



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# **Entore precoz de vaquillonas: impactos productivos y reproductivos de corto y largo plazo**

María Mercedes Motta Rechac

Magíster en Ciencias Agrarias  
Opción Ciencias Animales

Noviembre, 2024

**Entore precoz de vaquillonas: impactos productivos y reproductivos de corto y largo plazo**

María Mercedes Motta Rechac

Magíster en Ciencias Agrarias  
Opción Ciencias Animales

Noviembre, 2024

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr., PhD. Mariana Carriquiry, Ing. Agr., PhD. Pablo González Barrios y DMTV, PhD. Gustavo Gastal el día 15 de noviembre de 2024. Autora: Ing. Agr. María Mercedes Motta Rechac. Directora: DMTV, PhD. Carolina Viñoles. Codirector: Ing. Agr., PhD. Fabio Montossi.

## **Agradecimientos**

A mi familia, que está presente en cada paso que doy.

A mi tutora, DMTV, PhD. Carolina Viñoles, cotutor, Ing. Agr., PhD. Fabio Montossi y al Ing. Agr., PhD. Juan Manuel Soares de Lima, por su gran dedicación y compromiso. Llevar a cabo la maestría fue un gran desafío, a través de la cual he crecido profesional y personalmente, y no hubiese sido posible de alcanzar sin su apoyo.

En adición, agradecer al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria por permitir el acceso total a la base de datos evaluada y a funcionarios, quienes facilitaron información adicional.

Como parte del financiamiento del posgrado, quisiera agradecer a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación por otorgarme la beca de apoyo de Posgrados Nacionales (POS\_NAC\_2021\_1\_171038). Además, la investigación que da origen al presente trabajo científico recibió el apoyo económico del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

## Tabla de contenido

	página
Agradecimientos .....	IV
Resumen.....	VII
Summary .....	VIII
1. Introducción .....	1
1.1. Generalidades del rubro ganadero criador nacional .....	1
1.2. Caracterización productiva y reproductiva de los sistemas criadores y sus limitantes .....	4
1.3. Edad al primer servicio.....	11
1.3.1. Conceptualización del entore precoz en los sistemas de cría ganaderos ..	11
1.3.2. Tecnología de servicio precoz con 13-15 meses de edad y la importancia del momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio .....	18
1.3.2.1. Antecedentes internacionales de la aplicación de la tecnología de entore precoz en vaquillonas en sistemas comerciales .....	25
1.3.2.2. Antecedentes nacionales de la aplicación de la tecnología de entore precoz en vaquillonas en sistemas comerciales .....	28
1.4. Hipótesis .....	32
1.5. Objetivos .....	32
2. Materiales y métodos .....	33
2.1. Generalidades y criterios de curado de la base de datos utilizada.....	33
2.2. Consideraciones sobre variables de interés y período de análisis .....	34
2.3. Generalidades de manejo previo al destete definitivo .....	35
2.4. Generalidades de manejo durante la recría y criterio de análisis .....	37
2.5. Generalidades de manejo al primer servicio precoz y en los servicios posteriores .....	38
2.6. Análisis estadístico .....	40
3. Resultados .....	44
3.1. Análisis exploratorio de los datos .....	44
3.2. Variable de respuesta: <i>preñez al primer servicio precoz</i> .....	64
3.2.1. Efectos del peso al inicio de la recría y del peso al inicio del primer servicio.....	64
3.2.2. Efecto de las trayectorias de crecimiento durante la recría .....	65
3.2.3. Efecto de manejos aplicados previo al inicio de la recría.....	66

3.3. Variable de respuesta: <i>momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz</i> .....	68
3.3.1. Efecto de las trayectorias de crecimiento durante la recría y peso al inicio del primer servicio .....	68
3.4. Variable de respuesta: <i>permanencia en el rodeo de cría</i> .....	70
3.4.1. Efecto del momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz .....	70
4. Discusión.....	72
4.1. <i>Preñez al primer servicio precoz</i> .....	73
4.1.1. Peso al inicio de la recría y peso al inicio del primer servicio.....	73
4.1.2. Trayectorias de crecimiento durante la recría.....	74
4.1.3. Manejos aplicados previo al inicio de la recría.....	75
4.2. <i>Momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz</i> .....	77
4.3. <i>Permanencia en el rodeo de cría</i> .....	78
5. Conclusiones .....	80
6. Bibliografía .....	81
7. Anexos .....	108
7.1. Caracterización climática del período de recría (marzo a noviembre) por generación .....	108
7.2. Regresión cúbica de la tasa de ganancia media diaria en función de las sucesivas instancias de registro de peso vivo, categorizada por condición de preñez para cada generación .....	109

## Resumen

El entore precoz de vaquillonas con 13-15 meses tiene un impacto positivo en la productividad e ingreso económico de los sistemas criadores. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar 1) el efecto del peso al destete, de las trayectorias de ganancia media diaria (GMD) de peso durante la recría y del peso al primer servicio sobre la *condición de preñez* y el *momento de concepción en la estación reproductiva al servicio precoz*; 2) el efecto de tratamientos aplicados previo al destete definitivo sobre el desempeño reproductivo (destete precoz —DP—, destete temporario —DT—, *creep feeding* asociado a destete temporario —CFDT—, *creep feeding* —CF— y destete convencional —DC—) y 3) si el momento de concepción durante la estación reproductiva en su primer servicio fue determinante de la permanencia de las vacas en el rodeo por 5 partos sucesivos. Se utilizó una base de datos con registros productivos de 387 terneras Hereford, de 7 generaciones (2008-2014) de la Unidad Experimental Glencoe de INIA Tacuarembó. Para el análisis estadístico se empleó el software R, ajustando modelos lineales y modelos lineales generalizados mixtos.

El peso al destete definitivo ( $172 \pm 28$  kg) y las GMD durante la recría ( $0,472 \pm 0,226$  kg en otoño,  $0,819 \pm 0,282$  kg en invierno y  $0,976 \pm 0,217$  kg en primavera) no fueron determinantes de la probabilidad de preñez, mientras que el peso al inicio del servicio ( $348 \pm 40$  kg) tuvo un efecto positivo ( $p < 0,05$ ). El CF tuvo un efecto positivo ( $p < 0,05$ ), pero el DT asociado al CF, el DP ( $p < 0,05$ ), y el DT solo ( $p = 0,07$ ) tuvieron un efecto negativo sobre la probabilidad de preñez. El *momento de concepción en la primera estación reproductiva* estuvo afectado negativamente ( $p < 0,05$ ) por el peso al inicio del servicio y por la GMD de los primeros 5 meses otoño-invernales de la recría. La *permanencia en el rodeo* no estuvo afectada por el momento de la concepción al primer servicio. Concluimos que la fertilidad está afectada por los manejos predestete y el peso al primer servicio, mientras que el momento de la concepción está afectado por las GMD en los primeros 5 meses de recría y el peso al servicio.

**Palabras clave:** servicio precoz, condición de preñez, momento de concepción, permanencia

## Summary

### Early heifers service: short and long-term productive and reproductive impacts

Early services of heifers at 13-15 months have a positive impact on the productivity and economic income of breeding systems. The objectives of this study were to evaluate: 1) the effect of weaning weight, weight gain during the rearing phase and weight at first service on pregnancy condition and time of conception during the reproductive season at early service; 2) the effect of treatments applied prior to weaning on reproductive performance (early weaning —EW—, temporary weaning —TW—, creep feeding associated with temporary weaning —CFTW—, creep feeding —CF— and conventional weaning —CW—) and 3) the impact of time of conception during the reproductive season at its first service on the permanence of the cows in the herd for five successive calvings. A database with productive records of 387 Hereford heifers of seven generations (2008-2014) from the Glencoe Experimental Unit of INIA Tacuarembó was used. For statistical analysis, R software was employed, by means of which linear and generalized linear mixed models were adjusted.

Weaning weight ( $172 \pm 28$  kg) and average daily gain (ADG) trajectories during the rearing phase ( $0,472 \pm 0,226$  kg in autumn,  $0,819 \pm 0,282$  kg in winter and  $0,976 \pm 0,217$  kg in spring) were not determinants of pregnancy rate, while weight at the beginning of the service period ( $348 \pm 40$  kg) had a positive effect ( $p < 0.05$ ). CF alone had positive effect ( $p < 0.05$ ), but TW in combination with CF, EW and TW alone ( $p = 0.07$ ) had a negative effect on the probability of pregnancy. Conception timing in the first reproductive season was negatively affected ( $p < 0.05$ ) by weight at the beginning of the service period and by ADG of the first 5 autumn-winter months of the rearing phase. Cows' permanence on the herd for 5 calvings was not affected by time at which calves conceived at first service. We concluded that fertility at first service is affected by pre-weaning managements and weight at first service, while the time of conception is affected by ADG in the first 5 months of rearing and weight at service.

**Keywords:** precocious service, pregnancy condition, time of conception, stayability

## **1. Introducción**

### **1.1. Generalidades del rubro ganadero criador nacional**

El sector agropecuario tiene gran relevancia en Uruguay, representando en los últimos 5 años alrededor del 7 % del Producto Interno Bruto nacional (DIEA, 2023). Dentro de dicho sector, la ganadería tiene un rol particularmente preponderante en la economía. Ha mantenido su liderazgo como uno de los principales sectores exportadores, representando la carne bovina el 23,8 % de las exportaciones nacionales, ubicándose en segundo lugar por debajo de productos y semillas agrícolas en el año 2022 (DIEA, 2023). Además, el rubro es relevante en la generación de trabajo (ocupa el 57 % de los puestos directos en la fase primaria de las principales actividades del sector agropecuario; DIEA, 2023) y tiene importantes impactos indirectos sobre otros sectores de la economía (Montossi y Soares de Lima, 2011).

