en vaquillonas al no alcanzar la sincronización folicular.

En ganado de carne es comúnmente utilizado el protocolo llamado CO-Synch (Bó y Baruselli, 2014) el cual consiste, al igual que el protocolo anterior, en una inyección inicial de GnRH, PGF2 $\alpha$  a los 7 días, seguida de una segunda inyección de GnRH 66 a 72 h más tarde, con la diferencia de que en el CO-Synch la IATF se realiza al mismo momento que la aplicación de la segunda GnRH, en lugar de 12 a 24 h después como ocurre en Ovsynch (Whittier y col., 2013).

Trabajos iniciales en Uruguay, evaluaron una modificación del protocolo Ovsynch con una adición de una fuente de progesterona, reportando mejores resultados en las tasas de preñez en vacas lecheras en producción con más de 100 días de paridas (Cavestany y col., 2000). En concordancia con lo anterior, en Estados Unidos al combinar una fuente exógena de P4 con el protocolo CO-Synch, Lamb y col. (2001) registraron una mejora de más de 10 % a la IATF al aplicar dicho dispositivo entre la administración de la primer GnRH y la PGF2 $\alpha$ . Similares resultados fueron observados por Martínez y col. (2002) donde obtuvieron valores 28.9% por encima del porcentaje de preñez en vaquillonas al combinar P4 intravaginal o acetato de melengestrol oral con un programa CO-Synch.

Un resultado interesante encontrado por de Nava y col. (2009) y Martínez y col. (2012) al usar protocolos con dispositivos de P4 que tengan concentraciones relativamente bajas de dicha hormona, es que se genera un considerable número de vaquillonas que demuestran celo a las 36 h de retirado el dispositivo. Por tal motivo, en condiciones comerciales, se ha utilizado la detección de celo por una hora aproximadamente, cuando las condiciones del establecimiento lo permiten. Una consecuencia positiva que se obtiene con esta variación es reducir los costos del programa ya que estos animales que han sido detectados en celo no reciben la última GnRH. Dentro de este marco, en un trabajo realizado en el país, de Nava y col. (2009) reportan que la tasa de animales detectados en celo, en las condiciones ya mencionadas, fueron de 44,8% y 33,3% para concentraciones de progesterona de 0,5 g y 0,75 g respectivamente.

Frente a la interrogante de cuál sería el mejor momento para realizar la inseminación, Pursley y col. (1998) evalúan el porcentaje de preñez obtenido tras inseminar en diferentes momentos, usando el protocolo Ovsynch, determinando que el mejor momento es entre las 8 y 24 horas después de dar la inyección de la última GnRH. Otro dato a resaltar de este experimento es que, al inseminar a las 0 horas de haber dado la segunda GnRH, se obtuvieron porcentajes similares y las pérdidas gestacionales fueron menores. Hallazgos similares son descritos por de Nava (2013).

En un trabajo de campo donde de Nava y Rodríguez (2012) compararon el uso de dos protocolos, con GnRH o BE para sincronizar la ovulación en vaquillonas de carne, reportaron mejores tasas de preñez con la utilización de la primera. Además, en base a resultados de sucesivos ensayos, de Nava (2013) mantiene como protocolo de IATF *convencional* para vaquillonas ciclando, aquel en el cual se administra una dosis de 1,5 mg de estradiol al momento de aplicar el dispositivo intravaginal de P4 (día 0), seguido de la extracción del mismo a la tarde del día 7 junto con 150 mg de cloprostenol. En la mañana del día 9 se realiza una detección de celo por 1 a 2 horas teniendo en cuenta el tamaño del rodeo; en la tarde de ese día se inseminan las

hembras previamente detectadas y se administran 8 µg de acetato de buserelina al resto del rodeo que no demostró celo. Finalmente se procede a la IATF de estos últimos en la mañana del día 10, entre 12 a 16 h posteriores a la administración de GnRH.

Situaciones imprevistas llevaron a que se volviera a evaluar una posible alternativa para este programa donde se modifica el momento de realización de la IATF, haciéndola coincidir con la administración de GnRH. Por lo que de Nava (2013) evalúa en dos años consecutivos las tasas de preñez alcanzadas en vaquillonas ciclando sometidas a dos variaciones de un programa de IATF, un grupo bajo el *Protocolo convencional* mencionado anteriormente y otro bajo un denominado *Protocolo alternativo*. En este último el retiro de dispositivos se realiza en la mañana del día 7 y una detección de celo a la mañana del día 9. Posteriormente en la tarde se realiza la IA de las vaquillonas que mostraron celo en la mañana y la IATF del resto del grupo con su correspondiente dosis de GnRH en ese momento. Logrando de esta manera inseminar la totalidad del grupo en la tarde del día 9, pero administrando GnRH en simultáneo con el servicio únicamente a aquellas que no se habían observado en celo.

La tasa de preñez para 1391 vaquillonas fue de 71.7% con el protocolo convencional y 69.5% con el protocolo alternativo (de Nava, 2013) en dos años consecutivos, no se observaron diferencias significativas entre ambos grupos. Estos resultados evidencian la posibilidad de aplicar el protocolo alternativo en condiciones comerciales, sobre todo cuando se desea distribuir de forma más uniforme los servicios en un número importante de animales sincronizados.

En el año 2012 se desarrolló en Argentina un protocolo denominado J-Synch (de la Mata y Bó, 2012), Basado en el uso de estrógenos y progesterona, caracterizándose por alargar el proestro al reducir la duración del tratamiento con el dispositivo de P4 a 6 días y sustituyendo las sales de estradiol como inductor de la ovulación (amplia utilización en ese país) por GnRH a las 72 h post retiro del dispositivo. En un trabajo en donde se evaluó el efecto de prolongar esta fase mediante el uso de este protocolo (Artagaveytia y Brochado, 2016), los autores concluyen que efectivamente se logra alargar el proestro, en comparación con una fuente de P4 por 7 días, logrando así un mayor tamaño de la estructura luteal y por consiguiente mayor producción de progesterona.

Mientras que, el J-Synch resulta en mejores tasas de preñez en vaquillonas de carne en comparación con el protocolo que utilizaba el dispositivo de P4 por un día más, cuando los animales presentaban buena CC y abundante oferta forrajera, en condiciones adversas no se vieron efectos beneficiosos de su aplicación (Bó y col., 2016; de la Mata, 2016).



En resumen, la selección del programa más adecuado para un determinado rodeo también dependerá de otros factores no fisiológicos como la eficiencia de la detección de celos, habilidad del veterinario en la palpación rectal, presupuesto disponible por hembra para el tratamiento, costo de la dosis de semen, disponibilidad de mano de obra calificada e instalaciones disponibles, pero fundamentalmente de los objetivos del programa de manejo del establecimiento (Bó y Cutaia, 2014). Independientemente del protocolo elegido, es fundamental la presencia de el/los profesionales a cargo del programa en los sucesivos pasos del mismo, a fin de asegurar el cumplimiento de los horarios de cada paso, aplicación correcta de las dosis indicadas en las distintas sustancias hormonales y su adecuada manipulación, así como también colaborar con el personal del establecimiento durante esta etapa (de Nava, 2013).

### **Resincronización para IATF seriadas**

Una desventaja común a los distintos programas de inseminación a tiempo fijo planteados es la necesidad del uso de toros de repaso luego de esta técnica (Baruselli y col., 2015a), pudiendo no ser suficiente para alcanzar los objetivos en los sistemas agropecuarios. Explicando el concepto anterior, estos autores mencionan que el primer celo de las hembras no preñadas luego de un programa de IATF tiende a presentarse de manera sincrónica, debiendo disponer de un mayor número de toros para cubrir este primer estro; concepto que llevó a que se planteara el desarrollo de nuevas alternativas como programas de inseminación intensivos o IATF seriadas.

La resincronización 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), pudiendo así lograr mejores porcentajes de parición y nacimientos concentrados, resultado que se obtiene en general cuanto mayor sea el porcentaje de preñez. Además de un periodo de parición lo más corto posible a fin de poder manejar de forma más eficiente el rodeo de cría (Rovira, 1996).

La aplicación de esta herramienta ha demostrado ser capaz de aumentar la cantidad de terneros nacidos, incrementando por consiguiente la productividad y rentabilidad de las explotaciones ganaderas (Baruselli y col., 2015a; Baruselli y Vieira, 2017), y en suma potenciar los resultados que se obtienen cuando se aplica una IATF.

