

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Comparación de dos protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo  
sin sales de estradiol en vacas con cría al pie**

**por**

Nazarena, MORENI QUINTANA  
Ximena Luxcrecia, SILVA DESIDERIO

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

MODALIDAD: Ensayo  
Experimental

**MONTEVIDEO**  
**URUGUAY**  
**2023**

**PÁGINA DE APROBACIÓN**

Tesis de grado aprobada por:

**Presidente de mesa:**

  
Dr. Rafael Arangué

**Segundo miembro (Tutor):**

  
Dra. Carolina Viñoles

VIÑOLES CAROLINA

**Tercer miembro:**

  
Dra. Daniela Crespi

**Cuarto Miembro (Co- tutor):**

  
Dr. Guillermo de Nava

**Fecha:** 09 de Junio 2023

**Autores:**

  
Br. Nazarena Moreni Quintana

  
Br. Ximena Silva Desiderio

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Dra. Carolina Viñoles por su tutoría, dedicación y apoyo.
- Al Dr. Guillermo de Nava por su co-tutoría, quien nos apoyó, orientó y estuvo siempre a las órdenes para realizar el trabajo de campo, así como la escritura en esta gran etapa de nuestra carrera.
- Al Dr. Agustín Sanguinetti por su colaboración y responsabilidad en el desarrollo del experimento y a todo el personal de Barracas por su gran participación y colaboración en la parte práctica.
- A Ganadera Barracas S.A y al Cr. Julio Blanco, por proveernos el lugar, los animales y condiciones para el desarrollo del experimento.
- A Codenor S.A quien nos donó los dispositivos intravaginales de P4 para el protocolo 7&7 Synch + eCG.
- A Facultad de Veterinaria y a todos nuestros profesores por contribuir en nuestra formación profesional.
- Por último, pero no menos importante, a nuestras familias, por su apoyo incondicional y estímulo durante este trayecto y todos los compañeros y amigos de la vida y los que nos dejó facultad, por los momentos compartidos.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| PÁGINA DE APROBACIÓN                               | 2  |
| AGRADECIMIENTOS                                    | 3  |
| TABLA DE CONTENIDO                                 | 4  |
| LISTA DE TABLAS Y FIGURAS                          | 5  |
| RESUMEN  | 6  |
| SUMMARY  | 7  |
| 1. INTRODUCCIÓN                                    | 8  |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA                          | 10 |
| 2.1 Cría Vacuna                                    | 10 |
| 2.2 Problemática de la cría vacuna                 | 10 |
| 2.3 Eje reproductivo y nutrición                   | 11 |
| 2.4 Uso de diferentes tecnologías en Uruguay       | 12 |
| 2.5 Tecnologías para mejorar la tasa de procreo    | 13 |
| 2.6 La suspensión del uso de estradiol en Uruguay. | 16 |
| 2.7 Protocolos de IATF sin estradiol               | 18 |
| 2.8 Pérdidas reproductivas                         | 23 |
| 3. HIPÓTESIS                                       | 26 |
| 4. OBJETIVOS                                       | 26 |
| Objetivo general:                                  | 26 |
| Objetivos específicos:                             | 26 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS                            | 27 |
| 6. RESULTADOS                                      | 30 |
| 7. DISCUSIÓN                                       | 33 |
| 8. CONCLUSIONES                                    | 36 |
| 9. BIBLIOGRAFIA                                    | 37 |

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS:

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Comparación de dos protocolos (GnRH-7 y convencional) de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).....  | 20 |
| <b>Tabla 2.</b> Comparación de cuatro protocolos (J- Synch, Split-Synch de 6 días, Protocolo P4-Synch y control) de inseminación a tiempo fijo (IATF).....  | 21 |
| <b>Tabla 3.</b> Comparación de tres protocolos (Convencional, Split-Synch 6d y Split-Synch 5d) de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).....   | 22 |
| <b>Tabla 4.</b> Resultados de preñez al diagnóstico temprano, preñez final y pérdida gestacional, en vacas (número (n) y porcentaje (%)) sometidas al protocolo 7&7 Synch + eCG y el GnRH-7 + eCG y la probabilidad de que el efecto sea significativo (valor P <0,05)..... | 30 |
| <b>Tabla 5.</b> Resultados de preñez, según la condición corporal ( $\leq 3,5$ y $\geq 4$ ), utilizando los protocolos 7&7 Synch+ eCG y GnRH-7 + eCG.....   | 30 |
| <b>Tabla 6.</b> Resultados de preñez utilizando los protocolos 7&7 Synch+ eCG y GnRH-7 + eCG, en vacas inseminadas a celo visto o sin celo detectado (IATF) (número (n) y porcentaje (%)) y la probabilidad de que el efecto sea significativo (valor P=0,05) .....         | 31 |
| <b>Tabla 7.</b> Comparación de los costos (U\$S) del 7&7 Synch + eCG y el GnRH- 7 + eCG.....  | 32 |

### FIGURAS:

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Esquema del diseño experimental que compara dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Protocolo 7 Day Co- Synch CIDR y Protocolo 5 Day Co- Synch CIDR.....                        | 19 |
| <b>Figura 2</b> <i>Esquema del diseño experimental que compara dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). El protocolo 7&amp;7 Synch +eCG y el protocolo</i><br><i>GnRH-7</i><br><i>+ eCG</i> ..... | 28 |
| <b>Figura 3:</b> Grafica de supervivencia invertida, que compara la preñez a lo largo del período de servicios de los protocolos 7&7 Synch+ eCG (línea negra) y GnRH-7+ eCG (línea negra punteada).....                  | 31 |

## RESUMEN

El objetivo de este experimento fue evaluar dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) sin el uso de sales de Estradiol en vacas con cría al pie, durante la estación reproductiva. Se utilizaron 584 vacas de las razas Polled Hereford, Angus Negro y Angus Colorado con al menos 40 días de paridas. Las vacas fueron asignadas al azar en dos grupos experimentales, bloqueando por status fisiológico (ciclando o anestro superficial) y la condición corporal. Un grupo de vacas (n=292) recibió el protocolo 7 & 7 Synch + gonadotropina coriónica equina (eCG) en el que el día -17 se administró prostaglandina (PG; 0,15 mg de D + cloprostenol) por vía intramuscular, y se colocó un dispositivo intravaginal con 1,2 gr de progesterona (P4). Al día -10 se administraron 0,0084 mg de acetato de buserelina (GnRH). Las vacas en el protocolo GnRH-7 + eCG (n=292), recibieron un dispositivo intravaginal con 0,75 gr de progesterona y se administraron 0,0084 mg de GnRH en el día -10. Se colocaron tablillas nasales a los terneros de todas las vacas desde el día -10 al 0 (día de la inseminación artificial a tiempo fijo, IATF). El día -3 se retiró el dispositivo de ambos grupos y se administraron 0,15 mg de PG y 400 UI de eCG. En el día -1 por la mañana se detectó celo durante 1 hora. En la tarde, se inseminaron las que manifestaron celo y a las que no lo hicieron, fueron inyectadas con 0,0084 mg de GnRH. A estas últimas se les realizó IATF temprano en la mañana el día 0. A partir del día 14 se realizó repaso con toros y a los 35 y 120 días de realizada la IATF se realizó el diagnóstico de gestación por ultrasonografía. Los datos fueron analizados mediante test de frecuencias utilizando el paquete estadístico SAS, considerando significativos valores de  $P < 0,05$ . El día -1, más vacas del grupo GnRH- 7 + eCG (124/292) manifestaron celo comparado con las vacas del grupo 7&7 Synch + eCG (63/292;  $P < 0,001$ ). El grupo 7 & 7 Synch + eCG (60,1%) tendió a tener mayor preñez a la IATF que el grupo GnRH-7 + eCG (53,8%;  $P = 0,08$ ). Más vacas del protocolo GnRH- 7 + eCG (124/292=42,5%) fueron inseminadas a celo visto respecto a las del protocolo 7&7 Synch + eCG (63/292= 21,6%), pero la preñez a celo visto y tiempo fijo fue inferior en las vacas del protocolo GnRH + eCG respecto al 7&7 Synch + eCG ( $P < 0,01$ ). La preñez final fue igual para ambos grupos, 7&7 Synch + eCG (272/292); GnRH- 7 + eCG (277/292;  $P = 0,83$ ). Las pérdidas gestacionales fueron similares entre grupos (8/178 y 7/157 protocolo 7&7 Synch + eCG y GnRH- 7 + eCG respectivamente) ( $p = 0,99$ ). Se concluye que el 7&7 Synch + eCG permite lograr mejores porcentajes de preñez a la IATF con pérdidas gestacionales similares que el GnRH-7 + eCG en vacas con cría al pie.

## SUMMARY

The objective of this experiment was to evaluate two fixed time artificial insemination (FTAI) protocols without the use of estradiol salts in suckled cows during the reproductive season. A total of 584 beef cows Polled Hereford, Black Angus and Red Angus breeds with at least 40 days of calving were used. Cows were randomly assigned into two experimental groups, blocking by physiological status (cycling or superficial anestrus) and body condition. A group of cows (n=292) received the 7 & 7 Synch + equine chorionic gonadotrophin (eCG) protocol in which prostaglandin (PG; 0.15 mg D + cloprostenol) was administered intramuscularly on day -17, and a device was placed intravaginally with 1.2 g of progesterone (P4). On day -10, 0.0084 mg of buserelin acetate (GnRH) was administered. Cows on the GnRH-7 + eCG protocol (n=292) received an intravaginal device with 0.75 g progesterone and 0.0084 mg GnRH was administered on day -10. Calves of all cows were fitted with nasal splints from day -10 to day 0 (day of timed artificial insemination, FTAI). On day -3 the device was removed from both groups and 0.15 mg of PG and 400 IU of eCG were administered. On day -1 in the morning estrus was detected for 1 hour. In the afternoon, those that showed estrus were inseminated and those that did not were injected with 0.0084 mg of GnRH and FTAI was performed early in the morning on day 0. From the day 14, a review was carried out with suitable bulls and 35 and 120 days after the IATF was performed, pregnancy diagnosis was made by ultrasonography. Data were analyzed by generalized linear models and frequency tests using the SAS statistical package. On day -1, more cows in the GnRH-7 + eCG group (124/292) were in heat compared to cows in the 7&7 Synch + eCG group (63/292;  $P < 0.001$ ). The 7 & 7 Synch + eCG group (60.1%) tended to have a higher pregnancy at FTAI than the GnRH-7 + eCG group (53.8%;  $P = 0.08$ ). More cows in the GnRH- 7 + eCG group (124/292=42.5%) were inseminated with estrus detection compared to those of the 7&7 Synch + eCG protocol (63/292= 21.6%), but the pregnancy with estrus detection and fixed time was lower in the cows of the GnRH- 7+ eCG protocol compared to the 7&7 Synch + eCG ( $P < 0.01$ ). The final pregnancy was the same for both groups, 7&7 Synch + eCG (272/292); GnRH-7 + eCG (277/292;  $P = 0.83$ ). Pregnancy losses were similar between groups (8/178 and 7/157 protocol 7&7 Synch + eCG and GnRH-7 + eCG respectively) ( $p = 0.99$ ). We conclude that 7&7sync+ eCG allows to achieve better pregnancy rates to the FTAI with similar gestational losses than the GnRH-7 + eCG in suckled cows.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los indicadores reproductivos globales de los rodeos de cría del Uruguay han sido históricamente bajos. El índice de procreo entre 2004 y 2021 varió entre 63 y 67%, según el Instituto Nacional de la Carne (INAC, 2021). Para lograr mejores resultados reproductivos se han desarrollado tecnologías aplicables al manejo. Entre ellas se destacan el ajuste de la carga animal, el manejo de la condición corporal, el control del amamantamiento, el monitoreo del entore y el uso de inseminación artificial (IA) a celo visto o inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (de Nava, 2013, 2022; Pursley et al., 1997; Quintans, 2016; Stevenson, 2000). La IATF, es una técnica que permite sincronizar/inducir las ovulaciones de los bovinos, mediante la utilización de hormonas, en un momento determinado, lo cual hace posible inseminar una gran cantidad de animales en un corto periodo de tiempo, sin la necesidad de detectar celo (Martínez, Kastelic, Adams y Mapletoft, 2002; Pursley et al., 1997). A partir del conocimiento de la fisiología ovárica, la IATF fue desarrollada como una biotecnología para el mejoramiento genético y se ha diseminado por los distintos sistemas. La adopción de esta biotecnología por el sector productivo se ha incrementado en los últimos años, fundamentalmente en los países de la región (Menchaca, Núñez, de Castro, García Pintos y Cuadro, 2013). La aplicación de esta técnica proporciona ventajas como son el avance genético, la simplicidad por no detectar celo, la concentración de partos y por lo tanto un incremento en la homogeneidad y en el peso de los terneros al destete.

A lo largo de los años se han generado muchos protocolos de IATF, pero a nivel regional los que utilizan sales de estradiol han sido los más utilizados (Cavestany, 2002). Recientemente, la Unión Europea ha impuesto a Uruguay la exigencia de que no se utilicen sales de estradiol en los programas reproductivos de los animales cuya carne y lácteos vayan a ser exportados con ese destino. Por lo tanto, Uruguay resuelve suspender el uso, tenencia, fabricación para uso interno, venta, comercialización e importación de productos veterinarios que contengan Estradiol  $17\beta$  y los derivados de este tipo de éster en su formulación, durante el periodo entre el 1º de enero de 2021 al 30 septiembre de 2023 inclusive (Uruguay, 2020). Esto trajo complicaciones para los programas reproductivos desarrollados en el país, entre los que se enumeran pérdidas económicas considerables por un menor uso de la IATF y una eventual menor tasa de preñez general (Menchaca, 2021). Asociado a esto, una menor cantidad de terneros producidos, un menor número de animales faenados, junto con pérdidas en la mejora genética de los rodeos y pérdidas en la productividad y eficiencia general de la ganadería (Menchaca, 2021).