La superficie total ocupada por la actividad ganadera es de 12,8 millones de hectáreas, y se corresponde a 44.651 Declaraciones Juradas de Semovientes que tienen como principal actividad a la ganadería (DIEA, 2023). Dicho rubro ocupa el 77 % del territorio nacional apto para la actividad agropecuaria y es la principal fuente de ingreso del 74 % de los establecimientos agropecuarios (Aguirre, 2022).

Los sistemas criadores son los más frecuentes; los productores que comprenden la fase de cría constituyen el 52 % del total de las Declaraciones Juradas con ganadería (pura o en combinación con agricultura) y ocupan el 58 % del área ganadera (DIEA, 2023). La cría vacuna es una actividad de gran relevancia económica y social, ya que es desarrollada principalmente por productores de tipo familiar (Carriquiry et al., 2012). Constituye una actividad determinante de la radicación de la población en el medio rural, además de ser la base del sector exportador de carne (Carriquiry et al., 2012).

El sector agropecuario uruguayo estuvo expuesto a un cambio significativo en el uso relativo de la tierra entre sus principales actividades agropecuarias entre el 2000 y 2011. Según el último censo general agropecuario, la actividad ganadera redujo un 22 % su superficie, siendo la agricultura la que incrementó significativamente el área ocupada (DIEA, 2011). Sin embargo, la reducción de la superficie ganadera no ha

generado una menor producción de la actividad, sino una mayor intensificación en el uso del recurso. A pesar de la competencia creciente entre rubros, la producción bovina mantiene su importancia en la economía, con una población de 11,5 millones de animales que muestra un comportamiento estable en los últimos años y una tendencia creciente en el largo plazo (Uruguay XXI, 2024).

Las vacas de cría de razas carniceras son una fuente importante de ganado para la industria en países productores de carne, cumpliendo un papel único en la conversión de forraje de escasa calidad en proteína de alto valor para consumo humano (Diskin y Kenny, 2014). Además, la tierra destinada a la cría vacuna suele ser de menor productividad, donde el desarrollo de actividades productivas intensivas se encuentra limitado (Diskin y Kenny, 2014).

En Uruguay, el desplazamiento de la ganadería de cría hacia el norte y este del país, a zonas más marginales en calidad y tipo de suelo, ha sido consecuencia de una menor competitividad de la actividad respecto a otros rubros, dado que la fase criadora se caracteriza por una menor eficiencia biológica y económica (Pigurina, 2000; Soares de Lima, 2009). En tal sentido, Pereira y Soca (2011), mediante la utilización de un modelo de simulación con atributos comunes a predios especializados en la cría vacuna, estiman un ingreso de capital de 35 dólares por hectárea. Por lo tanto, si los productores dependen de dichos resultados económicos, tienen razones objetivas para incorporar alternativas tecnológicas que les permitan incrementar el ingreso (Pereira y Soca, 2011). Según datos de las Carpetas Verdes del Instituto Plan Agropecuario, los resultados físicos de producción de carne vacuna para los últimos 20 ejercicios ganaderos se sitúan en  $84 \pm 8$  kilogramos por hectárea, mientras que los resultados económicos se encuentran en  $58 \pm 27$  dólares por hectárea de ingreso de capital (Ghelfi y Molina, 2023). Dichos indicadores promedio explican la menor competitividad de la actividad productiva criadora frente a la agricultura, forestación e incluso a la invernada (Soares de Lima y Montossi, 2013).

En los sistemas ganaderos, la fase de cría es reconocida como uno de los procesos más complejos y desafiantes, por ser extenso desde el punto de vista biológico y estar afectado por la variabilidad climática (Pereira y Soca, 2011; Viñoles y Álvarez, 2017a). Teniendo en cuenta su rol preponderante en la ganadería del país, es una actividad que tiene mucho para crecer y, en consecuencia, impactar en los demás eslabones de la cadena cárnica (Quintans, 2004). En tal sentido, es necesario incrementar los resultados físicos y económicos de la cría para mejorar la competitividad y sostenibilidad del rubro (Soca et al., 2013).

Hace 25 años, el 70 % de las hembras eran entoradas con 3 años de edad (Scaglia, 1997). Actualmente se estima que casi el 50 % de las vaquillonas de razas carniceras se continúan entorando por primera vez a los 3 años -siendo la proporción restante correspondiente a servicios con 2 años-, y este es uno de los factores determinantes de la baja eficiencia reproductiva y una limitante de la eficiencia productiva de los sistemas criadores (Quintans, 2004; Saravia et al., 2011; Soares de Lima y Montossi, 2021; Viñoles et al., 2013). El largo lapso improductivo en que permanecen las hembras de reemplazo se asocia a restricciones nutricionales durante la recría, dado que son postergadas frente a otras categorías (Menchaca et al., 2013).

Finalmente, en un contexto de señales micro- y macroeconómicas positivas y estables en el tiempo para la ganadería, la concepción de la cría como marginal debería haber llegado a su fin. Por lo tanto, resulta relevante conocer y superar las limitantes productivas y económicas de estos sistemas y definir estrategias para levantarlas (Soares de Lima y Montossi, 2013; Viñoles et al., 2013). En este contexto, reducir la edad al primer servicio a 13-15 meses surge como un factor clave para mejorar la eficiencia de los sistemas criadores. Sin embargo, existe un largo camino por recorrer, ya que la cantidad de servicios precoces es muy baja en los sistemas productivos comerciales y las evidencias científicas generadas para la tecnología son muy escasas.

## **1.2. Caracterización productiva y reproductiva de los sistemas criadores y sus limitantes**

En Uruguay hay 4,23 millones de vacas de cría entoradas que representan el 36,6 % del stock vacuno nacional (DIEA, 2023), cifra que no ha variado significativamente a pesar del desplazamiento que ha tenido la actividad (DIEA, 2011).

En los sistemas criadores, los resultados físicos, económicos y su sostenibilidad en el tiempo dependen de la eficiencia reproductiva de los vientres (Diskin y Kenny, 2014; Viñoles et al., 2009). Datos actuales para Uruguay demuestran que la tasa de procreo (número de terneros destetados respecto a la cantidad de vacas entoradas el año anterior) ha tenido una tendencia al alza en los últimos 20 años; sin embargo, ha sido muy leve. Pasó de 57 %, en promedio, entre los años 2000 y 2010, a 60 % entre 2011 y 2021 (Gorga y Mila, 2022). Este bajo indicador se asocia con el porcentaje de preñez, que, en promedio, se sitúa en 73 % en los últimos 15 años, habiendo una diferencia de más de 10 puntos porcentuales entre las tasas de preñez y de procreo (Mederos et al., 2022). El magro crecimiento de la tasa de procreo confirma que los avances en la fase criadora han sido más lentos que en otros eslabones de la ganadería (Gorga y Mila, 2022). Por lo tanto, existen evidencias de que la eficiencia reproductiva alcanzada por los rodeos nacionales es inferior en relación con el potencial de la especie y también menor a promedios alcanzados en otros países que realizan ganadería de cría bajo condiciones similares a las de Uruguay (Orcasberro, 1997).

El margen bruto de la cría se encuentra fuertemente condicionado por los kilogramos de terneros destetados por vaca entorada (Simeone et al., 2011). Además, dicho indicador, que combina la eficiencia reproductiva con el peso al destete de los terneros y cuantifica uno de los principales productos de venta de los sistemas criadores, es claramente deficiente (Simeone et al., 2015). También la eficiencia de la cría puede medirse a través de los kilogramos de ternero destetado por superficie de pastoreo, indicador que es afectado por el porcentaje de destete, el peso al destete y la carga animal (Simeone y Beretta, 2002). La carga animal es la principal variable vinculada al manejo del pastoreo, mediante la que se regula el flujo de energía entre la productividad primaria y secundaria del ecosistema pastoril (Briske y Heitschmidt,

1991). Es una medida de manejo que afecta el resultado físico y económico de la producción ganadera y su efecto se expresa sobre la pastura y el animal, a través de cambios en la intensidad de pastoreo (Carriquiry et al., 2012). Por lo tanto, un sistema criador debe tener como principal objetivo aumentar la cantidad de kilos de terneros producidos por unidad de superficie, en un rodeo de cría manejado con una carga ajustada y que presente un buen manejo reproductivo (De Nava, 2011).

Los sistemas de producción ganadera se desarrollan bajo condiciones de pastoreo en campo natural, el cual se caracteriza por presentar una marcada estacionalidad en la producción de forraje (Soca et al., 2007). A esto se suma una gran variabilidad climática entre años, la cual somete a los rodeos de cría a fluctuaciones nutricionales intra- e inter-anales (Quintans, 2019; Soca et al., 2007). En invierno, ocurre una menor disponibilidad de la base forrajera, que coincide con el último tercio de gestación de las vacas (Quintans, 2019). Esto provoca un nivel de restricción variable, dependiente de la rigurosidad de la estación y de la disponibilidad de pasturas implantadas o suplementos (Quintans, 2019). Esta restricción en la ingesta de energía genera un período de balance energético negativo, en que las vacas movilizan reservas corporales para cubrir sus requerimientos de mantenimiento y gestación (Astessiano et al., 2012). En adición, se puede notar cierta variación interanual en el porcentaje de terneros destetados. Ese efecto año sobre el desempeño reproductivo es esperable, ya que la variación en cantidad y composición química del forraje producido genera impactos en el estado nutricional de las vacas en momentos críticos, como el parto e inicio del entore (Do Carmo et al., 2016; Orcasberro, 1997). Además, el desplazamiento de la cría hacia zonas más marginales productivamente, como el basalto superficial y cristalino superficial, ejerce aún más barreras para alcanzar mejores desempeños reproductivos en los rodeos de cría (De Nava, 2011).