Implementando un programa de resincronización del estro y la ovulación, se logra satisfacer la necesidad de inseminar el mayor número de animales en un periodo relativamente corto de tiempo, sincronizando así el retorno al estro de los vientres que

resultaron vacíos a la primera IATF (Cutaia y col., 2003a), pudiendo realizar lo que se denomina programa de IATF seriadas. Otra característica positiva al usar un programa de resincronización en vaquillonas, es que los partos tempranos en la época de parición permiten la recuperación de estas futuras vacas de primera cría, para la siguiente estación reproductiva, mejorando la eficiencia de esta categoría.

Este tipo de tecnología conserva 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 productos nacidos de IA. (Baruselli y col., 2015a; Bó y col., 2016; Baruselli y Vieira, 2017). Trabajos en la región mencionan que la resincronización de los retornos es una herramienta que ha demostrado ser efectiva y de fácil implementación en establecimientos de cría (Cutaia y col., 2003a). Asimismo, es posible también hacer coincidir el diagnóstico de gestación con uno de los tratamientos del programa (como por ejemplo la administración de PGF2 $\alpha$ ) optimizando la manipulación de los animales y el trabajo (Sá Filho y col., 2014).

Los protocolos de resincronización se pueden clasificar en dos, según el momento en el cual son iniciados. Partiendo del diagnóstico de gestación: los que se realizan antes de éste (13 a 22 días después de la primer IATF) sincronizando el 100% de los animales gestantes y no gestantes y los realizados luego del diagnóstico de preñez, alrededor de 28 a 32 días post primer IATF (Cutaia y col., 2003a; Baruselli y col., 2015a; Baruselli y Vieira, 2017).

La resincronización iniciada 22 días después de la primer IATF, sin diagnóstico previo de gestación, proporciona anticipación de ocho días en la realización de la segunda IATF, cuando se la compara con la resincronización al momento del diagnóstico de gestación, aumentando las chances de que la hembra pueda preñarse en los primeros 32 días de la estación de servicio. Uno de los inconvenientes de realizar la sincronización al día 28 o 32 es que se alarga el período entre inseminaciones, lo que podría ser un aspecto negativo al postergar las futuras estaciones de servicio. No obstante, Baruselli y col. (2015a) mencionan que esta última es la más empleada a nivel comercial, debido a los menores costos al resincronizar menos animales.

En un ensayo a campo realizado por los mismos autores, donde se evaluó el efecto de la resincronización al momento del diagnóstico de gestación (30 días después de la primer IATF), se demostró que cuando los programas de IATF seriadas se aplican de manera adecuada y contemplando las condiciones nutricionales, sanitarias y de manejo correspondientes es posible obtener, para todas las categorías de hembras, cerca del 75% de preñez en los primeros 40 días de servicio. Esto coincide con lo observado en otro ensayo por Baruselli y Vieira (2017), donde se aplicó la resincronización precoz, a los 22 días post primer IATF (previo diagnóstico de

gestación), logrando mantener el intervalo entre partos cercano a los 12 meses. Para reforzar estos resultados, 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% (Bó y col., 2016).

Debido a que usualmente los diagnósticos de gestación por ultrasonografía no se realizan hasta 26-28 días después de la primer IATF, los tratamientos inductores de una nueva onda folicular, no deben afectar los porcentajes de preñez de la primera inseminación (Colazo y col. 2006). En este sentido, con respecto al efecto que pueden tener las hormonas utilizadas en este tipo de programas sobre el porcentaje de preñez, Chebel y col., (2003) midieron el resultado de la GnRH en un tratamiento de resincronización de la ovulación, aplicando un protocolo Ovsynch, sobre la preñez preestablecida y las pérdidas embrionarias en vacas lecheras. La resincronización comenzó 21 días luego de la IATF con la aplicación de la primera dosis de GnRH, 7 días más tarde los animales diagnosticados como no gestantes recibieron la correspondiente dosis de PGF2 $\alpha$  y se continuó con el protocolo. Al finalizar el ensayo, los autores confirmaron que la GnRH administrada 21 días luego de la primer IATF no afecta el porcentaje de preñez ni causa pérdidas embrionarias en los primeros 42 días de gestación en estos animales. Estos hallazgos coinciden con lo publicado por Sá Filho y col. (2014).

Por otro lado, el efecto del BE en programas de resincronización precoz con dispositivos de P4 fue evaluado en un ensayo de Cutaia y col. (2003a) donde se resincronizaron vaquillonas Hereford de 15 meses al día 13 de la primer IATF, mediante dispositivo intravaginal de P4 más 1 mg de BE i.m. Posteriormente fueron detectadas en celo e inseminadas 8 a 12 horas después. A los 30 días de la segunda IA se evaluó el porcentaje de preñez de la sincronización y resincronización, observando un mayor número de animales que retornaron al estro en el grupo tratado en comparación al grupo control (54,1% vs. 6,2% respectivamente). Los autores concluyen que el tratamiento de resincronización con 1 mg de BE junto al dispositivo de P4 al día 13, aumenta el número de vaquillonas que retornan al estro, a expensas de una reducción en la tasa de preñez del primer servicio al compararse con el grupo sin resincronizar (41,6 vs 61,2 respectivamente). Estos hallazgos hacen de los programas de resincronización que incluyen BE al día 13 post IATF algo cuestionable o arriesgado cuando se aplica en vaquillonas, debido al probable efecto luteolítico de la misma en este período del ciclo.

No obstante, este mismo equipo de trabajo evaluó el efecto de comenzar la resincronización temprana post primer IATF en vacas Braford secas y ciclando, aplicando el mismo esquema mencionado anteriormente, comparándolo con el grupo control el cual no fue tratado luego del primer servicio. Los resultados de preñez fueron

evaluados 30 días luego de la segunda inseminación, donde no se observaron diferencias significativas entre ambos grupos, tanto a la primera como segunda IA. Se concluye que no hubo efectos negativos del programa sobre la preñez de los animales resincronizados. Sin embargo, ensayos llevados a cabo por Vieira y col. (2014) y Bó y col. (2016), donde midieron el resultado de un programa de resincronización de la ovulación al día 13 de la IATF, sobre la emergencia de una nueva onda folicular, así como la actividad del CL, y la eficiencia reproductiva de este programa sobre vacas en lactación, concluyen que la administración de 1,5 mg de BE junto con un dispositivo de P4 al día 13 luego de la primer IATF en vacas lecheras, tiene efectos negativos sobre el CL (medido por la reducción en la vascularización del mismo por ultrasonografía Doppler) y consecuentemente sobre la preñez de la primera inseminación.

Asimismo, Sá Filho y col. (2014) estudiaron en un ensayo sobre 664 vacas y vaquillonas Nelore ciclando, los efectos de 1mg de BE 22 días después de la primer IATF, para sincronizar la emergencia de una nueva onda, en donde no hallaron efectos negativos de éste en los porcentajes de preñez. Así como no hubo diferencias significativas en las pérdidas gestacionales entre el grupo tratado y control.

En esta misma línea, Galvao y col. (2007) luego de evaluar diferentes combinaciones de tratamientos hormonales para resincronizar el retorno al estro y la ovulación sobre vacas lecheras previo al diagnóstico de gestación, con un intervalo entre inseminaciones de 34 días, encontraron que la aplicación de dispositivos de P4, ECP y GnRH, no mostró diferencias significativas en la performance reproductiva de los tres tratamientos evaluados, concluyendo que el uso de estas hormonas entre los días 14 y 32 post primer IA no causa efectos negativos sobre la preñez preestablecida. Para reforzar este concepto, en un experimento realizado por El-Zarkouny y Stevenson (2004) en donde usaron fuentes intravaginales de P4 exógena para resincronizar vacas en lactación con estado de preñez desconocido, vieron que esta hormona incrementa el número de animales sincronizados que se detectan en celo sin alterar la tasa de concepción previa. Estos autores también observaron un incremento en la sobrevivencia embrionaria entre los días 29 a 57 después de la inseminación.

En un estudio a campo de Crepaldi y col. (2014) donde se evaluó la eficiencia reproductiva de 507 vaquillonas Nelore, sometidas a tres resincronizaciones con un intervalo de 32 días entre inseminaciones, registraron una tasa de preñez total de 78,6%. El protocolo de IATF utilizado comprendía la colocación de dispositivo de P4 junto con 2,0 mg de BE al inicio, retiro de los dispositivos al día 8 junto con la administración de 300 UI de eCG, 1,0 mg de ECP y 0,75mg de cloprostenol, para luego ser inseminadas 48 h después. Los porcentajes de preñez obtenidos fueron de

50,9%, 35,8% y 35,4% para la 1ra, 2da y 3er IATF respectivamente. Dichos programas permiten alcanzar una estación reproductiva de 64 días, sin la necesidad del uso de monta natural.