Debido a esta restricción en el uso de estrógenos, se han desarrollado alternativas como el protocolo GnRH-7 + eCG que prescinden de sales de estradiol para lograr similares resultados y así poder exportar carne de esos

vientres tratados y mantener el mercado con la Unión Europea (de Nava, 2021). Desde la Universidad de Missouri en USA, se ha reportado recientemente que un protocolo al que denominan 7 & 7 Synch (Andersen et al., 2021; Bonacker et al., 2020) tiene mejores resultados en vacas con cría al pie que otros utilizados corrientemente en ese país. Este protocolo 7&7 Synch ha sido modificado a nivel nacional, agregándole una dosis de eCG al retiro del dispositivo, considerando que la mayoría de las vacas de cría están en anestro (denominado protocolo 7&7 Synch + eCG; de Nava, 2023). La principal diferencia entre ambos protocolos es su duración. Mientras que en el protocolo 7 & 7 Synch + eCG, el dispositivo intravaginal de progesterona (P4) permanece colocado por 14 días, en el protocolo GnRH-7 + eCG, permanece por 7 días. Por otro lado, el protocolo 7 & 7 Synch + eCG lleva una dosis de prostaglandina (PG) a la colocación del dispositivo al día -17, y la dosis de GnRH es administrada 7 días después, en lugar de hacerlo al momento del inicio de la sincronización. Por su parte el protocolo 7 & 7 Synch + eCG implica una traída extra del ganado a las mangas.

Se ha reportado que algunos protocolos alternativos sin el uso de estrógenos podrían resultar en mayores pérdidas gestacionales, según resultados obtenidos por ecografía a los 30 días de la inseminación (de Nava, 2021). La eficiencia reproductiva global también es afectada por las pérdidas de la gestación, por lo que la evaluación de esas pérdidas gestacionales, que ocurren cuando se aplican diferentes protocolos de IATF es un aspecto relevante para elegir la opción más adecuada.

No existen trabajos previos en Uruguay que comparen los resultados del protocolo GnRH-7 + eCG con el 7 & 7 Synch + eCG. Teniendo en cuenta las consecuencias que trae aparejado la suspensión en el uso de estrógenos, y reconociendo la relevancia de la IATF como tecnología reproductiva en los sistemas criadores es necesario generar información sobre protocolos que sean efectivos en vacas de cría manejadas en situaciones comerciales. En este trabajo se compara el porcentaje de preñez y pérdidas gestacionales de dos protocolos sin sales estradiol en vacas con cría al pie manejadas en situaciones comerciales.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Cría Vacuna**

Según la DIEA, el sector Ganadero ocupa 15,2 millones de hectáreas de la superficie total del Uruguay, dentro de cual el 76,0% de los predios que manejan hacienda son criadores o ciclo completo (11,5 hectáreas) (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, (MGAP), 2021). En el año 2021 el INAC reporto que Uruguay tiene un stock bovino de 11,8 millones de animales, con una proporción de vacas de cría del 36% (4,3 millones de cabezas). Este stock bovino muestra un crecimiento de un 5% en esta categoría, si la comparamos con la de 10 años atrás. Estos datos revelan que los predios que tienen vacas de cría son los más numerosos y abarca la extensión mayor de todos los predios ganaderos.

A su vez, Uruguay produce 1.133 mil toneladas de carne bovina (MGAP, 2021), por lo cual este sector es uno de los más importantes del agro nacional, desde una perspectiva económica y social, debido a que es el sustento de miles de familias, ya que el 79% de las explotaciones ganaderas son productores de tipo familiar.

En el año 2020 del total de las exportaciones de productos seleccionados de origen agropecuario un 23,2 % fue de carnes bovinas, siendo un total de 1.593.213 miles de dólares.

### **2.2 Problemática de la cría vacuna**

La meta productiva en cualquier establecimiento criador es producir un ternero por vaca por año (Geymonat 1985; Radostits y Blood, 1985; Smith y Tervit, 1977; Wiltbank, 1970). A partir de esto, si la carga animal es suficientemente alta, se asegura la reposición de animales en el campo y un eventual crecimiento del stock con alta producción de carne por unidad de superficie.

Se ha afirmado que la rentabilidad en la cría de ganado para carne depende básicamente de cuatro factores: la producción neta de terneros por año, el peso al destete de los terneros, el precio por kilogramo de ternero y el costo anual del mantenimiento de la vaca (Alejo, Campero, Feverín y Fernández Sainz, 2000). Para que se logren buenos resultados se debe tener en cuenta una serie de características de nuestros sistemas.

La cría vacuna en Uruguay se lleva a cabo en su mayoría sobre campo natural, donde pueden ocurrir importantes variaciones dentro y entre años en cantidad de nutrientes ofertados (Gestido, Pérez, Carriquiry y Soca, 2008). Las variaciones estacionales, en cuanto a la cantidad y calidad de las pasturas, producen una modificación en las tasas de ganancia de peso a lo largo del año.

Dependiendo del tipo de suelo y de las temperaturas ambientales, el invierno o el verano son las estaciones más críticas en las condiciones de explotación de Uruguay (Viñoles et al., 2009). La oferta de forraje durante el invierno no permite satisfacer los elevados requerimientos energéticos de gestación avanzada y lactancia temprana (Gestido et al., 2008) lo que eventualmente conduce a fallas en el desempeño reproductivo de esa hembra por una baja condición corporal (CC) al parto.

En el Basalto, donde se encuentra la mayor proporción del rodeo de cría en nuestro país (Berretta, 2013), una importante variación en la producción de forraje ocurre en general en verano, debido a la gran variabilidad anual en el volumen de precipitaciones. Como consecuencia, los animales pueden sufrir pérdidas importantes de peso durante distintas estaciones, lo que está asociado con una baja en la eficiencia reproductiva global (Viñoles et al., 2009). Los sistemas de cría en algunas regiones del país están caracterizados por bajas tasas de preñez (57-60%), relativos altos porcentajes de preñez en vaquillonas (2-3 años de edad) y pesos al destete de unos 140 a 160 kg (Pigurina et al., 1998).

La duración del anestro postparto es la principal causa de baja eficiencia reproductiva en los rodeos de cría en Uruguay (de Nava, 2015; Quintans, 1997). Esto está determinado principalmente por una baja CC, consecuencia de una pobre nutrición preparto y posparto (Gestido et al., 2008). Frente a un período de balance energético negativo, durante la gestación y el postparto, hay un aumento de la movilización de reservas y pérdidas de CC. En vacas primíparas, el balance energético postparto se agrava debido a que a los requerimientos de gestación y lactancia se les suma los requerimientos nutricionales propios del crecimiento (Gestido et al., 2008).

Aun cuando hay tecnologías que permiten aumentar la tasa de procreo, la eficiencia reproductiva en los rodeos de cría continúa estabilizada en niveles bajos. Esto probablemente esté asociado a decisiones de manejo de cada productor (Michelena, Martín, Echenique y Viñoles, 2008).

### **2.3 Eje reproductivo y nutrición**

El eje hipotálamo-hipofisario es sensible a estímulos externos, siendo la nutrición uno de los más relevantes (Viñoles et al., 2009). El hipotálamo produce el factor liberador de gonadotropinas (GnRH), que en la hipófisis promueve la liberación de las hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH) (Ungerfeld, 2002). Estas hormonas actúan a nivel ovárico, estimulando el desarrollo y maduración folicular, y la ovulación. La hormona FSH promueve el desarrollo de un grupo de folículos (onda folicular), de los cuales uno crece y se vuelve dominante. Ese folículo dominante pasa a ser dependiente de la LH,

secreta estradiol e inhibe el crecimiento de los demás folículos de la misma onda, a través de su producción de estradiol. Si la frecuencia de pulsos de LH es baja, ese folículo se atresia. Por consiguiente, esto provoca el recambio folicular, dando origen a la emergencia de una nueva onda (Ungerfeld, 2002; Motta-Delgado et al., 2011). Luego del parto, puede haber un periodo variable de tiempo sin que haya folículos dominantes, particularmente en situaciones de estrés nutricional. A partir de la aparición del primer folículo dominante, suele haber una cantidad variable de ondas foliculares antes que ocurra la primera ovulación. El conocimiento de la dinámica folicular, ha permitido dilucidar que la edad del folículo ovulatorio determina la viabilidad del óvulo, y el éxito de la preñez. Existen diferentes alternativas para promover el recambio folicular, y ocurren naturalmente durante el ciclo estral: 1) estradiol producido por el folículo dominante; 2) altas concentraciones de progesterona, que al inhibir los pulsos de LH promueven la atresia folicular; 3) la ovulación. La primera ovulación posparto generalmente va asociada al desarrollo de un cuerpo lúteo de vida corta, pero la corta producción de progesterona de ese cuerpo lúteo es fundamental para sensibilizar al cerebro y permitir que ocurra la manifestación estral (Motta-Delgado et al., 2011). El cerebro puede captar el estatus metabólico de las vacas a través de hormonas producidas en diferentes tejidos. La insulina proveniente del páncreas, el factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-I) proveniente del hígado y las adipoquinas (leptina y adiponectina) provenientes del tejido adiposo. Estas hormonas regulan el crecimiento folicular, la esteroidogénesis y preparan al útero para recibir al embrión y permitir que la preñez se establezca exitosamente (Farfan y Diaz, 2021).

Para que estos procesos fisiológicos ocurran lo antes posible luego del parto, se han desarrollado un conjunto de tecnologías que permiten acortar la duración del anestro posparto.

## **2.4 Uso de diferentes tecnologías en Uruguay**

El uso de tecnologías reproductivas parece ser bajo en el país. Según datos de una encuesta realizada por INIA en sistemas de cría y ciclo completo de Basalto (Gómez, 2017), solo el 65 % de los productores realiza diagnóstico de gestación, y el 34 % se lleva a cabo a los dos meses o menos de finalizar el entore. Otra tecnología es el uso de la CC, la cual es utilizada por el 60% de los productores en primavera, previo al entore. En relación a técnicas de control de amamantamiento, esta encuesta reporta que, aunque el 70% de los productores dice conocerlas, solo el 20% las aplica. Otro dato que aporta esta fuente es que solo el 8 % de los criadores realiza el destete temporario mediante aplicación de tablillas en los terneros por un período de entre 11 y 14 días. Estos datos revelan que hay espacio para mejorar el uso de tecnologías que permiten mejorar el manejo y aumentar la eficiencia reproductiva en los rodeos de cría.

## **2.5 Tecnologías para mejorar la tasa de procreo**

Para mejorar los bajos índices de procreo nacionales se ha desarrollado una serie de tecnologías de procesos que describimos a continuación:

### **Ajuste de la carga animal:**

Es una variable muy relevante en condiciones pastoriles definiendo la producción individual y por unidad de superficie, así como los indicadores económicos del predio. Debe haber un balance entre una carga animal relativamente alta para lograr el mejor aprovechamiento de forraje, así como una buena producción individual y por consiguiente una alta eficiencia en la producción por hectárea (de Nava, 2022). Por ello, la carga animal es una de las decisiones de manejo más importantes y más difíciles que el productor debe tomar, ya que las consecuencias del ajuste de carga, se reflejarán en la condición del campo y en el estado de los animales (Saravia, César, Montes, Taranto, y Pereira, 2011). Esto impacta en la producción individual y por unidad de superficie, así como en el resultado económico de la empresa.

### **Condición corporal previo al entore:**

La CC al parto influencia la tasa de preñez en el siguiente entore (Wagner et al., 1988). El score de CC es una medida subjetiva, que, mediante la apreciación visual, permite evaluar el estado nutricional del animal. Hay diferentes escalas de CC utilizadas internacionalmente, las primeras en describirse fueron las que van del 1-5 y del 1-9 (Herd y Sprott, 1986; Lowman, Scott y Somerville, 1976) pero la más utilizada en Uruguay para ganado de carne es una escala de 1 a 8, donde el grado 1 es una vaca muy flaca y el grado 8 extremadamente gorda (Espasandín y Pérez, 2015). La variación en los puntos de CC, se relaciona con la proporción de grasa en la cadera, con los niveles séricos de insulina, IGF-I y la leptina. Al tener incrementos en la CC, estas hormonas tendrán mayor concentración sanguínea, que actuarán a nivel hipotalámico, dando señal para la liberación de GnRH (Farfan y Diaz, 2021), lo que favorecerá a la performance reproductiva de ese animal.

### **Control del amamantamiento:**

El amamantamiento es un estímulo externo que juega un rol fundamental en el ciclo reproductivo de la hembra, incrementando la duración del anestro post parto de la vaca de cría (Short, Bellows, Staigmiller, Berardinelli y Custer, 1990). Tanto el amamantamiento como el estrés ambiental tienen efecto como inductores de la secreción endógena de péptidos opioides, lo que inhibe la descarga de GnRH (Blanco y Montedónico, 2003).

Para mejorar la eficiencia reproductiva, debemos disminuir el anestro posparto, aumentando la frecuencia de pulsos de LH y permitiendo a los folículos alcanzar las etapas finales de maduración (Azzarini, 2002). Para llegar a esto,

se comenzaron a utilizar diferentes tecnologías, con el objetivo de aumentar el porcentaje de celo y preñez (Blanco y Montedónico, 2003).