Si bien las condiciones climáticas influyen en las oscilaciones de los indicadores productivos, no son las principales responsables de los resultados obtenidos (Quintans, 2004). Bajo una misma condición climática, algunos productores obtienen mejores resultados que otros, lo que se atribuye principalmente a diferencias de manejo (Quintans, 2004). Las herramientas generadas por la investigación nacional se han

enfocado en el manejo del campo natural. Una gestión adecuada de dicho recurso es clave para cubrir los altos requerimientos de mantenimiento y producción de vacas en pastoreo (Short et al., 1990; Viñoles y Álvarez, 2017a). De hecho, De Nava (2011) señala que, aunque los predios criadores se caractericen por un menor desempeño productivo, se pueden constatar establecimientos en distintas zonas del país que alcanzan muy buenos y sostenidos indicadores reproductivos. Por lo tanto, la baja eficiencia reproductiva se asocia a la escasa utilización de tecnologías de procesos, que permitiría mejorar la productividad global de los predios en cuestión (Quintans, 2004). En consecuencia, los sistemas criadores tienen limitantes asociadas a bajos pesos al destete, bajo número de terneros obtenidos por vaca durante toda su vida útil y una elevada edad al primer servicio (Quintans, 2004).

Otro aspecto relevante de la cría, además de ser un proceso biológico de larga duración, es que presenta una baja eficiencia en la utilización de la energía (solo 2 al 35 % del total de la ingesta se utiliza para producción; Jenkins y Ferrell, 1994). La vaca de cría destina dos tercios de la energía consumida al mantenimiento del metabolismo basal, lo que impacta directamente sobre la eficiencia reproductiva, productiva y el ingreso económico de los sistemas criadores (Dickerson, 1978; Pereira y Soca, 2011).

Se han identificado numerosos factores que limitan la eficiencia reproductiva de la cría, como la duración del anestro posparto (APP), la edad a la pubertad y a la primera concepción y la duración de la vida productiva de los vientres (Burns et al., 2010; Quintans et al., 2008; Viñoles et al., 2009). La baja tasa de preñez, cuando los rodeos no presentan problemas sanitarios, se debe al largo período que se extiende desde que la vaca pare hasta que entra en celo nuevamente (Quintans, 2004). Los menores porcentajes de preñez ocurren en categorías con cría al pie, dado que el APP se encuentra influenciado principalmente por la condición corporal (CC) de la vaca al parto, el manejo nutricional al que acceden en el posparto y el efecto inhibitorio que genera el amamantamiento (Quintans, 2004; Short et al., 1990).

La CC es un reflejo del estado metabólico y de las reservas de tejido adiposo que se asocia con la funcionalidad del eje hipotálamo-hipófisis-ovárico en el ganado y es determinante del momento en que ocurre la ovulación (Perry, 2016). La CC al parto es el principal factor en la interacción nutrición-reproducción en los ecosistemas ganaderos, indicador del balance de energía de una vaca de cría en pastoreo, que explica la duración del APP y permite predecir la probabilidad de preñez (Hess et al., 2005; Orcasberro et al., 1992; Soca et al., 2013). La CC al parto está determinada por la oferta y consumo de energía preparto, es decir, por la cantidad de forraje asignado durante otoño e invierno (Soca et al., 2007). La variabilidad en la oferta de forraje determina la variabilidad en la CC al parto, lo que influye en los indicadores reproductivos, situación que se agrava en veranos con escasas precipitaciones por un reducido aporte de forraje, lo que conlleva a una reducción mayor en los valores alcanzados en dichos indicadores reproductivos (Quintans, 2005).

También el momento en que se realiza el destete definitivo de los terneros es relevante en la eficiencia reproductiva del rodeo, ya que influye directamente en la CC al parto. El destete temprano en el otoño permite mejorarla, lo que se correlaciona altamente con el porcentaje de preñez al siguiente servicio (Quintans, 2004; Soca y Orcasberro, 1992). En adición, existen prácticas de manejo de control del amamantamiento orientadas a modificar el efecto que provoca la lactancia del ternero, debido a su efecto de inhibición de la actividad ovárica. El destete precoz (DP) y temporario (DT) son opciones tecnológicas para aplicar en animales que se encuentran en condiciones potenciales de responder a ellas, que permiten acortar el intervalo de APP y mejorar el desempeño reproductivo (Orcasberro, 1997; Quintans, 2004). El DP se aplica en vacas de primera cría en baja CC, vacas adultas en muy mala CC ( $<3,5$ ), en vacas en anestro profundo y en las paridas muy tardías (Quintans, 2005). Consiste en la separación definitiva del ternero de su madre a los 60 a 90 días de vida y su posterior suplementación por un período de 50 a 90 días (Quintans y Vázquez, 2002). La interrupción del amamantamiento y la propia separación del ternero desencadenan mecanismos que inducen la ovulación en la vaca (Quintans, 2005). El DT, que consiste en aplicar una tablilla nasal durante 11 a 14 días, es otra herramienta que permite

acortar el intervalo de APP (Viñoles et al., 2017). A través de la interrupción del amamantamiento, impulsa la recuperación de los niveles de hormonas metabólicas que favorecen el desarrollo folicular y la ovulación (Viñoles et al., 2017). Se observan respuestas positivas a la tecnología en vacas adultas que hayan parido con  $CC \geq 3,5$  y en vacas de primera cría con CC moderada a buena y que la estén mejorando hacia el entore (Quintans, 2005; Quintans et al., 2010). A pesar del efecto positivo que tienen los diferentes manejos del amamantamiento sobre la eficiencia reproductiva de las vacas, se han descrito efectos negativos sobre el peso de los terneros al inicio del período de recría (Santa Cruz et al., 2022).

El peso al destete es otra de las limitantes de la cría en sistemas pastoriles (Quintans, 2004; Viñoles y Álvarez, 2017a), donde el nivel nutricional, especialmente en la región de basalto, limita la expresión del potencial genético para el crecimiento de los terneros (Viñoles et al., 2017). El crecimiento predestete es resultado de la producción de leche materna durante los primeros meses de vida y posteriormente dependiente del aporte de forraje del campo natural, factores que se encuentran en interacción con el potencial genético de la madre y su cría (Simeone et al., 2015). A su vez, la variación en cantidad y calidad del forraje del campo natural en verano coincide tradicionalmente con la presencia de los terneros al pie de la madre (Berretta et al., 2000). Dicha variabilidad de la base forrajera, además de los efectos que genera sobre la vaca de cría como unidad productora, limita el consumo de energía y proteína de los terneros e influye negativamente en sus tasas de crecimiento previo al destete (Viñoles et al., 2009). En consecuencia, en sistemas criadores tradicionales donde los terneros permanecen al pie de la madre y se destetan con edades promedio de 6 meses, se alcanzan pesos variables en función del año (130-180 kg; Simeone y Beretta, 2005; 140-160 kg; Viñoles et al., 2017).

Actualmente, existen alternativas tecnológicas validadas que permiten levantar la limitante de bajos pesos al destete, el cual tiene una relación negativa con la edad al primer entore y positiva con el retorno económico del sistema (Viñoles y Santa Cruz, 2019). Una estrategia de alto impacto es la adecuada asignación de forraje (AF) durante el ciclo de gestación y lactancia, ya que, además de aumentar las tasas de

preñez, permite incrementar los pesos al destete. Una mayor disponibilidad forrajera implica una mejora de la CC y del estado metabólico de las vacas. Esto deriva en modificaciones en las conductas de pastoreo y en el comportamiento maternal, lo que conlleva a mejores respuestas productivas en vacas y terneros (Claramunt et al., 2020). Do Carmo et al. (2016) encontraron que en situaciones de alta AF (5, 3, 4 y 4 kg MS/kg PV durante otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente) se incrementa 10 % el consumo de la vaca y mejora significativamente el peso al destete de los terneros, respecto a escenarios de baja AF (3, 3, 2 y 2 kg MS/kg PV durante otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente). El manejo de la nutrición preparto de la vaca, a través de ajustes en la AF, promueve un mayor desarrollo de la glándula mamaria durante la gestación, aumenta la producción de leche e impacta sobre el peso al destete de los terneros (Funston et al., 2010).

También la nutrición posparto tiene un efecto relevante. Trabajos realizados por Gutiérrez et al. (2012) han reportado que bajo condiciones de alta AF posparto (4 kg MS/kg PV) ocurre un incremento en el peso al destete de terneros hijos de vacas multíparas respecto a condiciones de baja AF (2,5 kg MS/kg PV), debido a un mayor consumo de forraje y una mayor producción de leche de la vaca. En adición, Do Carmo et al. (2018) evaluaron el efecto de la AF en la respuesta animal durante 2 ciclos de cría y encontraron que escenarios de alta AF ( $4,9 \pm 0,14$  kg MS/kg PV) posibilitan mayores pesos al destete respecto a escenarios de baja AF ( $2,9 \pm 0,14$  kg MS/kg PV).

Otra tecnología validada para aumentar el peso al destete es la técnica de *creep feeding* (CF), que, a través de la suplementación preferencial del ternero al pie de la madre, permite incrementarlo entre 20 y 40 kg (Betancurt et al., 2017; Guggeri et al., 2014; Michelena et al., 2017; Viñoles et al., 2012; 2013). Esta herramienta aumenta consistentemente el peso al destete de los terneros, si reciben suplementos concentrados con >18 % de proteína cruda al 1 % del peso vivo, desde los 3 a 6 meses de vida (Viñoles y Álvarez, 2017b).

Respecto a la limitante asociada al número de terneros obtenidos por vaca durante su vida productiva, existen herramientas tecnológicas suficientemente validadas para promover una preñez temprana en el período de servicio. Estas estrategias están asociadas a la ocurrencia de un período de anestro posparto corto, que permita a la vaca preñarse temprano en el siguiente servicio y repetir este comportamiento durante los sucesivos servicios (Perry y Cushman, 2013; Quintans, 2004). En este sentido, el manejo de la AF durante el ciclo de gestación y lactancia, para promover CC adecuadas y compatibles con altos porcentajes de preñez en el primer mes de entore, es un aspecto clave (Claramunt et al., 2020; Do Carmo et al., 2016; 2018). El uso de la inseminación artificial a tiempo fijo al inicio del período de servicio, asociado a protocolos de sincronización de celos, es otra estrategia que permite concentrar las preñeces (De Nava, 2011). Esta estrategia permite, además, destetar lotes de terneros homogéneos y de mayor peso vivo (Cushman et al., 2013; Day y Nogueira, 2013).