A modo de síntesis, la IATF seriada puede adaptarse a diferentes situaciones en el ámbito de los establecimientos comerciales. Por ejemplo, puede ser de gran interés para establecimientos que venden los terneros al destete o que tengan una fecha fija para la comercialización de los animales productos de la resincronización (Baruselli y col., 2015a). Así como aquellos establecimientos en los que se quiera introducir una nueva raza o no sea posible la presencia física de toros o se desee prescindir de ellos.

## **HIPÓTESIS**

1. El programa de IATF seriadas en vaquillonas de carne logra tasas de preñez similares a las logradas con una IATF más repaso con toros.
2. El programa de resincronización no afecta la preñez de la primera IATF.

## **OBJETIVOS**

1. Evaluar el porcentaje de preñez logrado en los primeros 64 días de comenzado el periodo de servicio en vaquillonas de carne en un programa de 3 IATF seriadas, comparado con un programa de IATF más repaso con toros.
2. Evaluar si el inicio de un protocolo de resincronización temprano en vaquillonas preñadas puede afectar dicha gestación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo se llevó a cabo entre noviembre de 2015 y junio de 2016 en un establecimiento agrícola ganadero ubicado en el km 299 de la ruta 6, paraje Cerro Pereira, departamento de Tacuarembó. Se utilizaron 645 vaquillonas Aberdeen Angus, Hereford y sus cruzas, de 24 meses, ciclando, las cuales fueron seleccionadas previamente en base a una evaluación genital por palpación rectal para determinar su estado fisiológico. Fueron manejadas en campo natural durante todo el ensayo.

El día -10 se administró 1,5 mg de BE (Benzoato de estradiol®, laboratorio Zoovet, Argentina) i.m., y se les colocó un dispositivo intravaginal descartable de 750 mg de P4 natural (Pro-Ciclar®, laboratorio Zoovet, Argentina). En la tarde del día -3 se procedió al retiro de los dispositivos y a la inyección i.m. de 150 mg de cloprostenol (Ciclar®, laboratorios Zoovet, Argentina). En el día -1 se realizaron dos detecciones de celo de 1 hora de duración cada una (06:00 a.m. y 11:00 a.m.); por la tarde se inseminaron los animales detectados en celo, y luego se administró al resto de las vaquillonas 8 µg de acetato de buserelina i.m. (GnRH, Progerelin®, Nanokem, Uruguay). En la mañana del día 0 se inseminaron los animales no detectados en celo (IATF I), con semen congelado proveniente de toros de fertilidad probada (Aberdeen Angus y Hereford).

El día 9 del ensayo se distribuyó las vaquillonas en dos grupos al azar, considerando igual número de animales detectados en celo y los toros utilizados en el primer servicio. Para ello se utilizó un lector de trazabilidad Baqueano Pro (Baqueano®, Uruguay) con software Gestor de lecturas y función de Apartado de ganado.

El grupo control se asignó a repaso con monta natural (MN) con un 5 % de toros (previamente evaluados como aptos para el servicio y calificados con una alta capacidad de servicio) y el grupo tratado a inseminaciones a tiempo fijo seriadas (IS). A partir de este momento los grupos se manejaron en potreros distintos sobre campo natural, con oferta de pastura y carga animal similares entre grupos.

El día 23 a.m. se les colocó, a las vaquillonas del grupo IS, un nuevo dispositivo intravaginal Pro-Ciclar® y se les administró una dosis de 1mg de BE a efectos de comenzar la resincronización.

Al día 30 a.m. previo retiro de dispositivos intravaginales de las vaquillonas del grupo IS, se realizó ultrasonografía para diagnóstico de preñez (ECO I) en ambos grupos, utilizando un ecógrafo portátil Easi-Scan (BCF Technology®, Escocia) provisto con un transductor de 5MHz. En base a los resultados obtenidos los animales preñados en ambos grupos se agruparon y fueron enviados a un nuevo potrero. Los animales vacíos del grupo MN se enviaron a otro potrero con un ajuste de 3% de toros. A las del grupo IS se les administró 150 mg de cloprostenol i.m.

El día 32 p.m. se realizó la segunda inseminación (IATF II) en el IS con semen de toros de fertilidad probada y se les administró 8 µg de GnRH i.m.

La segunda resincronización del IS comenzó el día 55 del ensayo, mediante la colocación de dispositivos intravaginales de P4 y administración i.m. de 1mg BE en aquellas vaquillonas inseminadas en la IATF II.

En el día 62 a.m., se retiraron los dispositivos del grupo IS y se realizó el diagnóstico de gestación por ultrasonografía (ECO II) en ambos siguiendo la metodología aplicada en la ECO I. Las vaquillonas diagnosticadas como preñadas en ambos grupos fueron agregadas al potrero de las preñadas. Las vacías del grupo IS recibieron 150 mg de cloprostenol y a las 48 horas (día 64 p.m.) se inseminaron (IATF III) y se les administró simultáneamente 8 µg de acetato de buserelina. Se utilizó nuevamente semen congelado proveniente de toros de fertilidad probada, y simultáneamente se retiraron los toros del grupo MN.

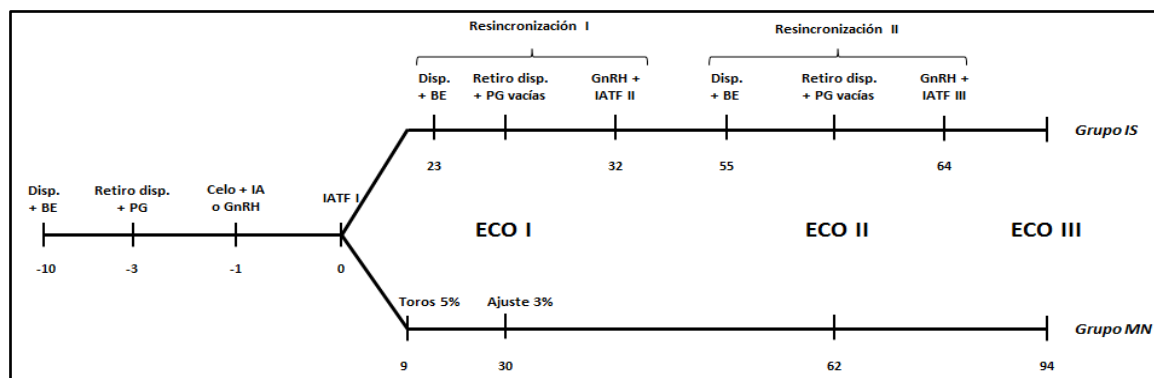
Al día 94 del ensayo se llevó a cabo la tercera ultrasonografía (ECO III) en ambos grupos, para determinar la tasa de preñez a la IATF III en el grupo IS y la tasa de preñez final para ambos grupos, considerada como el porcentaje acumulado en los tres diagnósticos de gestación.

A los 120 días luego de la ECO III, se evaluaron las pérdidas embrionarias (PE) en ambos grupos por una nueva ultrasonografía.

Cada evento fue registrado electrónicamente con el lector de trazabilidad.

### Análisis Estadístico

El porcentaje de preñez final por tratamiento se analizó mediante Chi cuadrado y regresión logística utilizando SAS (SAS, Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2003). Se estableció el nivel de diferencia estadística en el 5%



**Figura 1-** Diseño experimental en los primeros 94 días

**Cuadro 1-** Cronograma de trabajo.

DÍAS		GRUPOS	
		MN	IS
-10		Colocación de dispositivos + BE	
-3	PM	Retiro dispositivos + PG	
-1	AM	Detección de celo	
	PM	IA celo visto + GnRH al resto	
0	AM	<b>IATF I</b>	
9		Toros al 5%	
23	AM		Colocación disp. + BE
30	AM		Retiro disp.
		<b>ECO I + Ajuste de toros (3%)</b>	<b>ECO I</b>
		Preñadas se juntan	Preñadas se juntan
			Vacías se les da PG
32	PM		GnRH + <b>IATF II</b>
55			Colocación disp. + BE
62	AM		Retiro dispositivo
		<b>ECO II</b>	<b>ECO II</b>
		Preñadas se juntan	Preñadas se juntan
			PG a las vacías
64	PM		GnRH + <b>IATF III</b>
94	AM	<b>ECO III</b>	<b>ECO III</b>
214	AM	<b>ECO IV</b>	<b>ECO IV</b>

MN: Monta Natural. IS: Inseminaciones Seriadadas. BE: Benzoato de estradiol. PG: Clorporstenol. ECO: Ultrasonografía



## RESULTADOS

**Cuadro 2-** Comparación de los resultados obtenidos con un programa de IATF seriadas y un programa de IATF más repaso con monta natural.