Existen diferentes alternativas para reducir la duración del anestro posparto a través de la manipulación del amamantamiento. Entre ellas las más conocidas y utilizadas son, 1) el destete precoz, en el cual se desteta al ternero a los 60- 90 días con 70 kg de peso vivo. Al cortar la lactación a los 60 días, cortamos el efecto negativo que ejerce el amamantamiento sobre el eje hipotálamo, generando así un impacto positivo sobre la ovulación. Además, bajan los requerimientos alimenticios por el cese de la producción láctea en la vaca. 2) destete hiper precoz, consiste en la separación del ternero al pie de la madre a los 30 días de nacido y con un peso no menor de 40 kg, disminuyendo así el intervalo parto-celo del próximo servicio, ya que disminuyen antes los requerimientos y tiene mejor recuperación del estado corporal (Fernández y Moralejo, 2015). 3) Destete temporario, la técnica más utilizada es la colocación de tablillas nasales a los terneros, por un periodo que varía entre 7 y 14 días, permaneciendo al pie de la madre, pero impidiendo así que mamen (Blanco y Montedónico, 2003).

### **Monitoreo del entore**

El monitoreo del entore (de Nava 2013) o diagnóstico de actividad ovárica (Quintans, 2016), es la evaluación del estado fisiológico de los órganos reproductivos, de toda vaca parida entorada, mediante palpación rectal o ecografía, que generalmente se realiza a mitad de la estación reproductiva.

Ésta práctica permite clasificar las vacas como: preñada, ciclando o en anestro (superficial o profundo). La clasificación de las vacas según su estado fisiológico se basa en el hallazgo de un cuerpo lúteo o evidencias de celo en vacas ciclando, folículos grandes (más de 8 mm) y buen tono uterino en vacas en anestro superficial, o folículos pequeños (menos de 8 mm) y sin tono uterino en vacas en anestro profundo. También suele haber hallazgos de vacas ya preñadas (de Nava 2013; Quintans, 2016).

Las vacas en anestro superficial poseen un folículo dominante, que, de completar su maduración, produce niveles de estrógenos suficientes para provocar la liberación máxima de la GnRH y hormonas gonadotroficas, y de ahí la ovulación. Estas vacas pueden responder a la ovulación mediante diferentes prácticas, como la inyección de GnRH (Hernández, 2016) o el destete temporario. Desde el punto de vista fisiológico, estas vacas en anestro superficial tienen una sucesión de crecimiento y atresia de folículos dominantes. Este folículo dominante no llega a ovular hasta que no ocurra un aumento de LH. Las vacas en anestro profundo se asocian con ovarios con escaso desarrollo, sin folículos dominantes y, en estos casos, tienen pocas chances de respuestas a tratamientos hormonales y destetes temporarios (Cabrera, García y Reyles,

2012). Por ello, a aquellas vacas que se encuentran en anestro superficial, se recomienda someter a sus terneros a destete temporario, mientras que las que se encuentran en anestro profundo, se recomienda el destete precoz, como una forma más radical de levantar las restricciones a la ovulación (de Nava, 2011).

### **Inseminación artificial a tiempo fijo**

La IATF es una biotecnología que consiste en sincronizar la ovulación para poder inseminar sin detectar celo, permitiendo además el servicio de un gran número de animales en un período corto de tiempo (Bó y Cutaia, 2014). Menchaca et al. (2013) afirman que, a partir del avance en la comprensión de la fisiología ovárica en rumiantes ocurrido en las últimas décadas, ha sido posible el diseño de nuevas estrategias farmacológicas para controlar la reproducción de las hembras. De esta manera hoy es posible sincronizar o inducir la ovulación de manera muy precisa, tanto en hembras que están ciclando como aquellas que se encuentran en anestro. Se ha reportado que los programas de IATF son un medio muy eficaz para mejorar la calidad de la preñez, concentrar los partos y por lo tanto aumentar los kilos de terneros destetados (de Nava, 2015).

Los primeros reportes del uso de programas de IATF se remontan a la segunda mitad de la década del 1990 (Pursley, Mee y Wiltbank, 1995), con el protocolo llamado "Ovsynch" que combina una dosis de GnRH al día 0, que sincroniza el desarrollo folicular, PG al día 7 y una segunda dosis de GnRH al día 9, a efectos de sincronizar la ovulación y 16 a 24 hs después realizar la IATF. Los primeros resultados reportados de tasas de preñez fueron similares a los de IA a celo visto en vacas de leche y carne, aunque no en vaquillonas. Además, se demostró que en vacas lecheras el protocolo Ovsynch acertaba el intervalo parto- concepción (Pursely et al., 1997). El agregado de una fuente de progesterona entre la primera GnRH y la PG del protocolo Ovsynch mejora las tasas de preñez a la IATF en vacas lecheras (de Nava, 2013; 2015).

A lo largo de los años se han desarrollado diferentes protocolos de IATF, basados en la utilización de distintas sales de estradiol y progestágenos para la sincronización de celo en rodeos bovinos (de la Mata y Bó, 2012). Los estrógenos resultan muy efectivos para promover una nueva onda folicular al inicio del protocolo, lo que resulta favorable para que el ovocito no esté envejecido al momento de la ovulación. Uno de esos protocolos que ha sido muy utilizado en la región es el protocolo a base de benzoato de estradiol (BE). En este protocolo se aplica un dispositivo de P4 con la administración de 2 mg de BE al día 0, luego se inyecta PG al retiro del dispositivo al día 7 y 24 hs más tarde se administra 1mg de BE. Este mismo protocolo ha sido luego simplificado, reemplazando la segunda aplicación de BE por la administración de 0,5 o 1 mg de Cipionato de estradiol (ECP) al retiro del dispositivo, sin afectar las tasas de preñez (Bó y Baruselli, 2014). Estos protocolos continúan siendo recomendados y utilizados por muchos equipos de trabajo en la región.

En Uruguay, también se ha utilizado desde hace más de dos décadas, en condiciones comerciales, un protocolo que en el inicio es similar al protocolo base de BE. La modificación consiste en que se administra GnRH 48 hs después del retiro de dispositivo con P4 o coincidente con el servicio, a las 58 a 60 hs del retiro (de Nava, 2015). En un experimento en que se comparó el protocolo base de BE con este último protocolo que usa GnRH para sincronizar la ovulación usando vaquillonas cíclicas, se encontraron tasas de preñez mejores con el uso de GnRH que con BE (62,6% vs 47,7%, respectivamente; de Nava y Rodríguez, 2012). Antes del 2021, previo a la suspensión del uso de estrógeno, se reportó que la tasa de preñez promedio de 636 programas con más de 137 mil vientres inseminados en los últimos años era del 61,7%. Este resultado fue obtenido con el protocolo que combina BE para promover la emergencia de la onda folicular al inicio de la sincronización y GnRH al final para sincronizar o inducir la ovulación (de Nava, 2021).

El impacto de la IATF en los sistemas criadores es muy alto. La tasa de preñez en los primeros días de la estación reproductiva fue más alta para las vacas sometidas a un programa de IATF que en aquellas servidas exclusivamente con monta natural (69,1% vs 46,4% respectivamente; Frade y Reyes, 2012; de Nava, 2015). Aunque la tasa de preñez final no varió entre los grupos IATF más repaso con monta natural o solo monta natural (90,7% vs 91,7%, respectivamente), los autores reportan que el grupo de monta natural obtuvo esa tasa de preñez por un mayor uso de destete precoz, lo que aumentó el costo de esas gestaciones. Finalmente, se reporta que el grupo de vacas de IATF destetaron terneros que eran 18 kg más pesados que las vacas control servidas con monta natural (de Nava, 2015).

Este impacto en la productividad de los sistemas criadores, así como la mejora genética que se obtiene con su uso es lo que ha determinado que la IATF sea una tecnología con cada vez más adopción. Actualmente en Uruguay hay unos 300 veterinarios que aplican esta tecnología, en Paraguay algo menos de 300, en Argentina unos 3.000, y en Brasil más de 6.000 que la aplican (Menchaca, 2021).

## **2.6 La suspensión del uso de estradiol en Uruguay.**

El estradiol (E2) es una hormona que interviene en la regulación del crecimiento, diferenciación y normal funcionamiento de una gran variedad de tejidos, entre los que se incluye a los asociados a la reproducción, pero también al sistema cardiovascular, hueso, sistema nervioso central y músculo, entre otros (La Colla, 2015).

Los estrógenos se usaban como promotores del crecimiento en animales en invernada en algunos países. Menchaca (2021), reporta que entre 1880 y

1990 más del 90% de los animales en feedlot en Estados Unidos, recibían implantes con derivados de esta hormona para favorecer el crecimiento. Sin embargo, el Consejo de la Unión Europea en el año 1996 prohibió la utilización de diferentes hormonas en la producción ganadera, entre ellas las que tengan efectos estrogénicos (como el 17- $\beta$  estradiol), androgénicos y/o progestagénicos. Esta prohibición ocurrió en base a sus eventuales efectos en la calidad de los productos alimenticios y a los riesgos de residuos en productos cárnicos y de origen animal, considerándose peligrosas para los consumidores (Comisión Europea, 1996). Algunos estudios *in vitro* reportaron efectos secundarios de los estrógenos en el humano, como por ejemplo efectos genotóxicos, reportando que el 17- $\beta$  estradiol ocasiona la proliferación de células mamarias cancerígenas (Cantero, Brown, González, Fernández y Valdez, 2021). Sin embargo, según el CODEX alimentarius los residuos, en músculo, hígado, riñón y grasa de vaca, que resultan del uso de 17- $\beta$  estradiol como promotor del crecimiento de conformidad con las buenas prácticas de manejo, tienen pocas probabilidades de representar un peligro para la salud humana siendo innecesario establecer un límite máximo de residuos (Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud (OMS), 2018).

Trabajos realizados para evaluar los tiempos de espera del BE y ECP, después de una inyección intramuscular de 10 mg (dosis 5 veces más altas que las utilizadas en IATF), fueron de 7 días para el BE y de 10 días para el ECPE (Vynkier, Debackere, Dekruif y Coryn, 1990). Las biopsias tomadas en el lugar de la inyección a los 8 y 15 días después de la administración de estas sales de estradiol, demostraron que no había vestigios de residuos de estradiol-17 $\beta$  o sus ésteres en los tejidos. Por lo tanto, no existirían evidencias sólidas que demuestren que las dosis de estradiol utilizadas en los programas de IATF y en transferencia de embriones (TE) afecten la inocuidad de los alimentos (Vynkier et al., 1990). Tampoco habría un método analítico práctico disponible que permita identificar si una hembra recibió una dosis de estradiol en algún momento de su vida productiva. Esto es porque el estradiol exógeno en la vaca se hidroliza a 17 $\beta$ - estradiol en pocas horas, sustancia que es también producida naturalmente a altas concentraciones por los folículos ováricos durante el celo o por la placenta durante la gestación. Por lo tanto, los métodos clásicos como ELISA o quimioluminiscencia, no pueden diferenciar si el estradiol es exógeno o endógeno (Menchaca, 2021).

En nuestro país, el uso de promotores de crecimiento, como el estradiol, fue prohibido por decreto nacional en el año 1988 (Menchaca, 2021). Sin embargo, el uso de sales de estradiol estaba permitido en programas reproductivos y para la terapia de algunas patologías. Recientemente, la Unión Europea ha impuesto a Uruguay la exigencia de que tampoco se utilicen sales de estradiol en la terapéutica y en los programas reproductivos de los animales

cuya carne y lácteos vayan a ser exportados con ese destino. Por lo tanto, Uruguay suspende el uso de estrógenos para poder seguir exportando a ese destino (Resolución DGSG/N° 269/020) (Uruguay, 2020), aun cuando esta suspensión llevaría a una disminución del porcentaje de preñez, un incremento en el costo de los protocolos de IATF y una mayor dificultad para su aplicación, si los protocolos alternativos requieren más encierros del rodeo (Menchaca, 2021).

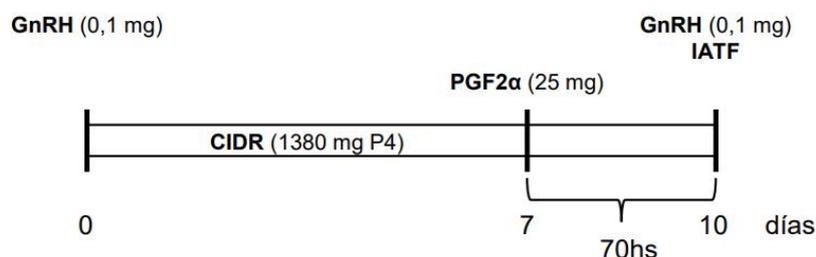
## **2.7 Protocolos de IATF sin estradiol**

Debido a la situación actual de Uruguay frente a las restricciones del uso de estrógenos, se comenzaron a investigar protocolos sin el uso de estas hormonas, adaptados a los sistemas criadores de nuestro país. Existe una gran variedad de protocolos de IATF disponibles, sin embargo, los que usan alguna fuente de progesterona, sincronizan el recambio folicular y estimulan la madurez del folículo ovulatorio, son los más efectivos (Bó et al., 1995). Los tratamientos con progesterona varían de 5 a 14 días. Los más cortos llevan asociada la doble dosis de prostaglandina, mientras que los más largos requieren de la inducción del recambio folicular.