En relación con la limitante asociada a la edad al primer servicio, actualmente la cantidad de vaquillonas de más de 2 años que se mantienen en los sistemas criadores sin entorar es de 467.000, lo que se corresponde al 36 % del total de vaquillonas de 1-2 del año anterior (DIEA, 2023). Como resultado, considerando la avanzada edad al primer parto y las bajas tasas de procreo obtenidas, en algunos sistemas productivos nacionales es necesario esperar hasta 4 años para obtener el primer ternero y tener casi dos vacas para producir un ternero por año (Menchaca et al., 2013).

La velocidad de crecimiento de las terneras, la edad en que manifiestan la pubertad y, por ende, la productividad de por vida, se encuentran determinadas por la alimentación que reciben pre y posdestete (Viñoles et al., 2009). Existe un efecto significativo de la recría de terneras de reemplazo sobre la eficiencia biológica de producción de un sistema criador (Beretta et al., 2015). El peso al destete marca el inicio del período de cría y el plano nutricional que reciben las terneras luego del destete se encuentra asociado a pérdidas de peso durante su primer invierno de vida en los sistemas tradicionales de cría en Uruguay. En consecuencia, ocurre un retraso en la aparición de la pubertad y en la edad al primer servicio y parto (Quintans et al., 2007).

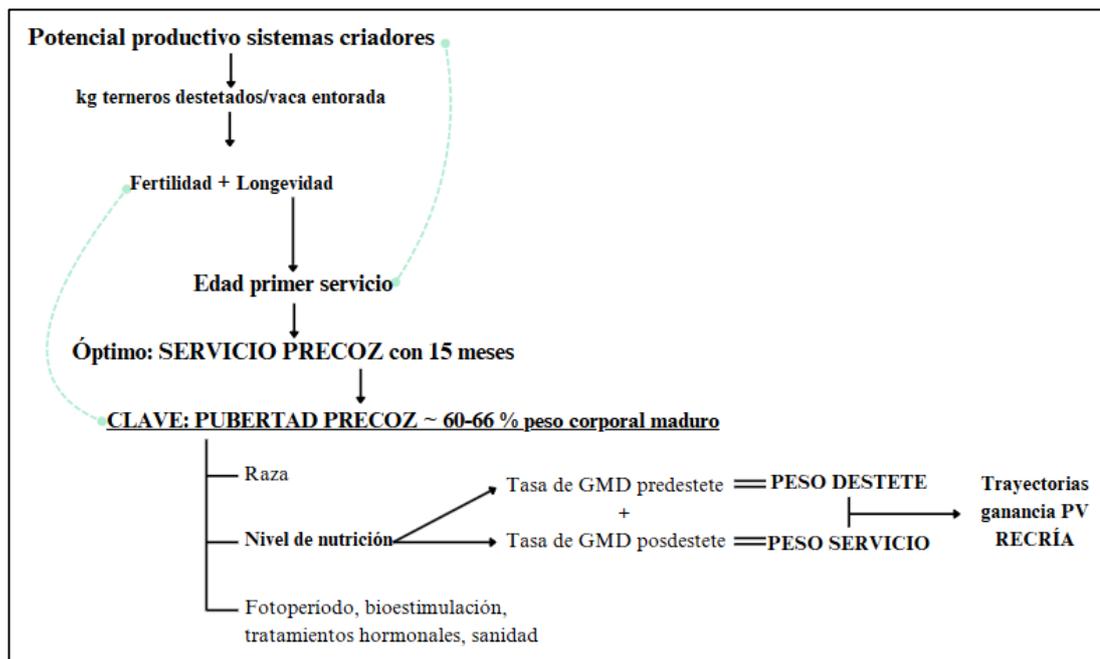
### **1.3. Edad al primer servicio**

#### **1.3.1. Conceptualización del entore precoz en los sistemas de cría ganaderos**

Históricamente, en los sistemas ganaderos del mundo, las hembras son recriadas para servirse por primera vez a los 2 años de edad, predominando razas de maduración lenta, con sistemas de manejo extensivos y ofertas de forraje de limitada cantidad y calidad (Short et al., 1993). Sin embargo, la creciente competencia por el uso de la tierra, con actividades más rentables, ha generado presiones económicas y de gestión, lo que obligó a los productores ganaderos criadores a intensificar sus procesos productivos (Esteves et al., 2017; López-González et al., 2020). Como resultado, se ha generado un cambio hacia una reproducción más temprana, que ha convertido a los sistemas ganaderos que predominan en algunas regiones de Estados Unidos y el mundo, siendo cada vez más los productores que sirven sus vaquillonas para obtener el primer ternero a los 24 meses de edad (Short et al., 1993).

Las empresas ganaderas productoras de carne deben esforzarse en producir vaquillonas de reemplazo que se incorporen temprano al rodeo de cría (Wathes et al., 2014). Las vaquillonas deben tener la habilidad de optimizar su potencial productivo en términos de kilogramos de terneros destetados, siendo la buena fertilidad y longevidad aspectos esenciales para que ocurra (Wathes et al., 2014). Además, la productividad a lo largo de la vida de las vacas está afectada por la edad a la que crían su primer ternero, y las que logran una mayor producción son aquellas que paren inicialmente con 2 años (Hall et al., 1995). También la edad al primer servicio afecta fuertemente la eficiencia global del proceso de cría mediante la reducción de categorías improductivas en el sistema (Soares de Lima y Montossi, 2016).

En la figura 1 se presenta un resumen con las principales variables determinantes de un servicio precoz con 13-15 meses.



**Figura 1**

Esquema resumen del contexto de aplicación de un servicio precoz y las principales variables determinantes de su ejecución.

El primer servicio puede efectuarse a los 14, 18 o 24 meses de edad, dependiendo del plano nutricional al que acceden las hembras durante la recría (Costa et al., 2008; Schillo et al., 1992). Por tal motivo, la optimización de los sistemas de recría es un tema que ha adquirido importancia en las últimas décadas, con el objetivo de incrementar la vida productiva de los animales, a través de una disminución de la edad al primer parto (Wathes et al., 2014). Sin embargo, aunque las hembras de reemplazo son de gran importancia a futuro, a menudo reciben menos atención que el rodeo de cría (Wathes et al., 2014). Por lo tanto, existe la necesidad de demostrar a los productores los beneficios económicos a largo plazo de invertir tiempo y dinero en la recría de vaquillonas, compartiendo experiencias de servicios más tempranos que se reflejan en desempeños productivos posteriores favorables (Wathes et al., 2014).

Para lograr el objetivo de adelantar la edad al primer parto, se deben realizar servicios precoces en vaquillonas que no superen los 15 meses de edad, siendo el inicio de la pubertad un factor clave para lograrlo (Diskin y Kenny, 2014; Lesmeister et al., 1973). Sin embargo, desde que la hembra nace hasta que comienza su vida reproductiva, se

encuentra sometida a distintos factores que influyen en el momento en que alcanza la pubertad (Quintans, 2008). Además, para efectuar el primer servicio, las hembras deben haber alcanzado la madurez sexual y reproductiva, condición que permite que la preñez no afecte su desarrollo final (Bavera, 2000).

La pubertad es el primer evento reproductivo en la vida de la hembra (Quintans, 2008), proceso por el cual los animales se vuelven capaces de reproducirse, e implica una transición de un estado de inactividad ovárica hacia la ocurrencia de un celo seguido de una fase lútea normal (Moran et al., 1989). Se alcanza cuando una vaquillona ovula un ovocito potencialmente fértil, que puede estar o no acompañado de signos visuales de estro (Perry, 2012; Wathes et al., 2014). Generalmente ocurre luego de un período de maduración posnatal que conlleva entre 6 a 24 meses (Moran et al., 1989).

Bavera (2000) plantea que es relevante saber cuáles son los factores que determinan la aparición de la pubertad, especialmente cuando se pretende servir precozmente a las vaquillonas con 13-15 meses. La pubertad se encuentra influenciada principalmente por la raza y el nivel de nutrición (Reynolds et al., 1963; Short y Bellows, 1971; Wiltbank et al., 1966; 1969). También factores como el fotoperíodo, la bioestimulación, tratamientos hormonales y la sanidad pueden influir sobre la edad y peso con los cuales se alcanza la pubertad (Quintans y Roig, 2008).

Según Morris et al. (1986), la mayoría de las vaquillonas de razas carniceras alcanzan la pubertad a los 15 meses. Sin embargo, algunos autores destacan que el inicio de la pubertad es en función del peso vivo, es decir, una edad fisiológica más que cronológica, y ocurre cuando las hembras obtienen un porcentaje constante de su peso corporal maduro (Freetly et al., 2001; Moran et al., 1989).

Distintas razas carniceras llegan a la pubertad con diferentes proporciones de su peso corporal maduro, con un tamaño genéticamente predeterminado entre animales individuales, y solo cuando se alcanzan los pesos objetivos se pueden obtener altos porcentajes de preñez (Larson, 2007; Patterson et al., 1992). Para maximizar el número de hembras puberales al comienzo de la estación reproductiva, una práctica de manejo típicamente realizada es permitir el desarrollo de las vaquillonas de razas de origen

británico hasta un 60-66 % del peso corporal maduro (Larson, 2007; Patterson et al., 1992; Perry, 2016). Sin embargo, trabajos realizados por Funston y Deutscher (2004) demuestran que hembras que alcanzan un desarrollo del 53 % de su peso corporal maduro logran altos porcentajes de preñez y pesos al destete de sus terneros, a un menor costo que las que alcanzan el 58 % de su peso corporal maduro.