	Día 0			Día 32			Día 64		
	IS	MN	P	IS	MN	P	IS	MN	P
<b>Servicios</b>	324	321		105	102		34	34	
<b>Preñadas</b>	219	219		71	67		17	23	
<b>% de Preñez</b>	67,6	68,2	0,86	67,6	65,7	0,77	50,0	67,7	0,14
<b>Servicios Acumulados</b>	321	321		429	-		463	-	
<b>Servicios / Concepción</b>	1,48	1,47		1,49	-		2,0	-	
<b>Preñeces Acumuladas</b>	219	219		290	286		307	309	
<b>% de Preñez Acumulada</b>	67,6	68,2	0,86	89,5	89,1	0,26	94,8	96,6	0,26

MN: Monta Natural. IS: Inseminaciones Seriadas. P: Probabilidad.

### Porcentaje de preñez al día 0:

El porcentaje de preñez al día 0, medido en la ECO I, fue similar para ambos grupos. No hubo diferencias en la tasa de preñez de la IATF I (P= 0,86), con tasas de 67,6% y 68,2% para los grupos IS y MN, respectivamente (Tabla 2).

Al día -1 del protocolo, un 40% (261/465) de las vaquillonas fueron detectadas en celo. El porcentaje de preñez registrado para estos animales fue mayor en relación con las vaquillonas que recibieron GnRH e IATF al día 0 (72,0% vs. 65,1% respectivamente, (Tabla 1). No hubo diferencias significativas entre ambas ( $P=0,06$ ).

**Cuadro 3-** Porcentaje de preñez luego del primer tratamiento (IATF I) para vaquillonas detectadas en celo y sin detectar.

	N	%	OR	CI	P
<b>Detectadas en celo (día -1)</b>	261	72.0	0.98	1.380-1.944	
<b>Sin detectar (día 0)</b>	384	65.1	1.0	Referente	0.06

OR: Odd Ratio; CI: Intervalo de confianza; P: Probabilidad

### Porcentaje de preñez al día 32:

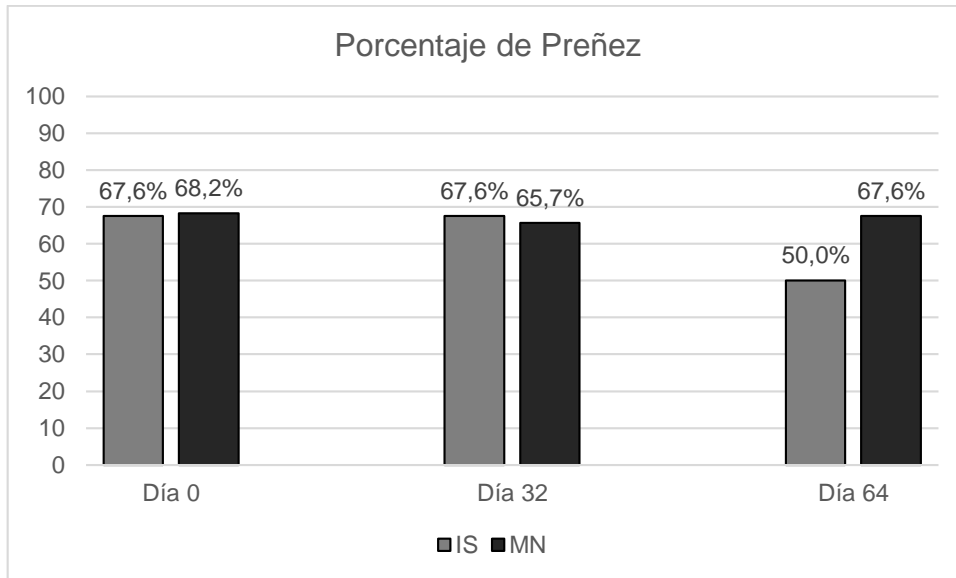
No hubo diferencias en los porcentajes de preñez a la ECO II entre los grupos IS y MN ( $P=0,77$ ). Para el primer grupo, la tasa de preñez fue de 67,6% y 65,7% para el grupo MN (Figura 2).

El porcentaje de preñez acumulado, con el primer y segundo servicio, fue de 89,5% y 89,1% para los grupos IS y MN respectivamente, en los 32 días de la estación reproductiva (Figura 3).

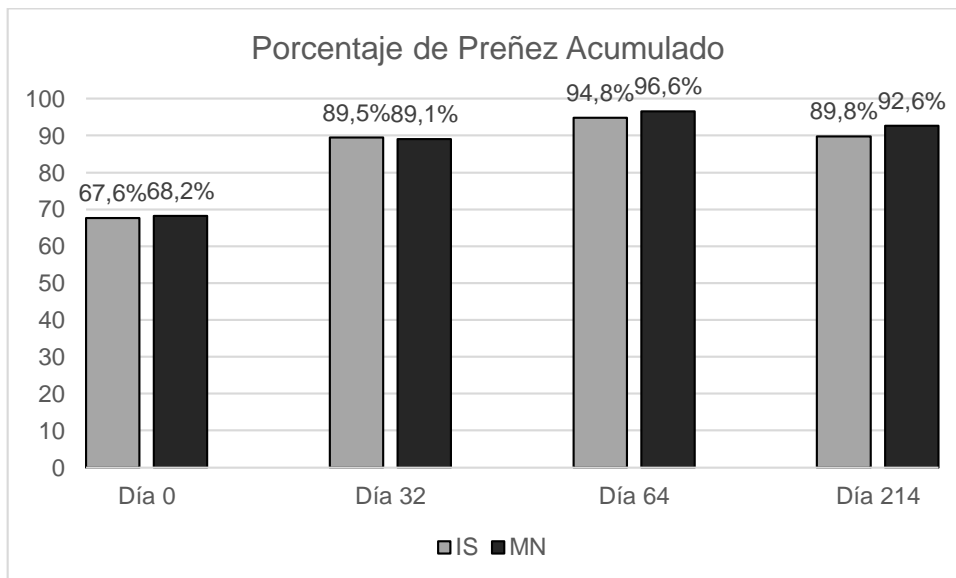
### Porcentaje de preñez al día 64:

El resultado del tercer servicio, evaluado al día 94 con la ECO III, fue 50,0% para el grupo IS y 67,7% para el grupo MN (Figura 2). No se registraron diferencias en las tasas de preñez entre ambos grupos ( $P=0,14$ ).

El porcentaje de preñez acumulado o final al día 64 fue, para grupo IS 94,8% vs. 96,6% para el grupo MN (Figura 3). La diferencia entre ambos grupos no fue significativa ( $P=0,26$ ).



**Figura 2-** Comparación del porcentaje de preñez por servicio y por grupo, en los primeros 64 días de ensayo



**Figura 3-** Comparación de los porcentajes de preñez acumulados de ambos grupos durante todo el ensayo.

### Porcentaje de preñez al día 214:

La tasa de preñez del grupo IS y MN, evaluada 120 días luego de la ECO III por una nueva ultrasonografía, fue de 89,8% vs. 92,6% respectivamente. De lo anterior se

desprende un porcentaje de pérdidas embrionarias de 5,0% para el IS y 4,0% para el MN (Figura 3).

### Costos de implementación de un programa de IATFs seriadas:

El costo total por animal preñado en un programa de IATFs seriadas del presente trabajo, es de U\$S 35, 62 (Tabla 4). Se tuvo en cuenta costos de hormonas, dosis de semen, honorarios profesionales, entre otros implementos de la técnica, sobre el total de hembras preñadas.