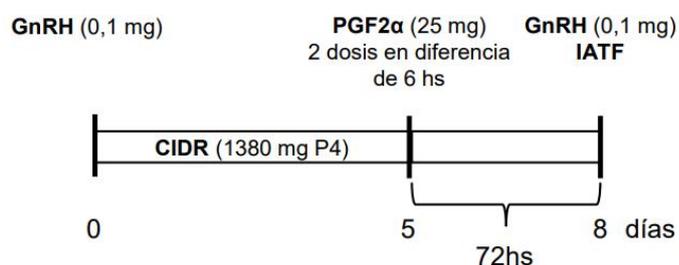
Los protocolos sin el uso de estradiol, comúnmente usados en EEUU, son el 5 day Co- Synch CIDR y el 7 Day Co- Synch CIDR, (Whittier, Currin, Schramm, Holland y Kasimanickam, 2013). El protocolo 5 day Co - Synch CIDR consiste en la administración de una dosis de GnRH al inicio del protocolo al día 0, junto con la colocación del dispositivo de P4 (CIDR), al día 5 se le retira el dispositivo y se administran dos dosis de PG con un intervalo de 6 hs, para asegurar la luteólisis de un cuerpo lúteo muy joven (Figura 1). A las 72 hs, se administra GnRH y se realiza la IATF. El protocolo 7 day Co-Synch se diferencia del anterior por la duración del tratamiento con P4, que en este caso es de 7 días. Además, se administra una sola dosis de PG (por la sensibilidad de un cuerpo lúteo de mayor edad) al día del retiro del dispositivo y la administración de GnRH y IATF se realiza a las 70 hs de la dosis de PG (Figura 1). Existen numerosos reportes del uso de estos protocolos en vacas de cría (Bridges, Helser, Grum, Mussard y Gasser, 2008; Gunn, Culp, Lemenager, Ronald y Bridges, 2016; Stevenson et al., 2011; Whittier et al., 2013). Bridges et al., (2008) adelantaron el momento de la IATF, demostrando que las tasas de preñez fueron similares entre los grupos 5 y 7 days Co-Synch, cuando la GnRH y IATF se realizaron a las 60 hs pos-PG. Sin embargo, en un diseño factorial, describen que la tasa de preñez fue 13,3% superior en el 5 comparado con el 7 day Co- Synch CIDR, cuando la IATF se realiza a las 72 hs, comparado con 60 hs pos-PG (Bridges et al., 2008). Otro trabajo comparó el 5 day Co- Synch con o sin la colocación del dispositivo de P4 y demostró que con una proporción de 87,1% de hembras ciclando previo a la sincronización, la tasa de preñez es mayor (62,3%) utilizando P4 (5 day Co-Synch CIDR), respecto al protocolo sin P4 (50,7%; Gunn et al., 2016). Estos

resultados sugieren que los protocolos cortos deben estar asociados a una fuente de progesterona y que es preferible prolongar el período de proestro previo a la IATF, para mejorar el porcentaje de preñez.

#### **7 Day Co- Synch CIDR**



#### **5 Day Co- Synch CIDR**



*Figura 1 Esquema del diseño experimental que compara dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Protocolo 7 Day Co- Synch CIDR y Protocolo 5 Day Co- Synch CIDR.*

de Nava (2021) en la búsqueda de alternativas al uso de sales de estradiol para los programas de IATF, desarrolla el protocolo GnRH-7 + eCG. Este protocolo consiste en sustituir al BE por GnRH al inicio de la sincronización, para promover el inicio de una nueva onda de desarrollo folicular. Además, se agregó una dosis de 400 UI de eCG al retiro del dispositivo en vacas con cría al pie en anestro, con el fin de favorecer el crecimiento folicular y la primera ovulación posparto. Otro aspecto relevante es que el día 9 en la mañana se puede o no detectar celo por una hora, y en la tarde se inyectan con GnRH solamente las hembras que no manifestaron celo, para realizar la IATF al día 10. En estas condiciones, la sustitución de BE por GnRH, no afectó la tasa de preñez temprana (Día 30-32 pos-servicio), en vaquillonas (64,6% BE vs 64,7% GnRH-7) ni en vacas con cría al pie (52,3% BE vs 56,1% GnRH-7).

Tabla 1. Comparación de dos protocolos (GnRH-7 y convencional) de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

| Protocolo           | Categoría      | Día 0: Colocación CIDR     | Día 7: Retiro dispositivo               | Día 9: Detección de celo + IATF <sup>1</sup>             |
|---------------------|----------------|----------------------------|---|--|
| <b>GnRH-7</b>       | Vaquillonas    | 8 µg acetato de buserelina | 0,15 mg de cloprostenol                 | 8 µg acetato de buserelina PM + IATF al siguiente día AM |
| <b>GnRH-7 + eCG</b> | Vacas con cría | 8 µg acetato de buserelina | 0,15 mg de cloprostenol + 400 UI de eCG | 8 µg acetato de buserelina PM + IATF al siguiente día AM |
| <b>Convencional</b> | Vaquillonas    | 1,5 mg BE                  | 0,15 mg de cloprostenol                 | 8 µg acetato de buserelina PM + IATF al siguiente día AM |
| <b>Convencional</b> | Vacas con cría | 2 mg de BE                 | 0,15 mg de cloprostenol + 400 UI de eCG | 8 µg acetato de buserelina PM + IATF al siguiente día AM |

<sup>1</sup> Solamente fueron inyectadas con GnRH las vacas que no manifestaron celo

García-Pintos et al., (2022) describen otras alternativas al uso de sales de estradiol en programas de IATF con el uso de dispositivos con progesterona por 6 días. Sus trabajos consistieron en la evaluación de diferentes fármacos para sincronizar la emergencia de la onda folicular al inicio del tratamiento, comparando BE, GnRH y progesterona inyectable. Se realizaron experimentos con diferentes categorías de hembras y tipos de destetes. Las vacas fueron sometidas a destete precoz para levantar el anestro. El primer experimento, se dividió en cuatro grupos (Tabla 2); a los cuales al día 0 se les administró; 1) una dosis intramuscular (im) de BE (2 mg, Zoetis), protocolo J-Synch (n=365); 2) una dosis im de GnRH (100 µg acetato gonadorelina, Zoetis), protocolo Split-Synch de 6 días (n=379); 3) una dosis im de progesterona inyectable (100 mg, Syntex), protocolo P4-Synch (n=365); 4) no recibió ningún fármaco actuando como grupo Control (n=365). La tasa de preñez fue mayor en las vacas que recibieron el protocolo J-Synch (69%), que en las que recibieron el protocolo Split-Synch de

6 días o el P4-Synch (62% y 55% respectivamente). La menor tasa de preñez fue obtenida en el grupo Control (48%) que no recibió ninguna hormona al inicio del protocolo (García-Pintos et al., 2022).

*Tabla 2. Comparación de cuatro protocolos (J- Synch, Split-Synch de 6 días, Protocolo P4-Synch y control) de inseminación a tiempo fijo (IATF).*

| <b>Protocolo</b>             | <b>Día Colocación CIDR</b>  | <b>0: Día dispositivo</b>                          | <b>6: Retiro</b>                      | <b>Detección de celo + IATF<sup>1</sup></b>             |
|------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|---|
| <b>J-Synch</b>               | 2 mg BE                     | 400 UI eCG + 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α) | 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α) | 60-64 hs de retirado el dispositivo<br>GnRH + IATF 72hs |
| <b>Split-Synch de 6 días</b> | 100 µg acetato gonadorelina | 400 UI eCG + 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α) | 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α) | 60-64 hs de retirado el dispositivo<br>GnRH + IATF 72hs |
| <b>Protocolo P4-Synch</b>    | 100 mg de P4                | 400 UI eCG + 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α) | 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α) | 60-64 hs de retirado el dispositivo<br>GnRH + IATF 72hs |
| <b>Control</b>               |                             | 400 UI eCG + 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α) | 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α) | 60-64 hs de retirado el dispositivo<br>GnRH + IATF 72hs |

<sup>1</sup> Solamente fueron inyectadas con GnRH las vacas que no manifestaron celo

En otro experimento utilizando vacas a las que se aplicó destete precoz, se formaron 4 grupos: 1) una dosis im de BE (2 mg, Zoetis), protocolo J-Synch (n=456); 2) una dosis im de GnRH (100 µg acetato gonadorelina, Zoetis), protocolo Split-Synch de 5 días (n=453); 3) 100 mg o 4) 50 mg im de progesterona inyectable (Syntex), protocolo P4-Synch 6 días (n=455). No se observaron diferencias en la tasa de preñez obtenida en las vacas que recibieron el protocolo J-Synch (70%) y Split-Synch 5d (71%), pero fue menor en las vacas que recibieron el protocolo con 100 mg progesterona (58%). La preñez de los protocolos J-Synch y Split-Synch 5d (68%) también fue mayor que el protocolo con 50 mg de progesterona (39%) (García-Pintos et al., 2022).

En otros experimentos con vacas con cría al pie, se compararon 3 protocolos (Tabla 3) uno de ellos, con el uso de Benzoato de Estradiol (protocolo convencional), mientras que los otros 2, con el uso de GnRH que prolongan el proestro y acortan la duración del protocolo a 5 o 6 días (Split Synch- 5 y Split

Synch- 6). La tasa de preñez del grupo que recibió el Protocolo Convencional (65%) fue similar a la del grupo Split-Synch 5 d (67%), pero la del grupo Split-Synch 6d fue menor (57%). Estos resultados sugieren que el protocolo sin estradiol recomendable para vacas con cría al pie es el Split-Synch 5d, y que mantener el dispositivo por 6 días para aplicar una sola dosis de PGF2 $\alpha$  afecta negativamente la tasa de preñez (García-Pintos et al., 2022).

*Tabla 3. Comparación de tres protocolos (Convencional, Split-Synch 6d y Split-Synch 5d) de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).*

| <b>Protocolo</b>            | <b>Categoría</b> | <b>Día Colocación CIDR</b>            | <b>0: Retiro dispositivo</b>  | <b>Detección de celo + IATF<sup>1</sup></b>        |
|-----------------------------|------------------|---------------------------------------|---|--|
| <b>Convencion al BE+CPE</b> | Vacas con cría   | 2mg BE                                | <b>Día 7 (AM) + 1mg BE + 400 UI eCG + 500 <math>\mu</math>g de cloprostenol sódico (PGF2<math>\alpha</math>)</b>  | 48 hs retirado el dispositivo<br>GnRH + IATF 56 hs |
| <b>Split-Synch 6d</b>       | Vacas con cría   | 100 $\mu$ g acetato gonadorelina GnRH | <b>Día 6 (PM) + 400 UI eCG + 500 <math>\mu</math>g de cloprostenol sódico (PGF2<math>\alpha</math>)</b>   | 64 hs retirado el dispositivo<br>GnRH + IATF 72 hs |
| <b>Split-Synch 5d</b>       | Vacas con cría   | 100 $\mu$ g acetato gonadorelina GnRH | <b>Día 5 (PM)+ 400 UI eCG + 500 <math>\mu</math>g de cloprostenol sódico (PGF2<math>\alpha</math>) + Una 2da dosis de PGF2<math>\alpha</math> 16 hs más tarde</b> | 64 hs retirado el dispositivo<br>GnRH+ IATF 72 hs  |

<sup>1</sup> Solamente fueron inyectadas con GnRH las vacas que no manifestaron celo

La duración de los tratamientos con progesterona y sus concentraciones, afectan el desarrollo folicular y la madurez del ovocito liberado, repercutiendo en la fertilidad a la IATF (Richardson, Hill, Stevenson, Djira, y Perry, 2016).

Recientemente, se desarrolló el protocolo 7 & 7 Synch, de 17 días de duración, que ha probado ser efectivo cuando se aplica en programas de transferencia embrionaria en vacas para carne (Bonacker et al., 2020). La comparación del protocolo 7 & 7 Synch con el 7 day CO-Synch + CIDR, demuestra que una mayor proporción de vacas del protocolo 7&7 Synch demostraron celo antes de la IATF. Independientemente del tipo de semen

utilizado (semen convencional o sexado), las vacas tratadas con el protocolo 7&7 Synch obtuvieron una mayor tasa de preñez (semen convencional: 72% y semen sexado 52%) que el 7- day CO- Synch + CIDR (semen convencional: 60% semen sexado: 44%) (Andersen et al., 2021). Se ha reportado que la expresión del celo después de la prostaglandina y antes de la IATF fijo cambia el ambiente uterino, aumenta el número de espermatozoides accesorios, las tasas de fertilización y la supervivencia general del embrión (Richardson et al., 2016).

El Protocolo 7&7 Synch podría resultar en una alternativa válida para Uruguay. Sin embargo, las mejores tasas de preñez reportadas con el uso de este protocolo se asocian a vacas que estaban ciclando al inicio del protocolo. Dada la gran proporción de vacas en anestro que suele haber en Uruguay al inicio de la sincronización, el uso de eCG al retiro del dispositivo podría estar indicado en nuestras condiciones. Por este motivo, al protocolo 7&7 Synch se le realizó una modificación, y es el agregado de 400 UI de eCG al retiro del dispositivo intravaginal, denominándose 7&7 Synch + eCG.

## **2.8 Pérdidas reproductivas**

Se considera que las pérdidas productivas durante el período comprendido entre la concepción y el destete, abarcan un período de 15 a 16 meses. Las mismas pueden ser clasificadas en cuatro grupos, dependiendo del momento en que se produzca la pérdida: embrionarias, fetales, perinatales y posnatales (Medina, Rios y Rubial, 2010).