Bajo condiciones nacionales, Pittaluga y Rovira (1968) encontraron que vaquillonas Hereford sometidas a distintos planos nutricionales predestete tuvieron diferencias en el peso y la edad a los que alcanzaron la pubertad (260 kg y 13,5 meses vs. 239 kg y 14,2 meses para el plano nutricional alto y bajo, respectivamente). También Straumann et al. (2003), evaluando distintos planos nutricionales posdestete en terneras Aberdeen Angus por Hereford, encontraron que las que lograron mayores ganancias diarias alcanzaron un mayor peso y una menor edad a la pubertad (294,2 kg y 14,6 meses vs. 246 kg y 16 meses, respectivamente). Evaluaciones más recientes realizadas por Quintans et al. (2007) y Guggeri et al. (2014) determinan que vaquillonas de razas cruce británicas alcanzan la pubertad entre los 15 y 17 meses de edad, siempre que el peso vivo se encuentre entre 275 y 295 kg.

Los biotipos *Bos taurus* son más precoces en alcanzar la pubertad que los *Bos indicus* (Freetly y Cundiff, 1997; Gregory et al., 1979). Además, el cruzamiento de razas de aptitud carnicera permite lograr la pubertad a edades más tempranas por efecto de la heterosis (Gregory et al., 1978). Trabajos realizados por Gregory et al. (1979) reportan que vaquillonas cruza Brahman por Hereford alcanzaron la pubertad 76 días más tarde y con 36 kg más de peso vivo que el promedio de las hembras cruce Hereford por Aberdeen Angus, y estas últimas presentaron 90 % de celo a los 340 kg.

La pubertad es un proceso complejo vinculado a una serie de eventos (Santa Cruz et al., 2018). Es decir, existe una interacción entre la nutrición, la edad y la genética que influye en su desencadenamiento, ya que debe ocurrir una maduración del eje hipotalámico-hipofisiario-gonadal para que se inicien los ciclos estrales normales (Perry, 2016). Como el tracto reproductivo continúa desarrollándose luego de la ocurrencia de la pubertad, bajo la influencia de fases dominadas por altas

concentraciones de estradiol y progesterona, la fertilidad mejora en la medida que transcurren los ciclos estrales (Byerley et al., 1987).

Como la fertilidad es un componente crítico de la edad al primer parto, es deseable que las vaquillonas experimenten ciclos estrales regulares previos al servicio (Short y Bellows, 1971; Wathes et al., 2014). Según Byerley et al. (1987), las tasas de concepción son mayores cuando las vaquillonas son inseminadas al tercer estro, en lugar de inseminarse en su estro puberal. Por ende, es importante que la pubertad ocurra por lo menos 6 semanas antes del primer servicio (Wathes et al., 2014). Perry (2016) señala que, para lograr la máxima fertilidad, se debe conseguir que las vaquillonas alcancen la pubertad por lo menos a los 13 meses de edad. De todos modos, varios estudios realizados en Estados Unidos han demostrado que el porcentaje de hembras que alcanzan la pubertad antes del inicio de la temporada reproductiva es muy variable, oscilando entre 19 % y 100 % (Bridges et al., 2014; Lamb et al., 2006; Lucy et al., 2001).

Tasas de ganancia media diaria (GMD) de peso vivo previas y posteriores al evento de destete determinan las trayectorias de crecimiento de las terneras e impactan sobre el momento en que alcanzan la pubertad (Arije y Wiltbank, 1971; Gasser et al., 2006; Hall et al., 1995). Dichas tasas de GMD se asocian al número de fases luteales previas al servicio y a la fertilidad al primer servicio (Byerley et al., 1987).

Tradicionalmente, las hembras de razas carniceras son destetadas a los 7 meses de edad y el efecto de la dieta posdestete sobre la edad a la pubertad ha sido extensamente documentado (Gasser et al., 2006; Wathes et al., 2014). Estudios realizados en terneras Hereford demuestran que no alcanzan la pubertad hasta el momento en que comienzan a tener aumentos de peso más veloces luego de las lentas tasas de GMD invernales (Arije y Wiltbank, 1971). Incrementos en el plano nutricional a edades tempranas se asocian de manera positiva con un estado metabólico de las hembras que estimulan el crecimiento (Hall et al., 1995) y adelantan la edad a la pubertad (Wiltbank et al., 1966).

En las condiciones pastoriles donde se desarrolla la ganadería de cría en Uruguay, es común observar animales que entran en celo temprano en el otoño y posteriormente, debido a los bajos niveles nutricionales, caen en anestro durante el invierno (Quintans y Roig, 2008). Trabajos realizados por Vizcarra y Wetteman (1993) demuestran que vaquillonas que perdieron 4,3 % de su peso vivo inicial en el período de recría cayeron en anestro. Solo el 66 % de las vaquillonas lograron recobrar la ciclicidad a las 4,5 semanas luego de ser realimentadas, las cuales alcanzaron un peso 12 % superior al inicial (Vizcarra y Wetteman, 1993). Por ello, según Quintans y Roig (2008), vaquillonas que tienen pesos similares al servicio pueden presentar estatus ováricos distintos. Por ende, la evolución de peso vivo durante el servicio podría afectar la actividad ovárica, situación que se puede acentuar en condiciones pastoriles y ambientales como las de Uruguay.

Se le ha dado una menor relevancia al efecto de la nutrición previo al destete sobre la ocurrencia de la pubertad (Gasser et al., 2006). Sin embargo, algunos autores destacan que el crecimiento predestete influye más en el logro de la pubertad que el crecimiento posdestete (Cardoso et al., 2014; Wiltbank et al., 1966). Terneras que logran altas tasas de GMD predestete y altos pesos al destete alcanzan la pubertad a edades más tempranas (Arije y Wiltbank, 1971; Wiltbank et al., 1966). Trabajos realizados por Gasser et al. (2006) demuestran que terneras destetadas con 3 a 4 meses, que reciben una dieta alta en concentrados desde los 126 a los 196 días de edad, disminuyen su edad a la pubertad, independientemente de la dieta suministrada luego de ese período.

En Uruguay, son escasas las evidencias científicas respecto al impacto de la suplementación a edades tempranas sobre la edad a la pubertad y sobre los perfiles de hormonas metabólicas que estimulan el crecimiento y tienen efecto positivo sobre la fertilidad al primer servicio (Viñoles y Álvarez, 2017a). Trabajos realizados por Cuadrado et al. (2009) sugieren que el CF permite que las terneras sean 30 kg más pesadas al destete definitivo que aquellas que se destetan en forma convencional (DC) o precoz, diferencia que se mantiene durante el primer año y medio de vida. Además, a los 18 meses de edad, el 76 % de las terneras que accedieron al CF comenzaron a ciclar, mientras que las de DC o DP alcanzaron un 33 % la pubertad (Cuadrado et al.,

2009). También Guggeri et al. (2014), evaluando el efecto de mediano plazo de distintos sistemas de manejo aplicados a edades tempranas en terneras Hereford, demuestran que el CF produjo un desarrollo corporal más rápido y una ocurrencia más temprana de la pubertad. En concordancia, Viñoles y Soares de Lima (2010) evaluaron el efecto de planos nutricionales entre los 2 a 5 meses de edad en terneras Hereford, y encontraron que las hembras que accedieron a CF alcanzan una composición corporal adecuada para lograr la pubertad antes que aquellas que accedieron a planos nutricionales medios (DC) y bajos (DP).

Gasser et al. (2006) señalan que la pubertad precoz (antes de los 300 días de edad) puede ser inducida en la mayoría de las hembras que se destetan temprano, siempre y cuando se continúen suplementando con dietas altamente concentradas.

La eficiencia reproductiva de la vaca de cría durante la totalidad de su vida productiva se encuentra afectada por la edad a la pubertad y al primer parto (Arije y Wiltbank, 1971; Burns et al., 1992; Lesmeister et al., 1973; Patterson et al., 1992). Sin embargo, cuando las hembras son seleccionadas como reemplazos, generalmente la pubertad o la edad de ocurrencia de esta son factores que a menudo no se consideran (Perry, 2016). No obstante, son rasgos productivos que se encuentran asociados al éxito reproductivo, a la productividad de por vida de la hembra y a la rentabilidad de los sistemas ganaderos. Estas características son especialmente relevantes cuando las vaquillonas son inseminadas durante un período de reproducción restringido para parir a los 2 años (Ferrell, 1982; Heslin et al., 2020; Perry, 2016). Además, existe una correlación entre la edad a la pubertad y la fertilidad con un valor de  $-0,32$ , lo que determina que, a menor edad a la pubertad, mayor será la eficiencia reproductiva en la vida útil del animal (Bavera, 2000). Por lo tanto, al seleccionar vaquillonas por pubertad anticipada, resulta en un rodeo fértil y de mayor longevidad productiva.

Finalmente, el objetivo en un sistema criador para mejorar la eficiencia productiva implica disminuir la edad al primer servicio y al parto, lograr un buen desarrollo de las hembras y minimizar los costos asociados al proceso de intensificación (Day y Anderson, 1998; Wathes et al., 2014). Adelantar la edad al primer servicio es una

alternativa que permite eliminar una categoría de bajo retorno en el corto plazo, como lo son las vaquillonas de 1 a 2 años. Esto permite pasar directamente de terneras a vacas preñadas, aumentar el área destinada al rodeo de cría y el número de terneros producidos en la vida productiva de la vaca e incrementar la eficiencia global del proceso de producción de carne y el ingreso económico (Fiol et al., 2008; Rovira, 2008). Adicionalmente, en los sistemas ganaderos, han tomado gran relevancia aspectos ambientales y, a pesar de que el pastoreo de ganado es reconocido por un mayor uso individual de tierras que no son adecuadas para la producción de otros alimentos, es cuestionado por su huella ambiental (Nin-Pratt et al., 2019; Steinfeld et al., 2006). Por ende, aumentar la productividad de la ganadería resulta relevante para disminuir el impacto ambiental, mejorar la competitividad de las explotaciones ganaderas y aumentar la producción de alimentos (Aguirre et al., 2023), siendo el servicio precoz una alternativa promisorio a ello.