**Cuadro 4-** Costos del programa de IATF seriada (expresados en U\$S) a valores del año 2015

	Precio unit.	1er IATF	2da IATF	3er IATF	Total	Precio/ animal insem
<b>Dispositivos</b>	3,4	1098,2	1098,2	357	2553,4	7,91
<b>BE x 100ml</b>	10,9	54,91	35,21	11,45	101,57	0,31
<b>PGF2<math>\alpha</math> x 20ml</b>	9,8	316,54	102,9	33,32	452,76	1,40
<b>GnRH x 50ml</b>	19,6	206,72	84	21,17	311,89	0,97
<b>Vainas (50 un.)</b>	4,5	29,1	9,45	3,1	41,65	0,13
<b>Otros</b>	0,1	33	10,5	3,4	46,9	0,15
<b>Dosis Semen</b>	6	1938	630	204	2772	8,58
<b>Honorarios</b>	10	3230	1050	340	4620	14,30
<b>TOTAL</b>		6906,47	3020,26	973,44	10900,17	33,75
<b>Costo/animal inseminado</b>		21,4	28,8	28,6	25,47	
<b>Costo/animal preñado</b>		31,7	42,5	57,3	35,62	
<b>Preñez estimada</b>		67,5%	89,5%	94,7%	94,7%	

## DISCUSIÓN

Los porcentajes de preñez obtenidos en el presente ensayo (Tabla 2 y Figura 2) superan lo reportado tanto a nivel nacional como en la región, con promedios de 50% (Baruselli y col., 2013; de Nava 2013; Bó y col., 2016). No obstante, como se describe anteriormente, la implementación de los distintos esquemas hormonales difiere para cada región o país en particular, por lo que las diferencias entre los trabajos comparados y el presente, podrían estar explicadas por este hecho; por ejemplo, en Argentina los protocolos más difundidos son a base de sales de estradiol, al igual que para rodeos de carne en Brasil. Por otro lado, existen reportes nacionales con mejores resultados de preñez para vaquillonas cuando se utiliza GnRH como inductora de la ovulación en comparación con BE (de Nava y Rodríguez, 2012). De lo anterior se desprende que implementando un programa de IATF con una combinación de GnRH y estrógeno, en vaquillonas de carne ciclando de dos años, es posible obtener tasas de preñez superiores a los valores promedios registrados en la región.

La diferencia entre los porcentajes de preñez registrado para las vaquillonas inseminadas a celo visto, en relación a las inseminadas a tiempo fijo en la IATF I, a pesar de no ser estadísticamente significativa, mostró una tendencia a ser mayor a favor de las primeras (72% vs. 65,1%;  $p=0,064$ ). Lo que se contrapone a lo encontrado por Viñoles y Cavestany (1998) quienes no registraron diferencia en la tasa de preñez de vaquillonas inseminadas a tiempo fijo (66,7%) vs. inseminadas a celo detectado (69,2%) dentro de los 7 días de comenzado el tratamiento. A diferencia de ese trabajo, el presente ensayo se basó en un programa en donde se utilizó una combinación de P4, BE, PGF2 $\alpha$  y GnRH a diferencia del ensayo mencionado, donde se aplicó un protocolo a base de GnRH y PGF2 $\alpha$ , posible razón de la diferencia encontrada. En este sentido, se reportan resultados inferiores para la sincronización con este último esquema hormonal, cuando es aplicado sobre vaquillonas (Pursley y col., 1997; Martínez y col., 2002; Lamb y col., 2010).

El comportamiento de los animales observados en celo en el día - 1 del presente ensayo fue similar a lo publicado por de Nava y col (2009) utilizando concentraciones bajas de P4. En nuestro caso, al utilizar una concentración de 0,75g se obtuvo un 40% de animales en celo, en comparación con el 33,3% expuesto por dichos autores. El mayor porcentaje de celo encontrado en nuestro trabajo podría explicarse por las dos detecciones realizadas (06:00 a.m. y 11:00 a.m.), permitiendo visualizar más animales que expresan estro.

La similitud entre los porcentajes de preñez acumulados obtenidos en la segunda ecografía (ECO II), para los grupos en estudio (Tabla 2 y Figura 3), indican que la implementación de un programa de resincronización temprano permite alcanzar en un

periodo de servicio de 32 días, resultados semejantes a los obtenidos por el repaso con toros, sumado a las ventajas productivas y reproductivas de aplicar esta tecnología en el rodeo (Baruselli y col., 2015a; Bó y col., 2016; de Nava, 2016; Baruselli y Vieira, 2017).

Los resultados de este ensayo superan los registrados por Sá Filho y col. (2014) en un ensayo similar, quienes alcanzaron un promedio de 75% de preñez en 32 días, al aplicar un programa de resincronización con BE al inicio del protocolo, implantes de P4 por 7 días y ECP junto con PGF2 $\alpha$  al retiro del mismo, en vaquillonas Nelore cíclicas previamente inseminadas. Por otro lado, Marques y col. (2012) acumularon un 80% de preñez en vaquillonas de carne *Bos indicus*, difiriendo en que la resincronización fue aplicada a los 30 días de la primer IATF, con un total de 40 días de temporada de servicio.

Los porcentajes de preñez de las vaquillonas del grupo IS, al utilizar el protocolo alternativo aplicado en la IATF II, fueron similares a los registrados para el protocolo convencional en la IATF I, Esta observación concuerda con lo reportado por de Nava (2013), quien no encontró diferencias significativas entre las tasas de preñez de ambos protocolos. La concordancia planteada permite reafirmar la aplicabilidad del protocolo alternativo en condiciones comerciales.

Semejante a los resultados obtenidos tras la resincronización de vientres previamente inseminados, las tasas de preñez a la tercer IATF luego de una segunda resincronización también se pueden considerar positivos, con un 50,0% de preñez sobre las restantes hembras que retornaron al estro, lo que es superior a publicaciones anteriores, donde Crepaldi y col. (2014) registran un 35,4% para la tercer IATF en vaquillonas Nelore. Considerando que ambos ensayos utilizaron la misma categoría de animales, número de días de ensayo, e instancias de manejo ya que los protocolos utilizados para la resincronización implicaban movilizar el mismo número de veces el rodeo, la diferencia en las tasas de preñez podría estar explicada por las hormonas para sincronizar la ovulación, dosis utilizadas en cada protocolo o por el tipo de animal.

Con respecto al comportamiento reproductivo en las distintas IATF de las vaquillonas del grupo IS, este tercer diagnóstico reveló una disminución de 17,6 puntos porcentuales al compararlo con lo obtenido para la IATF I e IATF II (Tabla 2 y Figura 2), cabría plantearse si ese descenso encontrado en el último diagnóstico podría deberse a la mayor proporción de animales con menor fertilidad intrínseca en esta IATF (Cavestany, D) (2017) comentario personal. El análisis estadístico entre los resultados de las diferentes IATF no fue llevado a cabo debido a la notoria diferencia numérica entre las hembras de los tres programas (324, 105 y 34 vaquillonas,

respectivamente). Esta variabilidad podría desvirtuar los resultados estadísticos, debido principalmente al bajo número de animales en la última ultrasonografía.

Al finalizar el periodo reproductivo y comparar los porcentajes acumulados de ambos grupos, no se registraron diferencias en los porcentajes de preñez (94,8% vs. 96,6%, IS y MN respectivamente), demostrando que el programa resincronización, con estado gestacional desconocido, no compromete la preñez previa de las vaquillonas tratadas. Al analizar los resultados como valores globales, se alcanzan valores cercanos al 95% de preñez en 64 días de estación reproductiva. Estos valores superan lo publicado por Crepaldi y col. (2014) y Baruselli y Vieira (2017), quienes alcanzaron un 78,6% y 87,4% respectivamente, al final de un programa reproductivo de tres IATFs consecutivas, en el mismo tiempo de servicio. Los mejores porcentajes encontrados en este ensayo podrían atribuirse al uso de diferentes hormonas y dosis en los protocolos planteados, y las diferencias existentes entre la fisiología reproductiva de hembras *Bos taurus* y *Bos indicus*. En este sentido, las últimas 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 tasa de concepción, al compararse con hembras británicas (Bó y col., 2003). En esta misma línea, aunque pueden encontrarse otras similitudes entre ambos grupos genéticos (Bó y col., 2003), ensayos de Mota y col., (2011) y Sartori y col. (2013) registraron una mayor población de folículos pequeños durante todo el ciclo estral para hembras *Bos indicus*, pero con un diámetro del folículo preovulatorio 2 mm menor que en las hembras *Bos taurus*, así como también un menor tamaño del CL. Sá Filho y col. (2011) también encontraron diferencias en la respuesta a tratamientos hormonales entre ambos grupos, con menor respuesta a la resincronización con GnRH a los 22 días de la primer IATF para hembras *Bos indicus*, contrariamente a lo encontrado para *Bos taurus* (Baruselli y col., 2013). En base a lo anterior, al analizar las posibles diferencias en los resultados comparados, se debe considerar también los esquemas utilizados en dichos ensayos, los cuales difieren con el presente, en la utilización de sales de estradiol como inductor de la ovulación.