Radostits (2002) establece como normales un 5% de pérdidas por muerte embrionaria, 2% de pérdidas durante la gestación, 2% de pérdidas durante el parto y 3% pérdidas hasta el destete (Radostits, 2002). En Uruguay hay autores que citan diferentes valores de pérdidas desde la preñez al destete, los cuales varían entre 9 % y 20 % (Blanc, Ferrari y Moraes, 2002). Según encuestas realizadas en el año 2009, las pérdidas producidas entre el diagnóstico de gestación y el destete, son alrededor de un 11% (MGAP, 2009). Sin embargo, en predios comerciales bien manejados y con muy buena sanidad, se han constatado pérdidas menores a un 7% (de Nava, comunicación personal). También se ha mencionado que existe una carencia de información de las pérdidas reproductivas que se dan entre el diagnóstico de preñez y el destete, por la falta de registros que tienen los sistemas de cría en nuestro país (Azzarini, 2002).

Se calcula que la mayoría de las pérdidas ocurren durante los primeros 50 días de gestación, durante el periodo embrionario y por lo tanto son difíciles de observar (Santos, Thatcher, Chebel, Cerri y Galvão, 2004). La interrupción de la gestación se puede clasificar en muerte embrionaria temprana, que ocurre

antes del reconocimiento materno de la preñez; muerte embrionaria tardía, que ocurre entre los días 24 y 42 de la gestación y muerte fetal, que ocurre después del día 42 (Santos et al., 2004). La mayor parte de los embriones se pierden durante el reconocimiento materno de la preñez (día 16), por lo tanto, la duración del ciclo estral no se afecta (Thatcher et al., 2001).

### **Principales causas de interrupción de la gestación:**

- Nutrición:

La nutrición materna es una limitante en los sistemas de cría en nuestro país. Las deficiencias de energía pueden afectar negativamente diferentes procesos fisiológicos, entre ellos la reproducción, la cual puede verse afectada en cualquier fase, desde la manifestación estral hasta la implantación, llevando así a la muerte embrionaria (Arthur, Noakes y Pearson, 1991; McClure, 1995; Schroeder, 1998). A su vez, la nutrición posee una fuerte influencia en el desarrollo fetal (“programación fetal”) y en la habilidad de la vaca para llevar a cabo una preñez normal (Medina et al., 2010). Otras carencias específicas, son las deficiencias de cobre y selenio que pueden causar tanto muerte embrionaria como fetal (Peterson, 1996; Oblitas, Conteras, Bohmwald y Witter, 2000).

- Estrés Calórico:

Las altas temperaturas ambientales pueden disminuir la fertilidad, con una alta incidencia de muertes embrionarias antes de los 35 días (Arthur, 1991). En nuestro país la mayoría del ganado es criado en sistemas pastoriles pudiendo verse afectado por el estrés calórico en momentos puntuales durante los meses de verano, sobre todo en los departamentos al norte del país (Gutiérrez, 2018). Cuando ocurren períodos severos de altas temperaturas y de estrés calórico, la temperatura corporal llega a 40-41°C, esta hipertermia ocasiona cambios a niveles uterinos que ocasionan muerte embrionaria (Campero, 1998).

- Iatrogénicas: Diagnóstico temprano de preñez:

Existen discusiones sobre la posibilidad de producir pérdidas embrionarias a causa del diagnóstico de preñez temprano. Sin embargo, las pérdidas son mínimas si esta labor es realizada por un Veterinario experimentado mediante el deslizamiento de membranas (Álava, 2013). Esta situación puede minimizarse con el uso de ultrasonografía transrectal.

- Infeciosas:

Hay varios agentes infecciosos que causan interrupción de la gestación. Dentro de las principales enfermedades infecciosas que afectan las etapas tempranas de gestación se encuentran la Campilobacteriosis genital bovina (CGB) y la Tricomoniasis bovina (TB). Estas son enfermedades de transmisión venérea que causan generalmente infertilidad, muerte embrionaria y abortos (Anderson, Bon Durant, Corbeil y Corbeil, 1996; Campero, Moore, Odeón,

Cipolla y Odriozola, 2003). Por otro lado, la Leptospirosis es una enfermedad extremadamente importante en la industria pecuaria, debido a que es una zoonosis mundialmente distribuida, la manifestación reproductiva más importante es el aborto, también puede ocasionar nacimientos de mortinatos e infertilidad (Ellis, 2015). También, la Neosporosis es una enfermedad de importancia ya que, es una de las principales causas de aborto en bovinos en nuestro país, junto con la disminución de la producción de leche y carne, lo que ocasiona pérdidas reproductivas, productivas y económicas a nivel predial (Martínez-Lagos, Schwerter y Urrutia, 2018). El virus de la diarrea viral bovina (DVB) también puede causar muerte embrionaria, abortos, malformaciones congénitas y nacimiento de terneros persistentemente infectados (Repiso et al., 2005). Estas están presentes en nuestro país desde hace muchos años (Repiso et al., 2005).

- Protocolos de IATF

Se ha descrito que algunos protocolos de sincronización podrían tener mayores pérdidas embrionarias que otros (de Nava, 2021). En vaquillonas y vacas, el protocolo GnRH-7 promovió más pérdidas gestacionales entre el día 31 y el día 207 que el protocolo con BE (14,1 y 14,5% vs 8,6 y 7,8%; respectivamente; de Nava, 2021). Esto podría estar asociado con la sincronía en la emergencia de una nueva onda folicular al inicio del protocolo. Se ha descrito que la ovulación de un ovocito proveniente de un folículo envejecido, podría ocasionar mayores pérdidas embrionarias (Stevenson et al., 2011).

Por lo tanto, es necesario evaluar el impacto de los protocolos de IATF en las pérdidas reproductivas, ya que reducen la eficiencia reproductiva global del rodeo de cría.

### **3. HIPÓTESIS**

El protocolo 7 & 7 Synch + eCG, promueve mayores tasas de preñez y menores pérdidas gestacionales que el protocolo GnRH-7 + eCG, en vacas con cría al pie manejadas en condiciones comerciales de Uruguay.

### **4. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general:**

Comparar la eficiencia reproductiva de vacas con cría a las que se aplican dos protocolos de IATF sin sales de estradiol

#### **Objetivos específicos:**

1. Comparar las tasas de preñez obtenidas utilizando dos protocolos de IATF
2. Evaluar el efecto de la CC en la preñez de ambos protocolos
3. Evaluar el porcentaje de vacas inseminadas a celo detectado y a tiempo fijo y su impacto en el porcentaje de preñez
4. Comparar las pérdidas gestacionales que ocurren cuando se aplican dos protocolos de IATF
5. Evaluar diferencia de costos entre protocolos

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un predio comercial ubicado en el kilómetro 299 de la ruta 6, paraje Cerro Pereira, departamento de Tacuarembó. El mismo se llevó a cabo entre noviembre de 2021 a abril de 2022. Un total de 662 vacas con cría al pie de las razas Polled Hereford, Angus Negro y Angus Colorado con al menos 40 días de paridas fueron sometidas a una evaluación genital por palpación rectal para determinar su estado fisiológico al comienzo del experimento en el día -17. En el momento de la evaluación genital, se utilizó un lector de trazabilidad Baqueano (Baqueano®, Uruguay) con software gestor de lecturas, en el que mediante la aplicación de atributos se registró la raza, condición corporal, y estatus fisiológico de los animales. Aquellas vacas con folículos pequeños y sin tono uterino fueron clasificadas en anestro profundo (de Nava, 2013) y descartadas del experimento. Quinientas ochenta y cuatro vacas con un peso vivo de  $403,6 \pm 48,2$  kg y un rango de condición corporal de 2,5 a 6 (escala del 1 al 9) (Herd y Sprott, 1986) fueron consideradas ciclando ( $n=26$ ) o en anestro superficial ( $n=558$ ) y en el día -17 se distribuyeron en dos grupos al azar (292 vacas por grupo). Se utilizó el protocolo 7&7 Synch modificado, al que se agregó una dosis de 400 UI de eCG al retiro del dispositivo, denominándose 7&7 Synch + eCG. El Protocolo 7 & 7 Synch + eCG, consistió en la administración de una dosis intramuscular de 0,15 mg de D + cloprostenol 0,0075% (Ciclar®, Laboratorio Zoovet) y la colocación de un dispositivo intravaginal con 1,2 gr de Progesterona (Diprogest 1200®, Laboratorio Zoovet) en el día -17. En el día -10 se administró 0,0084 mg de Acetato de Buserelina (Buserelina®, Laboratorio Zoovet) intramuscular. En el día -3 se administró una dosis de 0,15 mg de D + cloprostenol 0,0075% (Ciclar®, Laboratorio Zoovet) y 400 UI de eCG (Novormon®, Laboratorio Syntex), al momento en que se retiró el dispositivo de progesterona. A las vacas en el protocolo GnRH- 7 + eCG, en el día -10 se colocó un dispositivo intravaginal con 0,75 gr de Progesterona (Pro-Ciclar®, Laboratorio Zoovet) y una dosis de 0,0084 mg de Acetato de Buserelina (Buserelina®, Laboratorio Zoovet) intramuscular. Al día -3 se retiró el dispositivo, se inyectaron 0,15 mg de D + cloprostenol 0,0075% (Ciclar®, Laboratorio Zoovet) y 400 UI de eCG (Novormon®, Laboratorio Syntex).

En ambos protocolos, se colocaron tablillas nasales a los terneros desde el día -10 al 0. En el día -1 de mañana y durante 1 hora se realizó la detección de celo. Por la tarde de ese mismo día, se inseminaron las vacas que presentaron celo y a las que no presentaron celo, se le administró una dosis de 0,0084 mg de Acetato de Buserelina (Buserelina®, Laboratorio Zoovet). Al día 0 se realizó IATF a las vacas que fueron inyectadas con GnRH la tarde anterior (Figura 2). La inseminación se llevó a cabo con una dosis de al menos 10 millones de espermatozoides viables, utilizando semen congelado de buena calidad (> 30% de motilidad al descongelado y menos de un 18% de anomalías espermáticas) de 6 toros de fertilidad probada. Para ambos grupos se les hizo

repasso con monta natural (MN), desde el día 17 post IATF se colocan los toros en una proporción del 5% (previamente evaluados como aptos para el servicio y calificados con una alta capacidad de servicio), con el objetivo de que aquellas vacas sincronizadas que no se preñaron a la IATF sean cubiertas por los mismos. Al día 24 hasta el día 90 post IATF, se baja la proporción de toros al 3% ya que la mayoría de las vacas estarían preñadas por la IATF y por los toros en los primeros días de repaso. Independientemente del protocolo asignado todas las vacas fueron manejadas en conjunto durante todo el experimento.

A los 34 días de realizada la IATF se procedió a realizar el diagnóstico temprano de gestación correspondiente a la IATF mediante el uso de ultrasonografía utilizando un ecógrafo portátil Iscan Draminski provisto con un transductor de 5MHz. A los 120 días de la IATF se realizó el diagnóstico de gestación final, identificando preñeces de 30- 60 días y preñeces de más de 60 días. También se evaluaron así las pérdidas gestacionales ocurridas en aquellas vacas preñadas a la IATF.

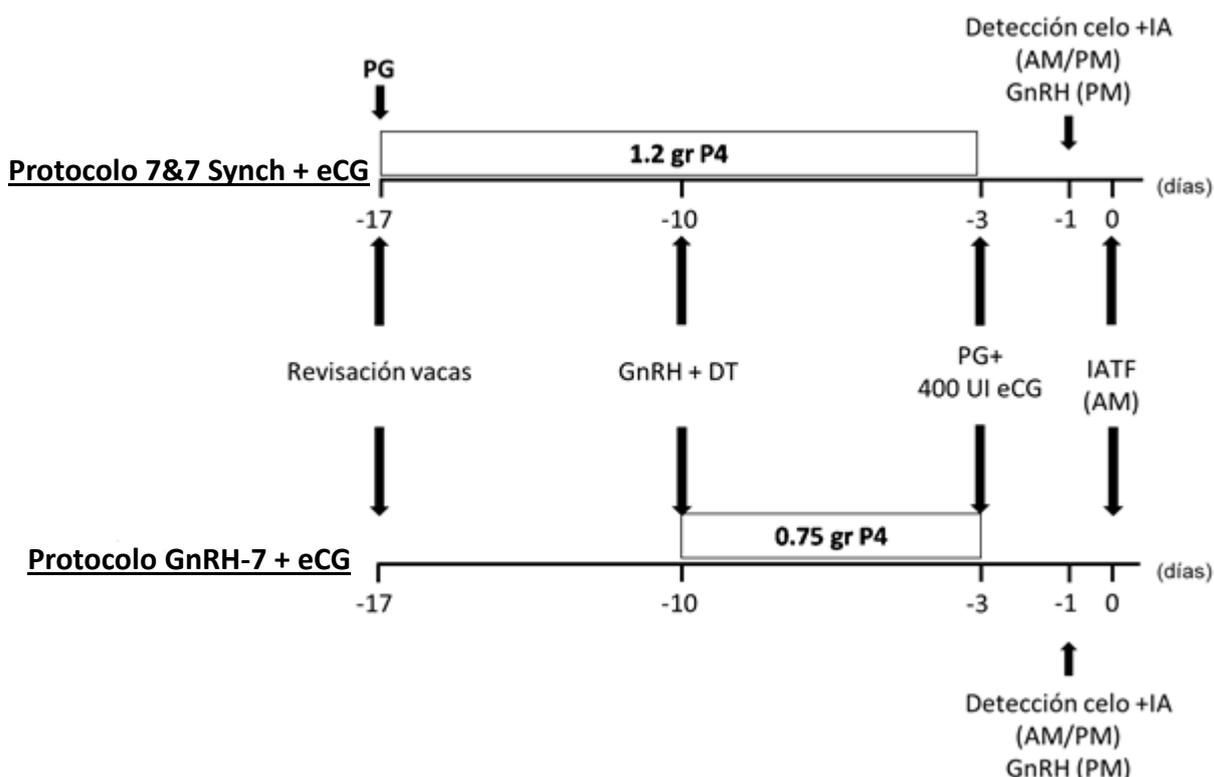


Figura 2 Esquema del diseño experimental que compara dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). El protocolo 7&7 Synch +eCG y el protocolo GnRH-7 + eCG.