### 1.3.2. Tecnología de servicio precoz con 13-15 meses de edad y la importancia del momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio

La decisión de manejo asociada a la edad a la que las hembras paren su primer ternero es compleja, ya que involucra varios factores que interaccionan entre sí (Short et al., 1990). Además, cuando se consideran resultados biológicos y económicos, la decisión conlleva ventajas y desventajas (Short et al., 1990). Las principales ventajas de lograr partos a los 2 años de edad son económicas, mientras que las desventajas están vinculadas a aspectos biológicos, como el desempeño reproductivo al segundo servicio y las dificultades al parto (Short et al., 1990).

Diversos estudios han demostrado un beneficio para los sistemas de producción de carne cuando el primer servicio ocurre entre los 13 y 15 meses (Wathes et al., 2014). Según Soares de Lima (2009), el entore precoz aumenta la productividad de los vientres y, en consecuencia, el ingreso económico de los sistemas criadores. El intervalo para el retorno de la inversión es más corto, se reduce la duración del período improductivo y aumenta el número de terneros y los kilogramos de carne producidos a lo largo de la vida productiva de las vacas de cría (Day y Anderson, 1998; Day y

Nogueira, 2013; Morris, 1980). En concordancia, según Patterson et al. (1992), las vaquillonas deben concebir con 15 meses y parir antes de los 24 meses de edad, para lograr su máxima productividad de por vida.

Morris (1980) concluye que ocurre un aumento de la producción de por vida, equivalente a 0,7 terneros por vaca, cuando las vaquillonas son servidas en su primer año de vida, respecto a servicios de 24 meses. También trabajos realizados por Núñez-Domínguez et al. (1991) demuestran que la productividad de por vida de vaquillonas de razas británicas que parieron a los 2 versus 3 años de edad es mayor, las cuales obtienen 138 kg más de terneros destetados y una eficiencia económica 6 % a 8 % superior.

En adición, Carter y Cox (1973) realizaron un estudio de largo plazo comparando edades al primer servicio de 12 y 24 meses en dos rodeos de raza Hereford y Angus, en 4 localidades diferentes. Las vaquillonas que se sirvieron con un año alcanzaron un desempeño de por vida superior (Carter y Cox, 1973). También Chapman et al. (1978) contrastaron el potencial productivo de vaquillonas servidas a los 12 y 24 meses de edad, y observaron que el mismo se incrementa cuando las hembras son inseminadas al año de vida y que esta diferencia se mantiene hasta los 8 años de edad.

Dentro de las desventajas del entore precoz, cabe destacar que vaquillonas que paren a los 2 años de edad tienen alrededor del 80 % de su peso maduro, por lo que continuarán destinando recursos para su crecimiento. Esta situación establece una competencia por los nutrientes disponibles para dicho proceso y la lactación y reproducción (Short et al., 1990). En consecuencia, destetan terneros más livianos que las vacas adultas, además de tener un intervalo de APP más prolongado y lograr menores tasas de preñez al segundo servicio (Bellows et al., 1982; Cundiff et al., 1974; Laster et al., 1973; Pinney et al., 1972; Wathes et al., 2014). Usualmente hembras de primera cría tienen un APP que dura más de 120 días (Quintans et al., 2009). Para que la fertilidad a la primera lactancia no se vea comprometida, Morris y Smeaton (2009) sugieren el ajuste de planos nutricionales. Estos deben permitir a las hembras alcanzar pesos objetivos al segundo servicio de 420 a 450 kg, compatibles con una alta preñez

al segundo servicio (Morris y Smeaton, 2009). En concordancia, López-Paredes et al. (2018) sugieren la modificación del uso de los recursos forrajeros para destinarlos a los requerimientos energéticos de animales que tengan 2 años al parto.

También López Valiente et al. (2021) destacan la existencia de efectos de la edad a la primera gestación sobre el feto y el crecimiento y desarrollo posnatal en condiciones de pastoreo extensivas. Vaquillonas de primera cría que paren con 2 años producen una descendencia más liviana respecto a vaquillonas que paren con 3 años y a vacas adultas (López Valiente et al., 2021). La producción de leche y el peso al destete de los terneros puede ser levemente inferior en vaquillonas servidas con 15 meses. Sin embargo, la producción a lo largo de la vida productiva de la hembra es mayor y las evidencias científicas sugieren que edades al primer parto menores a 23 meses no afectan negativamente su desempeño futuro (Wathes et al., 2014).

También existen evidencias que hembras que paren por primera vez con 2 años tienen más dificultades al parto (Bellows y Short, 1978; Pope, 1967). Según Short et al. (1993), la distocia tiende a aumentar a medida que la edad al primer parto decrece y su principal causa se debe a una desproporción entre el peso de la cría al nacimiento y el área pélvica de la madre. Sin embargo, la bibliografía actual establece que la distocia se puede manejar correctamente mediante la consideración de componentes genéticos y ambientales (Hickson et al., 2006; Short et al., 1990).

Investigadores nacionales destacan que las dificultades al parto se pueden corregir seleccionando toros que tengan un tamaño adulto moderado y que cuenten con datos objetivos de alta exactitud de diferencia esperada de progenie para bajo peso al nacer y facilidad de parto (Viñoles, 2016; Viñoles y Santa Cruz, 2019). También se debe contemplar la nutrición de la vaquillona, ya que tiene influencia en la ocurrencia de distocias producto de su impacto en el peso al nacimiento del ternero, lo que genera una mayor desproporción materno-fetal (Hickson et al., 2006; Viñoles, 2016).

Sin embargo, los posibles efectos adversos de un servicio precoz pueden ser parcialmente resueltos mediante decisiones de manejo adecuadas (Byrne, 2022; Short et al., 1990). Para ello es fundamental tener en cuenta el crecimiento de las hembras

en etapas tempranas de su vida y lograr pesos adecuados al primer servicio y parto. La información disponible destaca que el óptimo económico se logra en vaquillonas que paren su primer ternero a los 2 años y que no ocurren consecuencias adversas siempre y cuando las vaquillonas tengan un peso corporal y una estructura adecuada al momento del parto (Le Cozler et al., 2008; Wathes et al., 2014).

De todos modos, existen cuestiones fundamentales a tener en cuenta en un servicio precoz, ya que la ejecución del primer servicio queda definida en función del peso al momento del destete definitivo y del plano nutricional al que acceden las hembras durante la recría (Costa et al., 2008; Schillo et al., 1992). La primera es una variable productiva inversamente relacionada con la edad a la pubertad de las terneras y directamente relacionada con el peso de entore (Ferrell, 1982; Granger et al., 1990; Soares de Lima y Montossi, 2021). La nutrición posdestete tiene influencia en la aparición de la pubertad en forma temprana (Rovira, 1974), donde el suministro de dietas ricas en concentrados durante el período juvenil puede aumentar la frecuencia de la pubertad precoz (Gasser et al., 2006). Además, si bien la recría de hembras de reemplazo es considerada un período improductivo, es el momento durante el cual la ternera crece y se desarrolla hasta alcanzar la pubertad, por lo que, cuanto más corto sea, mayor será el retorno económico obtenido (Soares de Lima y Montossi, 2012; 2021; Viñoles y Santa Cruz, 2019).

Según Short et al. (1993), acelerar la edad a la pubertad implica un incremento en el suministro de forraje y suplementación o cambios en la composición genética del rodeo. Vaquillonas de razas carniceras que paren por primera vez a los 2 años de edad deben ganar al menos un kilogramo por día antes o después del destete para evitar detrimentos en el desempeño al parto (Rodríguez-Sánchez et al., 2017). Por ende, los productores ganaderos tienen más probabilidades de lograr partos con 24 meses si realizan un monitoreo de las tasas de crecimiento de las terneras y ajustan una alimentación acorde a los requerimientos (Wathes et al., 2014).

Sin embargo, por razones económicas, la alimentación de la recria de hembras durante su primer invierno de vida se basa principalmente en el suministro de forraje, con el objetivo de lograr tasas de crecimiento moderadas para aprovechar el crecimiento compensatorio que puede ocurrir posteriormente (Drennan y McGee, 2009). Por ende, es probable que las prácticas de alimentación convencionales en sistemas extensivos no permitan lograr el objetivo del 60 % a 65 % del peso corporal maduro recomendado para realizar un servicio precoz. En consecuencia, adelantar la edad de servicio de las vaquillonas implica mayores costos y el incremento de estos dependerá de cada unidad empresarial (Drennan y McGee, 2009). Por lo tanto, definir la edad óptima de primer servicio de las vaquillonas no es sencillo y su respuesta varía según el conjunto de características asociadas a cada unidad de producción (Short et al., 1990).

Numerosas investigaciones confirman los aspectos positivos de mejorar las tasas de GMD posdestete, pero existe cierta flexibilidad en cómo se alcanza el peso corporal objetivo al primer servicio precoz (Cardoso et al., 2014; Day y Nogueira, 2013). Estos resultados pueden ser aprovechados para disminuir los costos de la recria de las vaquillonas de reemplazo (Funston et al., 2012). La literatura internacional relacionada a servicios precoces se ha enfocado en estrategias de manejo para lograr la pubertad a edades tempranas y en determinar el desarrollo reproductivo óptimo de vaquillonas de razas carniceras para asegurar tasas de preñez máximas (Brooks et al., 1985; Patterson et al., 1992). Alcanzar la pubertad en forma temprana posibilita mayores tasas de preñez (Roberts et al., 2017). Sin embargo, para Heslin et al. (2020) aún persiste escasez de información científica sobre el manejo nutricional óptimo y sobre las posibles trayectorias de crecimiento prepuberal para lograr la pubertad precoz.

Funston y Deutscher (2004) destacan que el desarrollo adecuado de las hembras de reemplazo es fundamental y debe ser logrado a bajos costos sin perjudicar el desempeño productivo posterior. Esto se logra a través de manejos que posibiliten que las vaquillonas alcancen la pubertad temprano, conciben al comienzo de la temporada de servicio, no requieran asistencia al parto, concreten su desarrollo en forma satisfactoria para parir nuevamente dentro de los 365 días y que tengan una larga vida

productiva (con más de 8 lactancias) dentro del rodeo de cría (Diskin y Kenny, 2014; Funston y Deutscher, 2004).