Autores brasileños (Baruselli y col., 2015a) lograron, tras dos resincronizaciones, una tasa de preñez acumulada en vacas y vaquillonas Nelore de 83,1%, indicando que independientemente de las diferencias fisiológicas mencionadas anteriormente, hay una concordancia con el presente trabajo, en que implementando un programa de tres IATFs consecutivas es posible lograr porcentajes de gestación elevados, sin la necesidad de repaso por servicio natural. No obstante, al analizar los porcentajes al segundo servicio, también se podrían considerar aceptables para un establecimiento comercial, dado que se aproximan al 90% de preñez (Figura 3) en un periodo de servicio de 32 días. Este hecho podría ser tentador para el productor ganadero, a pesar de sacrificar puntos porcentuales de preñez, y por ende futuros terneros, en cuanto a poder reducir costos y trabajo aplicando dos IATF en lugar de tres.

Los programas de resincronización de la ovulación han sido una de las tecnologías que viene en aumento a nivel de muchos países, donde se busca mejorar la performance reproductiva de los rodeos y lograr estaciones de parición más concentrada. Sin embargo, como se plantea anteriormente (Cutaia y col., 2003a; Vieira y col., 2014; Bó y col., 2016), algunas hormonas utilizadas en estos programas pueden comprometer la preñez de los animales tratados, según la categoría y el momento en el que son aplicadas. En este sentido, el ensayo publicado por Cutaia y col. (2003a) evidencia que la aplicación temprana de 1 mg de BE en vacas de carne previamente inseminadas, no afecta el porcentaje de preñez de la primer IATF, pero si observaron consecuencias negativas al aplicar el mismo esquema hormonal con BE al día 13, en vaquillonas de 15 meses. Por otro lado, Vieira y col. (2014) sí evidenciaron una disminución en la preñez de vacas en ordeño resincronizadas con 1,5 mg BE 13 días luego del primer servicio. Sin embargo, al evaluar en el presente ensayo el efecto del protocolo utilizado en la resincronización de vaquillonas de 2 años comenzado al día 23 de la IATF I, se observó que la aplicación de 1 mg de BE al momento de la inserción del dispositivo de P4, anticipándose 7 días al diagnóstico de gestación, no afecta la preñez del primer servicio. Este hallazgo coincide con lo publicado por Sá Filho y col. (2014), donde la resincronización de vaquillonas Nelore con 1 mg de BE al momento de aplicar un implante de P4, 22 días luego de la primera inseminación, no afecto la tasa de preñez preestablecida. Estos autores tampoco observaron efectos adversos en otro grupo del mismo ensayo, al aplica un protocolo con GnRH como inductor de una nueva onda.

Por otro lado, en otros ensayos llevados a cabo por Colazo y col. (2006) donde evaluaron la resincronización de vaquillonas con diferentes presentaciones de progestágenos 13 días luego de la IATF, registraron tasas de preñez promedio acumuladas de 70%, donde los menores porcentajes fueron atribuidos a una de las formas de presentación del progestágeno. Sin embargo, al tomarlo como valor global, independientemente de la hormona utilizada, y compararlo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, una posible explicación al menor resultado, podría estar dada por el segundo servicio de su ensayo, el cual fue mediante inseminación a celo detectado, lo que podría haber aumentado el margen de error de esta técnica, al compararse con la IATF.

Basados en conceptos semejantes, otros autores (Chebel y col., 2003; Galvao y col., 2007) concluyen, luego de medir el resultado de distintas combinaciones hormonales en vacas lecheras, que la resincronización con sales de estradiol, o GnRH aplicada entre 21 a 31 días luego de la primer IA, sin diagnóstico de gestación, en combinación con dispositivos de P4, no altera en forma negativa la preñez previa. Lo que concuerda con los resultados observados en el presente ensayo en relación a la fecha de administración de las hormonas.



El porcentaje de pérdidas gestacionales, registradas en el presente ensayo para ambos grupos, se considera dentro de los valores descritos en la bibliografía consultada y están en relación con lo obtenido por Sá Filho y col. (2014). Por otro lado, fueron menores a los encontrados en otros trabajos de resincronización aplicados a vacas lecheras en lactación (Galvao y col., 2007), aunque podría estar explicado por los bajos niveles de P4 en etapas tempranas de la gestación, que se describen para vacas de alta producción (Gómez y col., 2013), como la de estos ensayos, o al inicio temprano del programa hormonal (día 14 post IATF).

Además de la mejora genética, la implementación de este tipo de programas de IATFs seriadas genera, entre otras ventajas, 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, 2015). Así mismo, se debe tener en cuenta los costos a los que se incurre por instrumentación de estos programas, sin embargo, la información disponible en la región con respecto a los costos y resultados económicos sobre IATFs seriadas es escasa (González, 2017). Al realizar un análisis general, se compararon los costos de una preñez obtenida por el programa realizado (Tabla 4), contra los costos de una preñez por un servicio de monta natural planteado por de Nava (2015).

El costo total estimado por animal preñado, tras aplicar en este ensayo tres servicios de IATF, fue de U\$S 35,62. Este valor equivale a un costo promedio de U\$S 36,0 para una preñez por monta natural tomado del análisis antes mencionado (de Nava, 2015), el cual refiere a 3 años de uso y un costo de compra promedio del reproductor. Se puede considerar que, para el escenario actual de nuestro país, ambos son económicamente comparables y muestra la aplicabilidad de la IATF seriada en condiciones comerciales.

Al contrario de los costos de la IATF seriada (los cuales son ponderables en su totalidad), los costos del servicio por monta natural incluyen factores medibles como el costo del reproductor o años de servicio, y otros no medibles con exactitud como costos de mantenimiento, número real de hembras capaz de cubrir, pérdida de fertilidad, muerte o enfermedad, entre otros. Por otro lado, los parámetros que lo influyen presentan una gran variabilidad dependiendo de cada situación. Es así que, al aplicar este concepto en el ensayo antes mencionado, reproductores de mayor valor y de corta vida productiva elevan en gran medida los costos de preñez, no siendo así cuando se utilizan toros económicos con más de cuatro años de uso.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se puede decir que una posible desventaja de un programa de IATF, cuando se lo compara con el servicio natural, es el nivel técnico o de mayor conocimiento que éste requiere. Otro aspecto a tener en

cuenta es el cronograma de trabajo, el cual es específico e inflexible, dificultando adaptarse a situaciones particulares, es por ello que se podría estudiar las injerencias sobre flexibilizar el mismo sin sacrificar puntos porcentuales de preñez. También es interesante notar que, las IATFs seriadas permiten un seguimiento más de cerca del rodeo, tanto por el profesional a cargo como por los demás actores, lo que permite la posibilidad de corregir eventuales errores o problemas del establecimiento, tanto de manejo general, como sanitario, entre otros.

No obstante, a pesar de lo mencionado anteriormente, a la hora de implementar un programa de IATFs seriadas, es un requisito fundamental el tipo y estado de las instalaciones, así como contar con personal apto para manejar este tipo de programas, como plantean Bó y Cutaia (2005).

Al analizar la bibliografía, es escasa la información existente sobre IATFs seriadas a nivel nacional, por lo que consideramos los datos generados en el presente trabajo como un aporte en el campo de la investigación. Por otro lado, este ensayo fue aplicado en vaquillonas, por lo que estudiar el impacto que esta biotecnología puede tener en otras categorías como vacas con cría al pie podría complementar y ser de utilidad para el ámbito criador.

## **CONCLUSIONES**

En condiciones comerciales, la aplicación de tres IATF seriadas en vaquillonas de carne de dos años logra tasas de preñez similares a la obtenida por repaso con toros, en 64 días de período reproductivo. Permitiendo de esta manera, prescindir de los mismos físicamente en el establecimiento.