Análisis Estadístico: La comparación de la preñez a la IATF entre protocolos, o su combinación con CC contrastantes y el tipo de inseminación (celo detectado o no) se realizó mediante el Test de Chi cuadrado, utilizando el paquete estadístico SAS (SAS® OnDemand for Academics). Las pérdidas embrionarias entre protocolos fueron evaluadas mediante el Test de Chi cuadrado. El

momento de ocurrencia de la concepción durante el período de servicios fue evaluado utilizando el test de supervivencia (SAS® OnDemand for Academics). Las variables fueron consideradas significativas si  $P < 0,05$  y tendencia para valores de P entre 0,05 y 0,1. Los valores se presentan como proporciones o porcentajes.

## 6. RESULTADOS

### Porcentaje de preñez y pérdida gestacional

El porcentaje de preñez a la IATF tendió a ser superior en las vacas del protocolo 7&7 Synch + eCG respecto a las del protocolo GnRH-7 + eCG (Tabla 4). Sin embargo, el porcentaje de preñez al final del período de servicios fue similar entre protocolos (Tabla 4). Las pérdidas gestacionales observadas entre el día 34 y 120 post IATF no estuvieron afectadas por el protocolo, siendo estas iguales entre grupos (Tabla 4).

*Tabla 4. Resultados de preñez al diagnóstico temprano, preñez final y pérdida gestacional, en vacas (número (n) y porcentaje (%)) sometidas al protocolo 7&7 Synch + eCG y el GnRH-7 + eCG y la probabilidad de que el efecto sea significativo (valor P <0,05)*

| Protocolo           | 7&7 Synch + eCG |      | GnRH- 7 + eCG |      | P    |
|---------------------|-----------------|------|---------------|------|------|
|                     | n               | %    | n             | %    |      |
| Preñez a la IATF    | 178/292         | 61,0 | 157/292       | 53,8 | 0,08 |
| Preñez final        | 272/292         | 93,2 | 277/292       | 94,9 | 0,83 |
| Pérdida gestacional | 8/178           | 4,5  | 7/157         | 4,5  | 0,99 |

### Impacto de la condición corporal en el porcentaje de preñez

Una variable que afectó en forma diferencial el porcentaje de preñez fue la CC. Las vacas en CC baja ( $\leq 3,5$ ) tuvieron un menor porcentaje de preñez (48%), comparadas con las vacas en CC moderada ( $\geq 4 = 63\%$ ;  $P < 0,001$ ). Aunque no estadísticamente significativo, el porcentaje de preñez fue superior con el protocolo 7&7 Synch + eCG respecto al protocolo GnRH- 7 + eCG en vacas con CC baja o moderada (Tabla 5). Sin embargo, a una CC moderada ( $\geq 4$ ), la preñez tendió a ser mayor para el protocolo 7&7 Synch + eCG que para el protocolo GnRH- 7 + eCG (Tabla 5).

*Tabla 5. Resultados de preñez, según la condición corporal ( $\leq 3,5$  y  $\geq 4$ ), utilizando los protocolos 7&7 Synch+ eCG y GnRH-7 + eCG*

| Condición corporal | 7&7 Synch + eCG |      | GnRH- 7 + eCG |      | Total   |      | P    |
|--------------------|-----------------|------|---------------|------|---------|------|------|
|                    | N               | %    | n             | %    | N       | %    |      |
| $\leq 3,5$         | 61/119          | 51,3 | 43/99         | 43,4 | 104/218 | 47,7 | 0,25 |
| $\geq 4$           | 117/173         | 67,6 | 114/193       | 59,1 | 231/366 | 63,1 | 0,09 |

### Detección de celo:

Una mayor proporción de vacas tratadas con el protocolo GnRH- 7 + eCG fueron inseminadas a celo visto (79/292) respecto a las vacas tratadas con el protocolo 7&7 Synch + eCG (43/292;  $P < 0,001$ ), pero la preñez fue similar entre grupos (Tabla 6). Sin embargo, la preñez de las vacas tratadas con el protocolo GnRH 7 + eCG e inseminadas sin celo detectado, fue inferior respecto al 7&7 Synch + eCG (Tabla 5).

Tabla 6. Resultados de preñez utilizando los protocolos 7&7 Synch+ eCG y GnRH-7 + eCG, en vacas inseminadas a celo visto o sin celo detectado (IATF) (número (n) y porcentaje (%)) y la probabilidad de que el efecto sea significativo (valor  $P=0,05$ )

|                    | 7&7 Synch + eCG |                   | GnRH- 7 + eCG |                   | P     |
|--------------------|-----------------|-------------------|---------------|-------------------|-------|
|                    | n               | %                 | n             | %                 |       |
| Celo visto         | 43/63           | 68,3 <sup>a</sup> | 79/124        | 63,7 <sup>a</sup> | <0,01 |
| Sin celo detectado | 135/229         | 59,0 <sup>a</sup> | 78/168        | 46,4 <sup>b</sup> |       |

<sup>a</sup> vs <sup>b</sup> indican diferencias estadísticamente significativas

### Preñez durante el período de servicio

La probabilidad de preñez durante todo el período de servicio no fue estadísticamente diferente ( $P=0.8$ ) entre el protocolo 7&7 Synch +eCG y el protocolo GnRH- 7 + eCG. Un alto porcentaje de vacas se preñaron al inicio del período de servicios, porcentaje que supera el 80% a los 45 días, y el 90% a final del mismo para ambos grupos (Figura 3).

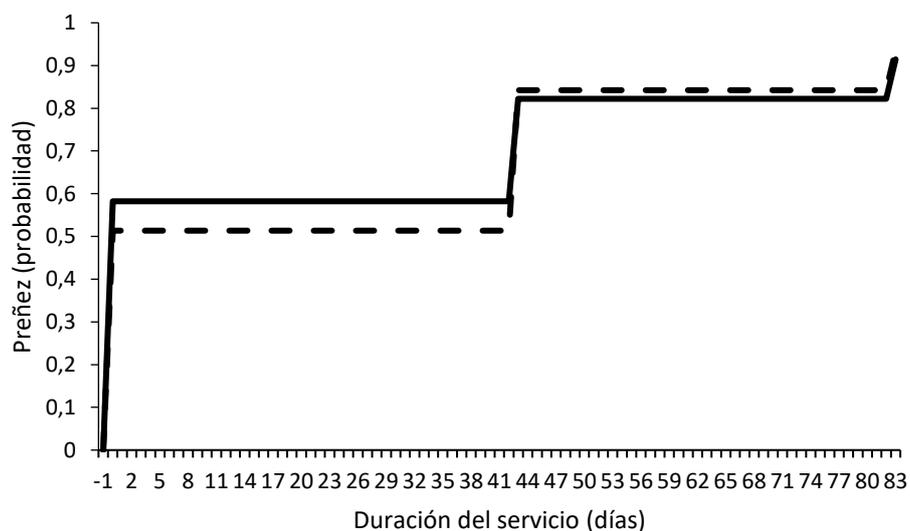


Figura 3: Gráfica de supervivencia invertida, que compara la preñez a lo largo del período de servicio de los protocolos 7&7 Synch+ eCG (línea negra) y GnRH-7+ eCG (línea negra punteada).

### Costos de los protocolos

En la tabla 7 se comparan los costos de los protocolos 7&7 Synch + eCG y GnRH- 7 + eCG dando como resultado un costo superior para el protocolo 7&7 Synch + eCG con una diferencia de U\$S 1,56.

*Tabla 7: comparación de los costos (U\$S) del 7&7 Synch + eCG y el GnRH- 7 + eCG*

| Hormonas                 | <b>7&amp;7 Synch + eCG</b> | <b>GnRH- 7 + eCG</b> | Diferencia  |
|--------------------------|----------------------------|----------------------|-------------|
| Dispositivo progesterona | 3,75                       | 2,95                 |             |
| Prostaglandina           | 1,52                       | 0,76                 |             |
| Buserelina               | 1,32                       | 1,32                 |             |
| ECG                      | 2,16                       | 2,16                 |             |
| <b>TOTAL</b>             | <b>8,75</b>                | <b>7,19</b>          | <b>1,56</b> |

## 7. DISCUSIÓN

La hipótesis de que el protocolo 7 & 7 Synch + eCG, permitiría obtener mayores tasas de preñez y menores pérdidas gestacionales que el protocolo GnRH-7 + eCG en vacas con cría al pie se cumplió parcialmente. El protocolo 7 & 7 Synch + eCG tendió a aumentar el porcentaje de preñez, en vacas en CC baja y moderada, y a celo no detectado, comparado con el protocolo GnRH-7 + eCG, pero no redujo las pérdidas gestacionales, que fueron bajas y similares entre protocolos.

La tendencia a mayor tasa de preñez en las vacas del grupo 7&7 Synch + eCG coincide con los reportes de los investigadores que desarrollaron el protocolo original (Andersen et al., 2021; Bonacker, 2020). Andersen et al. (2021) reportan una mayor diferencia en el porcentaje de preñez para el protocolo 7&7 Synch (72,0% 7&7 Synch vs 60,3% 7-day CO-Synch + CIDR) que la encontrada en este experimento. Es importante destacar que estos investigadores trabajaron con una alta proporción de vacas ciclando al inicio del protocolo, mientras que en este experimento, el 96% de las vacas se encontraban en anestro. La mayor diferencia entre los protocolos utilizados en este experimento fue la duración del tratamiento con P4 (7 vs 14 días). Los mejores resultados obtenidos en el presente experimento con el protocolo 7&7 Synch + eCG, podrían deberse al efecto que tiene el tratamiento prolongado de 14 días con P4 en la inducción de un folículo persistente previo a la administración de GnRH en el día -10, en una alta proporción de vacas (Andersen, et al., 2021). Este efecto es beneficioso para aumentar la madurez folicular en el día -10 e incrementar la probabilidad de respuesta ovulatoria a la GnRH y la emergencia subsecuente de una nueva onda folicular (Andersen et al, 2021; Bonacker 2020). Otro aspecto relevante, es que se utilizaron dispositivos intravaginales con diferentes concentraciones de progesterona (0,75 g y 1,2 g para los protocolos GnRH- 7 + eCG y 7&7 Synch + eCG, respectivamente; de Nava, 2013; Andersen, et al., 2021; Bonacker et al., 2020). Esta decisión fue tomada considerando que la concentración de P4 circulante aumenta dentro de las primeras 2 horas de colocado el dispositivo intravaginal, y se mantiene constante, hasta 2 horas luego del retiro del mismo (Kajaysri, Chumchoung, Wutthiwitthayaphong, Suthikrai, Sangkamanee, 2017; Segabinazzi, Andrade, Alvarenga, Dell'Aqua, Canisso, 2021). Por lo tanto, se requeriría mayor concentración de P4 en tratamientos de 14 vs 7 días de duración. Sin embargo, sería relevante comparar el resultado de ambos protocolos utilizando dispositivos con la misma concentración de P4. Se ha reportado que el aumento en la concentración del progestágeno durante la sincronización del celo y la ovulación, permite lograr mejores tasas de concepción (Wehrman et al., 1993). En experimentos controlados se obtuvieron mayores tasas de preñez a la IATF en vacas con cría al pie en anestro con dispositivos con 0,75 g de P4 que con 0,6 g, utilizando protocolos de 7 días (de

Nava, 2013). La duración del tratamiento y las concentraciones de P4 de los dispositivos utilizados podrían haber impactado en forma diferencial en el desarrollo folicular, explicando la ventaja del protocolo 7&7 Synch + eCG respecto al GnRH-7 + eCG.

Una variable que afectó el porcentaje de preñez fue la CC, registrándose una ventaja del protocolo 7&7Synch + eCG que tendió a superar al protocolo GnRH-7 + eCG a una CC moderada ( $\geq 4$ ). La CC refleja las reservas energéticas de los bovinos, por lo tanto, las concentraciones de hormonas metabólicas (insulina, IGF-I, leptina) que afectan el desarrollo folicular, su capacidad esteroidogénica y la tasa de preñez (Correa y Uribe, 2010). El mecanismo por el cual las reservas de energía ejercen su efecto sobre la reproducción está mediado por la acción de las hormonas metabólicas sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovárico (Meikle et al., 2018). A nivel ovárico, las hormonas metabólicas amplifican el efecto positivo de la FSH en el desarrollo folicular, preparándolo para su cambio en la dependencia a LH (Roche, Mihm, Diskin, Ireland, 1998). La secreción de LH es una limitante para la maduración folicular después del parto, debido a que inadecuados pulsos de esta hormona pueden causar ondas foliculares recurrentes y atresia del folículo dominante (Correa y Uribe, 2010). En dos estudios realizados en EUA, donde en uno se relacionó el efecto de la CC y la ovariectomía sobre la secreción de LH en vacas Hereford, se concluyó que bajas reservas energéticas corporales pueden suprimir la secreción de la hormona (Richards, Wettemann, Spicer y Morgan, 1991). En otro estudio reportaron que la frecuencia de los pulsos de LH fue mayor para aquellas vacas que en el momento del destete presentaron una CC  $\geq 5$  en una escala 1 – 9 ( $2,3 \pm 0,1$  pulsos/4 horas) comparadas con vacas CC  $< 5$  ( $1,6 \pm 0,1$  pulsos/4 horas; Bishop, Wetteman y Spicer, 1994). Los resultados de este experimento coinciden con estos reportes respecto al impacto de las reservas corporales sobre la preñez. Además, el protocolo 7&7 Synch + eCG mejoró la preñez en vacas en baja y moderada CC, por lo que podría haber estimulado el desarrollo de un folículo pre-ovulatorio de mayor tamaño, comparado con el protocolo GnRH-7 + eCG, aun cuando ambos grupos recibieron 400 UI de eCG al retiro de los dispositivos. De esta manera, el protocolo 7&7 Synch + eCG habría promovido el desarrollo de un cuerpo lúteo de mayor tamaño, que produjo mayores concentraciones de P4, estimulando el desarrollo embrionario temprano y en el reconocimiento materno de la preñez (Meikle et al., 2018).