Adicionalmente, existen investigaciones que ponen mayor énfasis en el rendimiento de por vida de las hembras de cría servidas precozmente (Wathes et al., 2014). La productividad de por vida comienza con el inicio de la pubertad y queda definida por eventos críticos posteriores incluida la edad al primer parto, la tasa de preñez y, en última instancia, por la duración de los intervalos entre partos (Diskin y Kenny, 2016). Este aspecto tiene un beneficio económico y ambiental mayor, al reducir el número de reemplazos que se necesitan para producir terneros (Wathes et al., 2014). En el mismo sentido, Viñoles y Santa Cruz (2019), evaluando el servicio precoz en condiciones nacionales, destacan que la re cría tiene un objetivo de largo plazo asociado a la obtención de vacas longevas que se mantengan el mayor tiempo posible en el rodeo. La longevidad es una característica deseable, asociada a altos porcentajes de preñez, mayores pesos al destete y mayores retornos económicos (Perry y Cushman, 2013).

Un factor que tiene el potencial de aumentar la productividad a lo largo de la vida productiva mediante el aumento de la longevidad es el momento en que las hembras conciben al primer servicio (Endecott et al., 2012; Lesmeister et al., 1973; Rogers et al., 2004). Concepciones tempranas en la temporada de servicios posibilitan maximizar la eficiencia reproductiva (Diskin y Kenny, 2014). Vaquillonas que paren por primera vez a los 24 meses, y especialmente aquellas que logran concepciones tempranas y paren en los primeros 21 días de la temporada de partos, tienen una mayor longevidad, destetan terneros más pesados y son más rentables que las que paren más tarde en dicho período (Cushman et al., 2013; Day y Nogueira, 2013).

El momento de concepción en la primera temporada de reproducción se encuentra afectado por la edad en que ocurre la pubertad y el momento en que sucede dicho evento respecto al inicio del primer servicio (Diskin y Kenny, 2014). Para las condiciones en las que se realiza la ganadería de cría en Uruguay, se establecen objetivos de mediano plazo asociados a lograr que el 70 % de las vaquillonas se preñen en los primeros 21 días de servicio, con porcentajes de preñez global mayores al 90 %

en un servicio de corta duración de 45 a 60 días (Viñoles y Santa Cruz, 2019). Dicho objetivo se vincula a la presencia de vaquillonas que llegan ciclando regularmente al primer servicio. En tal sentido, Roberts et al. (2017) reportaron una mayor tasa de preñez y parto en los primeros 21 días para vaquillonas que eran púberes al inicio del servicio en comparación con las que no lo eran.

Dadas las evidencias, disponer de vaquillonas que se preñan temprano en la primera temporada de servicio tiene un marcado efecto sobre la eficiencia reproductiva y económica del rodeo (Heslin et al., 2020). Además, el costo de criar una ternera hasta su peso de entore suele desquitarse más rápidamente en vaquillonas que se preñan temprano, en especial cuando el servicio se realiza en forma precoz a los 13-15 meses de edad (Viñoles, 2016).

La característica de preñarse y parir temprano en la temporada de parición se repite año tras año (Perry y Cushman, 2013). Vaquillonas que logran concepciones tempranas durante el primer servicio y crían su primer ternero a los 2 años de edad tienen una mayor probabilidad de volver a preñarse como vacas primíparas (Day y Nogueira, 2013). Si el primer parto es tardío en la temporada de partos, es esperable que aumente la proporción de vacas que paren más tarde el año siguiente o que no conciban (Burriss y Priode, 1958). Además, en sistemas ganaderos pastoriles, los terneros son destetados en un momento determinado en lugar de realizar el destete con base en un peso o edad constante. Por lo tanto, aquellos terneros nacidos tardíamente suelen ser más livianos al destete respecto a los nacidos temprano, y ello, en definitiva, tiende a disminuir la producción total de por vida de la vaca de cría (Morrow y Brinks, 1968).

Las vaquillonas que se sirven por primera vez y conciben y paren temprano inmediatamente indican una mayor eficiencia reproductiva y un mayor potencial a lo largo de su vida, por lo que se les debe dar preferencia en la selección (Lesmeister et al., 1973). Además, ello se encuentra en relación con una adecuada selección respecto a un rápido crecimiento y a una temprana madurez sexual en terneras de un año, junto con un régimen nutricional acorde, factores que resultan esenciales para programar a

las vacas de cría de razas carniceras para lograr partos precoces y regulares durante su vida productiva (Lesmeister et al., 1973).

Con base en las evidencias científicas se concluye que los factores claves para efectuar un servicio precoz se relacionan con el peso al destete definitivo y el nivel nutritivo en el período inmediato al destete. Sin embargo, no solo es relevante alcanzar adecuados pesos de servicio con 13-15 meses, sino que también se debe lograr que las hembras se preñen durante el primer mes de este.

#### 1.3.2.1. Antecedentes internacionales de la aplicación de la tecnología de entore precoz en vaquillonas en sistemas comerciales

La reducción de la edad al primer servicio es un factor clave en la mejora de la eficiencia de los sistemas ganaderos criadores y es parte de la actual ganadería moderna de Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos, donde una importante proporción de las vaquillonas de reemplazo tienen 15 meses al primer servicio (Viñoles et al., 2012; 2013). Algunas regiones de Estados Unidos ya desde la década del 90 se destacaban por la predominancia de entores precoces, resultado de la intensificación en procesos de producción de carne (Short et al., 1993).

En Nueva Zelanda, tradicionalmente, los sistemas de producción de ganado vacuno tienen rodeos de cría que paren por primera vez con 3 años de edad, mientras que las hembras de los sistemas lecheros paren inicialmente con 2 años (Bryant et al., 2004). Datos actuales sugieren que el 30 % de las vaquillonas de razas carniceras se entoran con 15 meses (Geenty y Morris, 2017). Numerosos estudios regionales se han desarrollado en Nueva Zelanda para determinar el porcentaje de productores que realizan manejos con partos de vaquillonas a distintas edades (Hanly y Mossman, 1977; Parminter et al., 1993). En 2006 fue realizada una encuesta a productores ganaderos en Nueva Zelanda con el objetivo de cuantificar la prevalencia del servicio con 15 meses, la incidencia de asistencias al parto y la percepción y el manejo de la distocia en vaquillonas primíparas (Hickson et al., 2008). Resultados de la encuesta sugieren que entre un 60 y 70 % de los productores intentan que sus vaquillonas de reemplazo paren a los 2 años de edad, siendo su justificación un incremento de la

rentabilidad por una mayor eficiencia a lo largo de la vida productiva de las hembras (Hickson et al., 2008). Productores que no inseminan a los 15 meses manifiestan preocupación por el desempeño reproductivo a los 2 años y por el desempeño productivo a largo plazo (Hickson et al., 2008).

En la misma encuesta, no se puede determinar que los productores no aplican servicios precoces por motivos de incremento de los costos (Hickson et al., 2008). Incluso productores que no sirven sus hembras inicialmente con 15 meses son conscientes de los potenciales beneficios financieros de adelantar el servicio (Hickson et al., 2008). Si bien los resultados de la encuesta son consistentes y relevantes, su naturaleza regional, así como el tiempo transcurrido en su ejecución arrojan limitantes en cuanto a su utilidad para cuantificar la situación neozelandesa e identificar regiones donde es necesaria una mayor difusión de resultados de la investigación (Hickson et al., 2008). Trabajos anteriores en Nueva Zelanda han reportado resultados donde los productores destacan la posibilidad de una mayor ocurrencia de dificultades al parto provocada por una desproporción feto-materna como otra de las razones para no inseminar vaquillonas con 15 meses (Carter y Cox, 1973). Sin embargo, en la encuesta realizada por Hickson et al. (2008), los resultados arrojan que la distocia «no fue un problema» o fue «un problema menor» en la mayoría de los rodeos de cría.

En Irlanda, un estudio realizado en 2013 por el ICBF (Irish Cattle Breeding Federation) demuestra que solo el 16 % de las vaquillonas de carne paren su primer ternero con 22-26 meses de edad, porcentaje que se eleva al 50 % en el 15 % de los mejores rodeos (ICBF, 2013). Estudios recientes establecen que la cantidad de vaquillonas servidas precozmente se incrementó a 24 %, mientras que las mejores empresas ganaderas que se ubican en el 10 % superior logran en forma consistente y satisfactoria que el 100 % de las hembras paren su primer ternero con edades en torno a 2 años (ICBF, 2023). Los investigadores destacan que los resultados se asocian a percepciones erróneas de productores ganaderos respecto a que servicios precoces conllevan dificultades al parto, dificultades para lograr preñeces al segundo servicio, hembras que mantienen un desarrollo inadecuado de por vida y alcanzan una menor permanencia en el rodeo (Byrne, 2022; Twomey y Cromie, 2023).

Sin embargo, estadísticas nacionales de Irlanda demuestran que las hembras que paren entre los 23 y 26 meses de edad tienen intervalos interparto (IIP) promedio de 383 días, porcentajes de dificultades al parto de 4,7 % y pesos corporales maduros de 708 kg promedio, valores similares a las que paren inicialmente con 3 años (ICBF, 2023). Además, si bien el porcentaje que pare una segunda cría es levemente menor (82 % vs. 86 % para las servidas con 14-17 meses y 24 meses, respectivamente), el 39 % alcanza su quinto parto sucesivo, mientras que ninguna de las que paren con 36 meses alcanzan un quinto parto sucesivo (ICBF, 2023).

En adición, Crosson y McGee (2012) demuestran la conveniencia de los servicios precoces, ya que, mediante un análisis comparando sistemas irlandeses de producción de carne, destacan que hembras que paren su primer ternero a los 36 meses de edad consumen 65 % más de forraje, 96 % más de ensilaje y 33 % más de concentrados respecto a vaquillonas que paren su primer ternero con 2 años, por lo que ocurre un incremento de los costos y una reducción de la eficiencia productiva del sistema.