Las hormonas utilizadas en el programa de resincronización aplicado previo diagnóstico de gestación, no repercuten de forma negativa en la preñez de la IATF previa.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Andersen KJ, LeFever DG, Brinks JS, Odde KG. (1991) The use of reproductive tract scoring in beef heifers. *Agri Practice*; 12:19-26
2. Araujo RR, Ginther OJ, Ferreira JC, Palhão MM, Beg MA, Wiltbank MC. (2009) Role of follicular estradiol-17beta in timing of luteolysis in heifers. *Biol Reprod*; 81: 426-437.
3. Artagaveytia R, Brochado C. (2016) Tratamiento corto de 6 días (J-SYNCH) para IATF en vaquillonas de carne: efecto sobre el folículo ovulatorio y el cuerpo lúteo. Tesis Facultad de Veterinaria, UDELAR, 28 p.
4. 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.
5. Baruselli PS, Marques MO, Vieira, LM, Konrad JL, Crudeli GA. (2015a) Aplicación de biotecnologías para una mayor producción de terneros. *Rev Vet (Corrientes)*; 26: 154-159.
6. Baruselli PS, Vieira LM, Sá Filho, MF, Marques MO. (2015b) Programa de re-sincronización en vacas de carne y leche. 11 Simposio internacional de reproducción animal, Córdoba, Argentina, p 235-255.
7. Baruselli PS, Marques MO, Ribeiro Júnior M, Pinto Silva RC, Sá Filho MF, Vieira LM. (2013) Nuevos avances en sincronización y re sincronización de celos en ganado *Bos indicus*. X Simposio Internacional de Reproducción Animal, Córdoba, Argentina, p153-163.
8. Bó GA, de la Mata JJ, Baruselli PS, Menchaca A. (2016) Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology*; 86: 388-396.
9. Bó GA, Baruselli PS. (2014) Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, 8: 144-150.
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](https://www.abspecplan.com.br/upload/library/Estado_del_arte_IATF.pdf) Fecha de consulta: 15/03/2018.
11. Bó GA, Chesta P, Cutaia P. (2012) Qué aprendimos después de 17 años de IATF. *Taurus (Bs. As)*; 6: 50-69.
12. Bó GA, Cutaia L. (2005) Implementación de programas de inseminación artificial en los rodeos de cría. VI Simposio Internacional de Reproducción Animal, Córdoba, Argentina, p326-332.
13. Bó GA, Baruselli PS, Martínez MF. (2003) Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci*; 78: 307-326.
14. Bó GA, Cutaia L, Tribulo R. (2002) Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. *Taurus (Bs. As.)*; 4: 10-21 y 4: 17-32.
15. Bó GA, Adams GP, Pierson RA, Mapletoft RJ. (1995) Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theriogenology*; 43: 31-40.

16. Bueno AS, Dunn RE (2008). Tasa de preñez en vaquillas anéstricas tratadas con CIDR más Benzoato de Estradiol, Cipionato de Estradiol o GnRH e inseminadas a celo detectado. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5445/1/CPA-2008-T008.pdf> Fecha de consulta: 15/03/20108.
17. Callejas S. (2004) Control farmacológico del ciclo estral bovino: bases fisiológicas, protocolos y resultados. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/65-control\\_farmacologico\\_ciclo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/65-control_farmacologico_ciclo.pdf) Fecha de consulta: 15/03/2018.
18. Cavestany D, de Nava G, Galina C. (2000) Sincronización de celos con inseminación artificial a tiempo fijo como alternativa para incrementar la eficiencia reproductiva en un programa de inseminación artificial en vacas lecheras bajo condición de pastoreo. 21 Congreso Mundial Buiatría, Punta del Este, Uruguay, p 37.
19. Cavestany D, Méndez J. (1995) Manual de inseminación artificial en bovinos. INIA Boletín de Divulgación. 39, 87 p.
20. Chebel RC, Santos JE, Cerri RL, Galvão KN, Juchem SO, Thatcher WW. (2003) Effect of resynchronization with GnRH on day 21 after artificial insemination on pregnancy rate and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Theriogenology*; 60: 1389-1399.
21. Colazo MG, Mapletoft RJ, Martínez MF, Kastelic JP. (2007) El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. *Ciencia Veterinaria*; 9: 4-15.
22. Colazo MG, Kastelic JP, Mainar-Jaime RC, Gavaga QA, Whittaker PR, Small JA, Mapletoft R J. (2006) Resynchronization of previously timed-inseminated beef heifers with progestins. *Theriogenology*; 65: 557-572.
23. Colazo MG, Kastelic JP, Martinez MF, Whittaker PR, Wilde R, Ambrose JD, Corbett R, Mapletoft RJ. (2004) Fertility following fixed-time AI in CIDR-treated beef heifers given GnRH or estradiol cypionate and fed diets supplemented with flax seed or sunflower seed. *Theriogenology*; 61: 1115-1124.
24. Colazo MG, Small JA, Ward DR, Erickson NE, Kastelic JP, Mapletoft RJ. (2003) The effect of presynchronization on pregnancy rate to fixed-time AI in beef heifers subjected to a Co-Synch protocol. *Reproduction, Fertility and Development*; 16: 128-128.
25. Crepaldi GA, Freitas BG, Vieira LM, Sá Filho MF, Guerreiro BM, Baruselli PS. (2014) Reproductive efficiency of Nelore females submitted to three consecutive FTAI programs with 32 days of interval between inseminations. *Anim Reprod*; 11: 355.
26. Cunningham JG y Klein BG. (2009) Control del desarrollo de las gónadas y los gametos. En: Cunningham JG, Klein BG. *Fisiología Veterinaria*. 4ª ed. Madrid, Elsevier, p 466-474.
27. Cushman RA, Kill LK, Funston RN, Mousel EM, Perry GA. (2013) Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. *J. Anim Sci*; 91: 4486-4491.
28. 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\\_implementacao.pdf](http://www.absnet.com.br/upload/library/Programas_IATF_analises_costos_implementacao.pdf) Fecha de consulta: 15/03/2018.

29. Cutaia L, Feresín F, Bó GA. (2003a) Programas de resincronización de celos y ultrasonografía aplicada a la reproducción. Universidad Jerónimo L. de Cabrera, Córdoba, Argentina. Sp.
30. Cutaia L, Veneranda G, Tribulo R, Baruselli P, Bó GA. (2003b) 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.
31. de la Mata JJ. (2016) Prolongación del proestro y reducción del período de inserción del dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne inseminadas a tiempo fijo. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4044/de%20la%20Mata.%20Prolongaci%C3%B3n%20del%20proestro%20y%20reducci%C3%B3n%20del%20per%C3%A9odo%20de%20inserci%C3%B3n%20del%20dispositivo%20con%20progesterona...%20%20%20.pdf?sequence=1> Fecha de consulta: 15/03/2018
32. de la Mata JJ, Bó GA. (2012) Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos de benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. Taurus (Bs. As.), Argentina; 55: 17-23.
33. de Nava GT. (2016) Manejo reproductivo controlado en la cría: Resultados de 17 años de implementación de un sistema de integración de tecnologías reproductivas. Taurus (Bs. As.); 8: 8-19.
34. de Nava GT. (2015a) La IATF como tecnología reproductiva en el manejo de los rodeos de cría. 43 Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, p 115-126.
35. de Nava GT. (2013) Reproducción bovina aplicada: desarrollo y validación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo en Uruguay. Montevideo, ed. Hemisferio Sur; 136 p.
36. de Nava Silva GT, 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.
37. de Nava GT. (2009) Comparación de la efectividad de dos fuentes de progesterona intravaginal en la tasa de preñez obtenida con un programa de inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos. 38 Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, p 106-107.
38. de Nava GT. (2008) Un tratamiento para la inducción de la ovulación en vacas con cría al pie asociado a inseminación a tiempo fijo. INIA, Seminario de actualización técnica: cría vacuna, p 174-188.
39. Dziuk PJ, Bellows RA. (1983) Management of reproduction in beef cattle, sheep and pigs. J Anim Sci; 57: 355–79.
40. El-Zarkouny SZ, Stevenson JS. (2004) Resynchronizing estrus with progesterone or progesterone plus estrogen in cows of unknown pregnancy status. J Dairy Sci; 87: 3306-3321.