Una mayor proporción de vacas tratadas con el protocolo GnRH-7 +eCG fueron inseminadas a celo detectado, respecto a las que recibieron el protocolo 7 & 7 Synch + eCG. La concentración de P4 de los dispositivos intravaginales utilizados, podría explicar la diferencia en la proporción de vientres que manifestaron celo en la mañana del día 9 (de Nava, 2013). Las vacas del protocolo 7 & 7 Synch + eCG, tardaron más tiempo en llegar a un nivel basal de P4, lo que habría determinado que manifiesten celo más tardíamente, respecto

a las vacas sometidas al protocolo GnRH-7 +eCG. Andersen et al. (2021), reportan que el porcentaje de vacas tratadas con el protocolo 7&7 Synch que manifestaron celo fue superior a las tratadas con el protocolo 7 day Co-Synch (82% vs 64% respectivamente). Se ha demostrado que las vacas que muestran celo tienen mejores respuestas ováricas (folículos más grandes, mayor tasa de ovulación, mayor CL y mayores concentraciones de P4), mejorando los resultados de la preñez (Sá Filho, Santos, Ferreira, Sales, Baruselli, 2011). En este experimento, el porcentaje de preñez de las vacas sometidas al protocolo GnRH-7 + eCG que fueron inseminadas a celo visto fue mayor que el de vacas inseminadas sin detectar celo, reforzando estos conceptos. Sin embargo, el adecuado desarrollo folicular inducido por el protocolo 7 & 7 Synch + eCG, permitió lograr altos porcentajes de preñez en vacas inseminadas a celo detectado o sin detectar celo, destacando los efectos beneficiosos de este protocolo en condiciones comerciales.

No hubo diferencias en la tasa de preñez final entre protocolos, alcanzándose un alto porcentaje de vacas preñadas en los primeros 45 días del período de servicios, como consecuencia del uso exitoso de programas de IATF. La mejora en la cantidad y calidad de las preñeces en vacas con cría al pie por uso de programas de IATF ha sido previamente descrito (de Nava, 2013). En este experimento, las pérdidas gestacionales fueron bajas (4,5%). En trabajos previos, utilizando el protocolo GnRH- 7 + eCG en vacas primíparas con cría al pie, las pérdidas gestacionales ascendieron a 14,5% (de Nava, 2021). Podemos sugerir que esta diferencia en el porcentaje de pérdidas gestacionales podría estar asociado al estado nutricional de las vacas primíparas, cuya condición corporal fue baja (rango de CC 3 a 3,5). El impacto del metabolismo energético en la capacidad del ovocito de transformarse en un embrión saludable ha sido descrito previamente (Meikle et al., 2018).

El protocolo 7&7 Synch + eCG resultó ser U\$S 1,56 más caro que el GnRH-7 + eCG y tiene la desventaja de que intensifica el manejo de las vacas (una traída más a las mangas). Además, al ser un protocolo más largo requiere una mayor planificación y eventualmente, comenzar la sincronización con menos días postparto. El inicio del protocolo 7&7 Synch + eCG en el día -17 se realizó con vacas que tenían al menos 40 días de paridas, siguiendo recomendaciones previas (de Nava, 2013). Sin embargo, en determinadas condiciones comerciales el protocolo 7&7 Synch + eCG se ha iniciado más temprano. Las tasas de preñez fueron 54,9% (28/51) y 71,9% (161/224) para vacas con 32 días y > 60 días posparto, respectivamente (de Nava, comunicación personal). La menor pero aceptable tasa de preñez alcanzada en estas vacas con menos días posparto, podría igualmente justificar la aplicación de este protocolo más tempranamente, aunque más investigación es necesaria para validar esta alternativa. Las mejores tasas de preñez obtenidas en este experimento con el protocolo 7&7 Synch + eCG, llevaron a su implementación en algunos predios

comerciales de Uruguay en la primavera 2022. Las tasas de preñez alcanzadas con este protocolo fueron de 72,6% (151/208), 69,0% (189/274) y 67,5% (162/240) en vacas con cría de predios ubicados en los departamentos de Paysandú, Tacuarembó y Cerro Largo, respectivamente (de Nava, comunicación personal). Las mejores tasas de preñez obtenidas en este experimento y en predios comerciales podrían justificar el uso del protocolo 7&7 Synch +eCG en vacas de cría en nuestras condiciones, a pesar de su mayor costo y de las mayores dificultades para su implementación. En este sentido, eliminar la administración de PG al inicio del protocolo 7&7 Synch + eCG, en vacas de cría que se encuentra mayoritariamente en anestro, permitiría reducir los costos. Aun cuando se necesita más investigación el desarrollo del protocolo 7&7 Synch + eCG, podría ser de elección cuando se busca lograr altas tasas de preñez en los escenarios actuales de prohibición del uso de estrógenos en Uruguay.

## **8. CONCLUSIONES**

Se concluye que el uso del protocolo 7&7 Synch + eCG tendió a aumentar el porcentaje de preñez a la IATF en vacas con baja y moderada CC, comparado con el protocolo GnRH-7+ eCG, sin observarse diferencias en las pérdidas gestacionales en vacas con cría al pie.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Álava, J. (2013). *Evaluación de la hormona coriónica equina para disminuir la muerte embrionaria en vacas* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López", Calceta.
- Alejo, D., Campero, C. M., Feverín, C., y Fernández Sainz, I. (2000). *Caracterización de partos y mortalidad perinatal asociado a genotipos*. Recuperado de [https://produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_parto/57-partos\\_mortalidad\\_perinatal\\_genotipos.pdf](https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_parto/57-partos_mortalidad_perinatal_genotipos.pdf)
- Andersen, C.M., Bonacker, R.C., Smith, E.G., Spinka, C.M., Pooc.k, S.E., y Thomas, J.M. (2021). Evaluation of the 7 & 7 Synch and 7-day CO-Synch + CIDR® protocols for estrus synchronization of beef cows prior to fixed-time artificial insemination with conventional or sex-sorted semen. *Animal Reproduction Science*, 235, 106892. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106892>
- Anderson, M., Bon Durant, R., Corbeil, R., y Corbeil, L. (1996). Immune and inflammatory responses to reproductive tract infection with *Tritrichomonas foetus* in immunized and control heifers. *The Journal of Parasitology*, 82, 594-600.
- Arthur, G., Noakes, D., y Pearson, H. (1991). *Reproducción y Obstetricia en Veterinaria* (6ª ed.). Madrid: Interamericana.
- Azzarini, M. (2002). Potencial reproductivo de los Ovinos. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXX, pp. 123-130). Paysandú: CMVP.
- Berretta, E. J. (2013). Manejo de la cría vacuna en campos naturales de basalto. En G. Quintans y A. Scarsi (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Cría Vacuna*. (pp. 47-61). Montevideo: INIA. Recuperado de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7564/1/st-208-2013.-p.47-61.pdf>
- Bishop, D.K., Wettemann, R.P., y Spicer, L.J. (1994). Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. *Journal of Animal Science*, 72(10), 2703-2708.
- Blanc, J.E., Ferrari, A., y Moraes, J. (2002). Pérdidas reproductivas desde el servicio al destete en un rodeo de cría en la zona litoral del Uruguay. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXX pp. 259- 263). Paysandú: CMVP.
- Blanco, L., y Montedónico, G. (2003). *Efecto de diferentes tratamientos de control del amamantamiento sobre la performance reproductiva en vacas de carne en condiciones comerciales* (Tesis de grado). Facultad de Agronomía, UDELAR, Montevideo.
- Bó, G. A., y Baruselli, P. S. (2014). Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, 8(Supl. 1),144-150. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/S1751731114000822>
- Bó, G.A., Adams, G.P., Caccia, M., Martinez, M., Pierson, R.A., y Mapletoft, R.J. (1995). Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestagen and estradiol in cattle. *Animal Reproduction Science*, 39, 193-204.

- Bó, G.A., y Cutaia, L. (2014). *Estado del arte en IATF: Factores que afectan sus resultados*. Recuperado de [http://www.pecplan.com.br/upload/library/Estado\\_del\\_arte\\_IATF.pdf](http://www.pecplan.com.br/upload/library/Estado_del_arte_IATF.pdf)
- Bonacker, R. C., Gray, K. R., Breiner, C. A., Anderson, J. M., Patterson, D. J., Spinka, C. M., y Thomas, J. M. (2020). Comparison of the 7 & 7 Synch protocol and the 7-day CO-Synch + CIDR protocol among recipient beef cows in an embryo transfer program. *Theriogenology*, 158, 490-496. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.09.033>
- Bridges, G., Helser, L., Grum, D., Mussard, M., y Gasser, C. (2008). Day Decreasing the interval between GnRH and PGF2 $\alpha$  from 7 to 5 days and lengthening proestrus increases timed-AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*, 69(7), 843-851.
- Cabrera, A., García, P., y Reyles, E. (2012). *Comparación entre la adición de ecg al día 5 o 7 en un protocolo para anestro en vacas Hereford posparto*. (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Campero, C. (1998). Etiopatogénesis del Aborto Bovino. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXVII, pp. 14-23). Paysandú: CMVP.
- Campero, C., Moore, D., Odeón, A., Cipolla, A., y Odriozola, E. (2003). Etiology of bovine abortion in Argentina. *Veterinary Research Communications*, 27, 359-369
- Cantero, D., Brown, W., González, M., Fernández, I., y Valdez, A. (2021). Inocuidad alimentaria versus residuos de medicamentos de uso veterinario: un acercamiento a la panorámica actual. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 31, 229-250.
- Cavestany, D. (2002). Sincronización y/o inducción de celos con o sin inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de Uruguay. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXX, pp. 143–153). Paysandú: CMVP. Recuperado de [https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/473/JB2002\\_143-153.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/473/JB2002_143-153.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Correa Orozco, A., y Uribe Velásquez, L. (2010). Body condition score as tool to predict the reproductive potential of beef cows. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(2), 2-4
- de la Mata, J. J., y Bó, G. A. (2012). Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. *Taurus*, 55, 17-23.
- de Nava G. (2013). *Reproducción bovina aplicada: desarrollo y validación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo en Uruguay*. Montevideo: Hemisferio Sur.
- de Nava, G. (2011). Reproducción en los rodeos de cría pastoriles: el enfoque de un veterinario de campo. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXXIX, pp. 68-77). Paysandú: CMVP.
- de Nava, G. (2015). La IATF como tecnología reproductiva en el manejo de los rodeos de cría. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XLIII, pp. 115-126). Paysandú: CMVP.

- de Nava, G. (2021). Protocolos de IATF alternativos sin estradiol: resultados de ensayos nacionales. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XLVIII, pp. 142-152). Paysandú: CMVP.
- de Nava, G. (2022). De pasto a terneros: Una visión global sobre la cría. En Sociedad Criadores de Aberdeen Angus del Uruguay (Ed.), *Angus Anuario 2022* (pp. 90-97). Montevideo: Mano a mano.
- de Nava, G. (2023). Diferentes alternativas de protocolos de IATF en vacas con cría al pie sin el uso de estrógenos. *Manuscrito en Preparación*.
- de Nava, G., y Rodríguez, M. (2012). Evaluación de dos protocolos de inseminación a tiempo fijo en vaquillonas. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XL, pp. 191-192). Paysandú: CMVP.
- Ellis, W.A. (2015). Animal leptospirosis. En *Leptospira and leptospirosis* (pp. 99-137). Berlin: Springer.
- Espasandin, A. C., y Pérez, N. (2015). Nuevas tecnologías para calificar la condición corporal en vacas de cría. *Cangue*, (36), 8-11.
- Farfan, K., y Diaz, L. (2021). Incidencia de la condición corporal en la dinámica folicular en hembras bovinas. En *Seminario de reproducción asistida y genética animal*. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/cea6a124-5bad-427d-891a-ee6d5e13910c/content>
- Fernández, S. M. E., y Moralejo, R. H. (2015). *Tipos de destete y su impacto en la performance reproductiva de los vientres en los rodeos de cría bovina* (Tesis postgrado). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de la Pampa. Recuperado de [https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/974/v\\_fertip918.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/974/v_fertip918.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Frade, S., y Reyes, L. (2012). *Evaluación de distintos niveles de intensificación en el manejo reproductivo de un rodeo de cría* (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- García-Pintos, C., Cuadro, F., Núñez-Olivera, R., Brochado, C., Fabini, F., Abelenda, C., ... y Menchaca, A., (2022). Protocolos a base de GnRH en ganado bovino de carne y leche: la experiencia de Uruguay. En *Simposio Internacional de Reproducción Animal – IRAC* (Vol. 14, pp. 136-147). Córdoba.
- Gestido, V., Pérez, R., Carriquiry, M., y Soca, P. (2008). Evolución de la condición corporal en el pre y post parto y su relación con los niveles de metabolitos sanguíneos en vacas de cría primíparas Hereford pastoreando campo natural. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXXVI, pp. 4-5). Paysandú: CMVP.
- Geymonat, D.H. (1985). Tecnologías de manejo para el control del anestro postparto. En *Postparto en la Hembra Bovina* (pp. 65-98). Montevideo: IICA.
- Gómez Miller, R. (2017). *Adopción de Tecnología en Sistemas Ganaderos del Norte*. Montevideo: INIA.
- Gunn, P.J., Culp, K.C., Lemenager, R.P., y Bridges, G.A. (2016). Efficacy of the 5-day CO-Synch ovulation synchronization protocol with or without the

- inclusion of exogenous progesterone in beef cows. *The Professional Animal Scientist*, 32(1), 82-89. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/291553316\\_Efficacy\\_of\\_the\\_5-day\\_CO-Synch\\_ovulation\\_synchronization\\_protocol\\_with\\_or\\_without\\_the\\_inclusion\\_of\\_exogenous\\_progesterone\\_in\\_beef\\_cows](https://www.researchgate.net/publication/291553316_Efficacy_of_the_5-day_CO-Synch_ovulation_synchronization_protocol_with_or_without_the_inclusion_of_exogenous_progesterone_in_beef_cows)
- Gutiérrez Abad, M. (2018). *Estrés calórico en la hembra bovina: cambios fisiológicos in vivo y modelo de estudio in vitro de ovocitos* (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Herd, D.B., y Sprott, L.R. (1986). *Body Condition, Nutrition and Reproduction of beef cows*. Texas: Texas Agricultural Extension Service. Recuperado de <http://counties.agrilife.org/gillespie/files/2013/02/Body-Condition-Nutrition-and-Reproduction-of-Beef-Cows.pdf>
- Hernández Cerón, J. (2016). Lecheros. En *Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros*. México: FMVZ-UNAM. Recuperado de <https://doi.org/10.22201/fmvz.9786070286902e.2016>
- Instituto Nacional de Carnes. (2021). *Serie anual stock bovinos y ovinos – Existencias Al 30 de junio*. Recuperado de <https://www.inac.uy/innovaportal/v/4714/10/innova.front/serie-anual-stock---bovinos-y-ovinos-por-edad>
- Kajaysri, J., Chumchoung, C., Wutthiwitthayaphong, S., Suthikrai, W., y Sangkamanee, P. (2017). Comparison of estrus synchronization by controlled internal drug release device (CIDR) and adhesive transdermal progestin patch in postpartum beef cows. *Theriogenology*, 100, 66–71. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.06.006>
- La Colla, A. B. (2015). *17B- Estradiol promueve la sobrevida del músculo esquelético: mitocondria como blanco estrogénico, acción antiapoptótica y vías de señalización intracelular* (Tesis de postgrado). Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires.
- Lowman, B.G., Scott, N.A., y Somerville, S.H. (1976). *Condition Scoring suckler cows*. *Bulletin. East of Scotland College of Agriculture*, (6), 1-31.
- Martínez- Lagos, J., Schwerter, F., y Urrutia, N. (2018). Neosporosis bovina: signos clínicos, diagnóstico, prevención y control. *Ficha técnica INIA* (20). Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66849/Ficha%20T%C3%A9cnica%20INIA%20N%C2%B0%2020?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez M.F., Kastelic J.P., Adams G.P., y Mapletoft R.J. (2002). The use of a progesterone- releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 80(7), 1746-1751.
- McClure, T.J. (1995). *Infertilidad nutricional y metabólica de la vaca*. Zaragoza: Acibia.
- Medina, W., Rios, I., y Rubial, L. (2010). *Evolución de indicadores y pérdidas reproductivas en los rodeos de cría de las Estaciones Experimentales EEMAC y EEBR de la Facultad de Agronomía* (Tesis de Grado). Facultad de Agronomía, UDELAR, Montevideo.
- Meikle, A., de Brun, V., Carriquiry, M., Soca, P., Sosa, C., Adrien, M. de L., y Abecia, J. A. (2018). Influences of nutrition and metabolism on

- reproduction of the female ruminant. *Animal Reproduction*, 15(Sup.1), 899-911. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0017>
- Menchaca, A. (2021). ¿El adiós al estradiol? Crónica de una muerte anunciada. En *X Jornadas Taurus de Reproducción Bovina*. Recuperado de [https://www.revistataurus.com.ar/sistema/uploads/1129/entradas/estradiol\\_congreso-taurus.pdf](https://www.revistataurus.com.ar/sistema/uploads/1129/entradas/estradiol_congreso-taurus.pdf)
- Menchaca, A., Núñez, R., de Castro, T., García Pintos, C., y Cuadro, F. (2013). Implementación de programas de IATF en rodeos de cría. En *Seminario de actualización técnica: Cría Vacuna* (pp. 229- 246). Montevideo: INIA. Recuperado de [http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/st%20208\\_2013.pdf](http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/st%20208_2013.pdf)
- Michelena, A., Martín, A., Echenique, V., y Viñoles, C. (2008). Efecto de la dotación y la alimentación diferencial sobre la tasa de crecimiento de los terneros y el desempeño reproductivo de las vacas. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXXVI, pp. 237-238). Paysandú: CMVP.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2021). *Anuario estadístico agropecuario*. Montevideo: DIEA. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-agropecuario-2021>
- Motta-Delgado, P. A., Ramos-Cuéllar, N., González-Sánchez, C. M., y Rojas-Castro, E. C. (2011). Follicular dynamics in the reproductive life of female livestock. *Veterinaria y Zootecnia*, 5(2), 88-99.
- Oblitas F., Contreras, P., Bohmwald, H., y Wittwer F. (2000). Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutathion peroxidasa (GSH-Px) y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos a pastoreo. *Archivos de medicina veterinaria*, 32(1), 55-62.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, y Organización Mundial de la Salud. (2018). Límites máximos de residuos (LMR) y recomendaciones sobre la gestión de riesgos (RGR) para residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos. En *Codex alimentarius* (p. 22). Recuperado de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/>
- Petersen, M. (1996). *Considerations in trace mineral supplementation. Beef Cattle Handbook* (BCH-5455). Recuperado de <https://www.iowabeefcenter.org/bch/ConsiderationsTraceMineralSupplementation.pdf>
- Pigurina, G., Soares De Lima, J.M., Berretta, E.J., Montossi, F., Pittaluga, O., Ferreira, G., y Silva, J.A. (1998). Características del engorde a campo natural. En *Seminario de actualización en tecnologías para Basalto* (pp.137-145). Montevideo: INIA.
- Pursley, J. R., M. O. Mee, and M. C. Wiltbank. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2alpha and GnRH. *Theriogenology* 44:915–923.
- Pursley, J.R., Wiltbank, M.C., Stevenson, J.S., Ottobre J.S., Garverick H.A., y Anderson L.L. (1997). Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *Journal of Dairy Science*, 80, 295-300.

- Quintans, G. (1997). Importancia del efecto del amamantamiento sobre el anestro posparto en vacas de carne. En *Estrategia para acortar el anestro posparto en vacas de carne* (pp. 29-33). Montevideo: INIA.
- Quintans, G. (2016). Diagnóstico de actividad ovárica: una herramienta que debemos conocer. *Revista INIA* (47). Recuperado de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6393/1/revista-INIA-47-P-12-13-QUINTANS.pdf>
- Radostits, O., Gay, C.C., Blood, D.C. y Hinchcliff, K.W. (2002). *Medicina Veterinaria* (9ª ed., 2 Vol.). Madrid: Interamericana. McGraw-Hill.
- Radostits, O.M., y Blood, D.C. (1985). *Herd health* (6ª ed.). Philadelphia: Saunders.
- Repiso, M. V., Gil, A., Fernández, L., Guarino, H., Herrera, B., Olivera, M., y Silva, M. (2005). Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas que afectan el comportamiento reproductivo en la ganadería de carne y caracterización de los establecimientos de cría del Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 40(157), 5-28.
- Richards, M.W., Wettemann, R.P., Spicer, L.J., y Morgan, G.L. (1991). Nutritional anestrus in beef cows: effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insulin-like growth factor-I. *Biology of Reproduction*, 44(6), 961-966.
- Richardson, B. N., Hill, S. L., Stevenson, J. S., Djira, G. D., y Perry, G. A. (2016). Expression of estrus before fixed-time AI affects conception rates and factors that impact expression of estrus and the repeatability of expression of estrus in sequential breeding seasons. *Animal Reproduction Science*, 166, 133-140. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.01.013>
- Roche, J. F., Mihn, M., Diskin, M. G., y Ireland, J. J. (1998). A Review of Regulation of Follicle Growth in Cattle. *Journal of Animal Science*, 76(suppl. 3), 16. Recuperado de [https://doi.org/10.2527/1998.76suppl\\_316x](https://doi.org/10.2527/1998.76suppl_316x)
- Sá Filho, M. F., Santos, J. E. P., Ferreira, R. M., Sales, J. N. S., y Baruselli, P. S. (2011). Importance of estrus on pregnancy per insemination in suckled *Bos indicus* cows submitted to estradiol/progesterone-based timed insemination protocols. *Theriogenology*, 76(3), 455-463. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.022>
- Santos, J. E., Thatcher, W. W., Chebel, R. C., Cerri, R. L., y Galvão, K. N. (2004). The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. *Animal Reproduction Science*, 82, 513-535. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.015>
- Saravia, A., César, D., Montes, E., Taranto, V., y Pereira, M. (2011). *Manejo del rodeo de cría sobre campo natural*. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Programa Ganadero. Instituto Plan Agropecuario. Uruguay. Recuperado de [https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/21\\_manual.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/21_manual.pdf)
- Schoerder, W. H. (1998, agosto 12-13). Nutrición y fertilidad en el ganado bovino de Colombia. En *Memorias del seminario Metabolismo, salud y reproducción diagnóstico y manejo*. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad de Antioquia, Medellín.
- Segabinazzi, L. G. T. M., Andrade, L. R. P., Alvarenga, M. A., Dell'aqua, J. A., y Canisso, I. F. (2021). Use of intravaginal progesterone-releasing device

- results in similar pregnancy rates and losses to long-acting progesterone to synchronize acyclic embryo recipient mares. *Veterinary Sciences*, 8(9). Recuperado de <https://doi.org/10.3390/vetsci8090190>
- Short, R. E., Bellows, A. R., Staigmiller, R. B., Berardinelli, J. G., y Custer, E. E. (1990). Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68(3), 799-816.
- Smith, J., y Tervit, M. (1977). Effective matting in beef cattle. *Ruakura Farmers Conference*, (29), 42-50.
- Stevenson, J.S., Pulley, S.L., Mellieon, H.I., Olson, K.C., Johnson, S.K., Grieger, D.M., y Breiner, R.M. (2011). Optimizing a new 5-day CIDR-CO-Synch timed artificial insemination program. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, (1), 1477. Recuperado de <https://newprairiepress.org/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=2880&context=kaesrr>
- Stevenson, J.S., Thompson, K.E., Forbes, W.L., Lamb, G.C., Grieger, D.M., y Corah, L-R. (2000) Synchronizing estrus and(or) ovulation in beef cows after combinations of GnRH, norgestomet, and prostaglandin F2 alpha with or without timed insemination. *Journal of animal science*, 78(7),1747-58. doi: 10.2527/2000.7871747x
- Thatcher, W., Guzeloglu, A., Mattos, R., Binelli, M., Hansen, T., y Pru, J., (2001). Uterine conceptus interactions and reproductive failure in cattle. *Theriogenology*, 56, 1435-1450.
- Ungerfeld, R. (2002). Control endócrino del ciclo estral. En R. Ungerfeld, *Reproducción en los animales domésticos* (Vol. 1, pp. 41-55). Montevideo: Melibea.
- Uruguay. (2020, Octubre 6). Decreto N° 269/020. Recuperado de <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-originales/269-2020?tipoServicio=11>
- Viñoles, C., Banchemo, G., Quintans, G., Pérez-Clariget, R., Soca, P., Ungerfeld, R., y Meikle, A. (2009). Estado actual de la investigación vinculada a la Producción animal limpia, verde y ética en Uruguay. *Agrociencia*, 13(3), 59-79. Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/237>
- Vynckier, L., Debackere, M., Dekruif, A., y Coryn, M. (1990). Plasma estradiol-17 $\beta$  concentrations in the cow during induced estrus and after injection of estradiol-17 $\beta$  benzoate and estradiol-17 $\beta$  cyprionate preliminary study. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 13(1), 36-42.
- Wagner, J.J., Lusby, K.S., Oltjen, J.W., Rakestraw, J., Wettemann, R.P., y Walters L.E. (1988). Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *Journal of Animal Science*, 66(3), 603-612.
- Wehrman, M.E., Roberson, M.S., Cupp, A.S., Kojima, F.N., Stumpf, T.T., Werth, L.A., y Kinder, J.E. (1993). Increasing exogenous progesterone during synchronization of estrus decreases endogenous 17 $\beta$ -estradiol and increases conception in cows. *Biology of Reproduction*, 49(2), 214-220.
- Whittier, W.D., Currin, J.F., Schramm, H., Holland, S., y Kasimanickam, R.K. (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(9), 963-969.

Wiltbank, J.N. (1970). Research needs in beef cattle reproduction. *Journal of Animal Science*, 31(4), 755-762.