41. Fernandes P, Teixeira AB, Crocci AJ, Barros CM. (2001) Timed artificial insemination in beef cattle using GnRH agonist, PGF<sub>2</sub>alpha and estradiol benzoate (EB). *Theriogenology*; 55: 1521-1532.
42. French JT, Ahola JK, Whittier JC, Frasier WN, Enns RM, Peel RK. (2013) Differences in lifetime productivity of beef heifers that conceived to first-service artificial insemination (AI) or a clean-up bull via natural service (NS) as a yearling and among offspring of an AI or NS mating. *PAS*; 29: 57-63.
43. Galvao KN, Santos JEP, Cerri RL, Chebel RC, Rutigliano HM, Bruno RG, et al. (2007) Evaluation of methods of resynchronization for insemination in caws of unknown pregnancy status. *J Dairy Sci*; 90: 4240–4252.
44. Giraldo Giraldo JJ. (2008) Sincronización y resincronización de celos y de ovulaciones en ganado de leche y carne. *Rev Lasallista Invest*; 5: 90-99.
45. Gómez G, Silva M, Castillo M, Gálvez J, Hoffman M, Hube R, Ratto MH. (2013) Efecto de Diferentes Protocolos Hormonales Apicados Posterior a La Tasa de Preñez y Viabilidad Embrionaria En Vacas Holstein Friesian. X Simposio de Reproduccion Animal, Córdoba, Argentina, p 311.
46. González N. (2017) Repaso con toros versus segunda inseminación artificial a tiempo fijo: comparación económica. Disponible en: <http://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1298/Gonzalez%20C%20Noelia.pdf?sequence=3&isAllowed=y> Fecha de consulta: 15/03/2018.
47. INIA Treinta y Tres. (2017) XV Taller de Evaluación de Diagnóstico de Gestación Vacuna, INIA. Disponible en <http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-treinta-y-tres/xv-taller-de-pre%C3%B1ez-en-bovinos-de-carne> Fecha de consulta: 05/12/2017
48. Lamb GC. (2015) Economics of AI versus natural service: Using decision-aid tools. *Proceedings Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*. University of Davis. California, USA, p 198-207.
49. Lamb GC. (2010) Management of heifers to achieve sound reproductive performance. *Agrociencia*, 14: 60-61.
50. Lamb GC, Dahlen CR, Larson JE, Marquezini G, Stevenson JS. (2010) Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: a review. *J Anim Sci*; 88: E181-E192.
51. Lamb GC, Stevenson JS, Kesler DJ, Garverik HA, Brown DR, Salfen BE. (2001) Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F<sub>2</sub>a for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *J Anim Sci*; 79: 2253-2259.
52. Marques MO, Rivero Jr.M, Silva RCP, Sá Filho MF, Vieira LM, Baruselli P. (2012) Ressincronização em bovinos de corte. *Pros. 5º Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada*, Londrina, Brasil; p 82-92.
53. Martínez MF, De Nava G, Demmers KJ, Tutt D, Rodriguez Sabarros M, Smaill B, M Corti, Juengel J. (2012) Intravaginal progesterone devices in synchronization protocols for artificial insemination in beef heifers. *Reprod Domest Anim*, 47: 230-237.

54. Martínez MF, Kastelic JP, Adams GP, Mapletoft RJ. (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 Anim Sci*; 80: 1746-1751.
55. Menchaca A, Núñez R, de Castro T, Pintos CG, Cuadro F. (2013a) Implementación de programas de IATF en rodeos de cría. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7579/1/st-208-2013.-p.229-246.pdf>  
Fecha de consulta: 15/03/2018.
56. 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. 10 Simposio Internacional de Reproducción Animal, Córdoba, Argentina, p 103.
57. MGAP. DIEA. (2016) Anuario estadístico agropecuario. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario2016> Fecha de consulta: 15/03/2018.
58. MGAP. DIEA. (2015) Anuario estadístico agropecuario. Disponible en: <http://www2.mgap.gub.uy/DieaAnterior/Anuario2015/DIEA-Anuario2015-01web.pdf>  
Fecha de consulta: 15/03/2018.
59. MGAP. DIEA. (2014) Anuario estadístico agropecuario. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/DieaAnterior/Anuario2014/diea-Anuario%202014-Digital01.pdf> Fecha de consulta: 15/03/2018.
60. MGAP. (2003) Dirección de Estadística Agropecuarias. La ganadería en Uruguay. Contribución en su conocimiento. Disponible en: [file:///C:/Users/Maria%20Angelica%20Silva/Downloads/Ganader%2525c3%2525ada\\_Junio2003%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Maria%20Angelica%20Silva/Downloads/Ganader%2525c3%2525ada_Junio2003%20(1).pdf) Fecha de consulta: 15/03/2018.
61. Mota PA, Ramos N, González CM, Castro EG. (2011) Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Vet Zootec*; 5: 88-99.
62. Munro RK, Moore NW. (1985) Effects of progesterone, oestradiol benzoate and cloprostenol on luteal function in the heifer. *J Reprod Fertil*; 73: 353-359.
63. O'Hara L, Forde N, Carter F, Rizos D, Maillou V, Ealy AD, Kelly K, Rodriguez P, Isaka N, Evans ACO, Lonergan P. (2014) Paradoxical effect of supplementary progesterone between Day 3 and Day 7 on corpus luteum function and conceptus development in cattle. *Reprod Fertil Dev*; 26: 328-336.
64. Pursley JR, Silcox RW, Wiltbank MC. (1998) Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*; 81: 2139-2144.
65. Pursley JR, Wiltbank MC, Stevenson JS, Ottobre JS, Garverick HA, Anderson LL. (1997) Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *J Dairy Sci*; 80: 295-300.
66. Quintans G. (2010) Alternativas de manejo reproductivo del rodeo de cría vacuno en Uruguay. *Agrociencia*; 14: 59.
67. Quintans G. (2008) Algunas estrategias para disminuir la edad al primer servicio en vaquillonas. INIA, Seminario de actualización técnica 174, p 53-55.

68. Repisso MV, Gil A, Bañales P, D'Anatro N, Fernandez L, Guarino H, Herrera B, Núñez A, Olivera M, Osawa T, Silva M. (2005) Prevalencias de las principales enfermedades infecciosas que afectan el comportamiento reproductivo en la ganadería de carne y caracterización de los establecimientos de cría del Uruguay. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2812/1/15630041107073506.pdf> Fecha de consulta: 16/03/2018
69. Rippe CA. (2009) El ciclo estral. Dairy Cattle Reproduction Conference, Minneapolis, USA, p 111-117.
70. Rovira J. (1996) Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur, 288 p.
71. Sá Filho MF, Marques MO, Girotto R, Santos FA, Sala RV, Barbuio JP, Baruselli PS. (2014) Resynchronization with unknown pregnancy status using progesterin-based timed artificial insemination protocol in beef cattle. *Theriogenology*; 81: 284-290.
72. Sá Filho MF, Oliveira RAL, Sala RV, Macedo GG, Girotto RW, Penteado L y Baruselli PS. (2011) Sincronization and resincronization using a norgestome tear implant in Nelore heifers timed artificial inseminated 25 Reunión Anual da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embrião, Porto Alegre, Brasil, p s391.
73. Sartori R, Baruselli PS, Barros CM, Bastos MR. (2013) La diferencia en la fisiología de la reproducción entre *Bos taurus* y *Bos indicus*. 10 Simposio de Reproduccion Animal, Córdoba, Argentina, p 25-36.
74. Soares de Lima JM, Montossi F. (2016) Análisis del efecto de la tasa de preñez sobre el ingreso de los sistemas de cría. *El País Agropecuario* (oct): 22-24. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6321/1/Soares-de-Lima-2106.pdf> Fecha de consulta: 05/02/2018.
75. Soca P, Claramunt M, Do Carmo M. (2007) Sistemas de cría vacuna en ganadería pastoril sobre campo nativo sin subsidios: Propuesta tecnológica para estabilizar la producción de terneros con intervenciones de bajo costo y de fácil implementación. *Revista Ciencia Animal*; 3: 3-22.
76. Souza AH, Cunha AP, Caraviello DZ, Wiltbank MC. (2005) Profiles of circulating estradiol-17 $\beta$  after different estrogen treatments in lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci*; 2-4: 224-232.
77. Ungerfeld R. (2011) Reproducción en los Animales Domésticos, Montevideo, Ed. Melibea, V1, p33-40.
78. Uruguay XXI. (2016) Oportunidades de inversión Agronegocios. Disponible en: <http://www.uruguayxxi.gub.uy/informacion/wp-content/uploads/sites/9/2017/07/Informe-Agronegocios-Diciembre-2016-Uruguay-XXI.pdf> Fecha de consulta: 15/03/2018.
79. Vieira LM, Sá Filho MF, Pugliesi G, Guerreiro BM, Cristaldo MA, Batista EOS, Freitas BG, Carvalho FJ, Guimaraes LHC, Baruselli PS. (2014) Resynchronization in dairy cows 13 days after TAI followed by pregnancy diagnosis based on corpus luteum vascularization by color doppler. *Anim Reprod*; 11: 378.
80. Viñoles C y Cavestany D. (1998) Sincronización de celos e inseminación a tiempo fijo en vaquillonas Holando. Disponible en:



<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8568/1/ST-116-Vinoles-p.49-51.pdf>

Fecha de consulta: 16/03/2018.

81. Whittier WD, Currin JF, Schramm H, Holland S, Kasimanickam RK. (2013) Fertility in Angus cross beef cows following 5-day CO-Synch+ CIDR or 7-day CO-Synch+ CIDR estrus synchronization and timed artificial insemination. Theriogenology; 80: 963-969.