También en Argentina, donde los sistemas de producción de cría bovina suelen desarrollarse bajo condiciones de pastoreo extensivas, ha ocurrido un proceso de intensificación de la ganadería de carne durante los últimos 20 años (López Valiente et al., 2021). Esto ha determinado que un mayor número de productores reduzcan la edad al primer servicio a 15-18 meses, por lo que es cada vez más frecuente encontrar sistemas ganaderos criadores donde las hembras de reemplazo son inseminadas para parir su primer ternero a los 2 años de edad (López Valiente et al., 2021).

Finalmente, Fontes et al. (2020) destacan que la producción de carne vacuna se ha convertido en un proceso más eficiente durante las últimas décadas, en gran medida como consecuencia del desarrollo y adopción de nuevas tecnologías y por la mejora general de la genética de los rodeos, siendo el servicio con 13-15 meses de edad una alternativa que no ha sido ajena a dichos avances. Sin embargo, si bien existe información disponible que avalan al servicio precoz, aún en muchas partes del mundo persisten sistemas productivos con servicios a los 24 meses de edad (Fontes et al., 2020).

### 1.3.2.2. Antecedentes nacionales de la aplicación de la tecnología de entore precoz en vaquillonas en sistemas comerciales

En Uruguay se cuenta con abundante información tecnológica generada durante la década de los 90 para servicios con 2 años de edad —focalizada en la pérdida de peso invernal de las vaquillonas en condiciones de pastoreo de campo natural— (Quintans, 2008). Sin embargo, la disponibilidad de información para reducir la edad de servicio a 13-15 meses es escasa (Viñoles et al., 2013).

Las estadísticas disponibles no permiten estimar qué porcentaje de vaquillonas se entora en forma precoz. Sin embargo, una muestra de grupos de productores que cuenta con asesoramiento permanente permite estimar que ese porcentaje es inferior al 10 % (productores del grupo Minas: 6,6 %; Santiago Scarlato, comunicación personal, 7 de octubre de 2024, y FUCREA: 9 %; Gonzalo Ducos, comunicación personal, 7 de octubre de 2024). También Guillermo de Nava (comunicación personal, 8 de octubre de 2024), sobre un total de 9.431 vaquillonas inseminadas en el año 2023 mediante protocolos de inseminación a tiempo fijo, destaca que para el 4,6 % fue con 15 meses de edad. Además, señala que la totalidad de las hembras se encontraban ciclando al inicio de la sincronización y lograron un porcentaje de preñez a la inseminación a tiempo fijo de 58,9 % (Guillermo de Nava, comunicación personal, 8 de octubre de 2024). Por lo tanto, se puede concluir que esta tecnología está siendo adoptada por empresas ganaderas que buscan optimizar sus resultados productivos y económicos.

Con un servicio de 13-15 meses se reduce el tiempo en que las hembras de reemplazo permanecen improductivas, que en la mayoría de los casos en Uruguay es de 3 a 4 años (Viñoles et al., 2014). En tal sentido, Viñoles et al. (2009) señalan que reducir la edad al primer servicio es una de las principales vías de incremento de la rentabilidad. Teniendo en cuenta que la pubertad en vaquillonas de razas británicas se produce alrededor de los 12 a 14 meses de edad (Lesmeister et al., 1973; Rovira, 2008), el servicio precoz es una alternativa potencial y promisoría para aumentar la eficiencia y competitividad en sistemas de cría nacionales.

Para efectuar servicios precoces, las terneras deben lograr adecuadas tasas de GMD de peso previo y posterior al destete definitivo (Viñoles et al., 2014), lo que conlleva a la manifestación de la pubertad a temprana edad (Wiltbank et al., 1966). La bibliografía sugiere que, para servir hembras con 13-15 meses de edad, se debe partir de terneras con 200 kg al destete (Morris y Smeaton, 2009). Sin embargo, se sabe que el peso al destete es una de las limitantes que tiene la ganadería de cría en Uruguay (Quintans et al., 2004; Viñoles y Álvarez, 2017a). Además, el peso al destete se asocia con las ganancias requeridas durante el período de recría para lograr pesos adecuados al primer servicio. Sin embargo, dadas las condiciones en las que se realiza la recría de hembras, no es posible lograr el objetivo de peso al primer servicio precoz solamente a base de campo natural, ya que las tasas de GMD durante dicho período suelen ser bajas para lograr un buen desarrollo (Quintans, 2008). Incluso es frecuente la ocurrencia de pérdidas de peso durante el invierno, lo que genera un retraso en la aparición de la pubertad y, por consiguiente, un retraso de la edad al primer servicio (Quintans et al., 2007).

La investigación nacional ha desarrollado estrategias de nutrición focalizadas en disminuir las pérdidas de peso invernales (Quintans, 2008; Viñoles et al., 2009). La suplementación en el primer y segundo invierno de vida de las terneras es una alternativa que permite reducir la edad al primer servicio de 36 a 24 meses (Quintans et al., 1994). Sin embargo, aunque se dispone de evidencias nacionales respecto a planos nutricionales ajustados para lograr servicios con 2 años de edad, para adelantar la aparición de la pubertad y lograr servicios con 13-15 meses se requieren ganancias de peso mayores, siendo la disponibilidad de información notablemente escasa.

Es necesario un ajuste nutricional para lograr una mejora en el proceso de recría y, en el caso de servicios con 13-15 meses de edad, implica una alimentación controlada para asegurar que las terneras alcancen la pubertad antes del inicio del período de servicio y continúen con su desarrollo luego de la concepción (Beretta et al., 2015). Mejores planos nutricionales permiten optimizar la velocidad de la recría de las futuras madres y, en consecuencia, un adelanto del servicio (Viñoles y Álvarez, 2017a). Además, una nutrición adecuada posibilita lograr mayores pesos al servicio, los que se

asocian a mayores porcentajes de preñez y a altos porcentajes de preñez durante el primer mes de servicio (Soares de Lima y Viñoles, 2010; Viñoles y Álvarez, 2017a).

Algunos trabajos reportan que terneras que experimentan en invierno tasas de GMD de peso de entre 400 a 800 gramos alcanzan la pubertad mayoritariamente a los 16-17 meses de edad (Barreto et al., 2008; Costa et al., 2008; Straumann et al., 2006). Utilizando campo natural al 7 % de AF y suplementación al 1 % del peso vivo con una ración balanceada comercial, se logra que el 83 % de las terneras ciclen a los 15 meses y se preñen el 42 % en el mes de febrero (Viñoles et al., 2009). De todos modos, aunque altos planos nutricionales permiten lograr un elevado porcentaje de ciclicidad al momento del inicio servicio, se alcanzan bajos porcentajes de preñez, los que pueden estar relacionados a la cantidad de ciclos estrales ocurridos previo al servicio (Viñoles et al., 2009).

También Beretta et al. (2015). evaluando estrategias alimenticias durante la recría de terneras destetada precozmente para su servicio con 15 meses, concluyen que las alternativas evaluadas afectan la precocidad en alcanzar la pubertad. Sin embargo, aunque las que accedieron a suplementación en verano e invierno lograron una mayor precocidad, no se vio reflejado en diferencias en la preñez temprana (0-21 días del período de inseminación) ni en la preñez total, resultados que se atribuyen al retraso en el inicio del período de servicio (Beretta et al., 2015). Probablemente un servicio más temprano podría beneficiarse por las estrategias de manejo que aseguran una pubertad precoz (Beretta et al., 2015).

Otro aspecto de suma relevancia cuando las hembras se sirven por primera vez con 15 meses de edad es la tasa de preñez al segundo servicio. Trabajos nacionales asociados a entores con 15 meses demuestran que las hembras pueden alcanzar buenos niveles de fertilidad al segundo servicio, siempre y cuando sean mantenidas bajo planos nutricionales acordes en el período previo y posterior al parto, con una correcta AF para lograr adecuadas CC al parto (Viñoles et al., 2013; Viñoles y Santa Cruz, 2019). Orcasberro (1997) sugiere valores de CC de 5 al parto para alcanzar altas tasas de preñez al segundo servicio.

Viñoles et al. (2012) reconocen que Uruguay tiene un extenso camino por recorrer respecto a servicios precoces, particularmente en conocer las implicancias productivas y económicas de reducir la edad de servicio a 13-15 meses. A pesar de que es una tecnología incipiente y promisorio, existen aspectos relevantes a evaluar para las condiciones nacionales. Además, en los últimos 30 años se ha importado genética de biotipos desarrollados en condiciones diferentes a los sistemas productivos uruguayos, siendo de gran relevancia caracterizar y evaluar las variables reproductivas en el país (Quintans, 2008).

Para lograr adecuados pesos al primer servicio, se deben conjugar determinados pesos de destete y trayectorias de ganancia de peso hasta el primer servicio precoz. Teniendo en cuenta que aproximadamente el 90 % de los sistemas criadores en Uruguay se desarrollan en condiciones extensivas a base de campo natural (DIEA, 2023), dicha trayectoria de crecimiento de terneras recriadas en los sistemas pastoriles uruguayos es muy variable anualmente. Aún no se cuenta con resultados de investigaciones que determinen cuál es la evolución de peso que deben tener las hembras entre el destete y el primer servicio que les permita llegar adecuadamente a pesos de servicio con 13-15 meses. En adición, si bien se cuenta con numerosos sistemas de manejo predestete, enfocados en aumentar la eficiencia reproductiva o productiva de los sistemas criadores, no existen evidencias sobre el impacto que puedan tener dichas tecnologías de manejo en el mediano plazo cuando se efectúan servicios precoces.

En consecuencia, el presente trabajo aporta información sobre la viabilidad técnica y el impacto productivo de disminuir la edad al primer servicio y lograr preñeces tempranas, con base en datos históricos recabados durante un período de 12 años, procedente de una unidad de investigación de INIA. Este es un desafío innovador para la cría vacuna, ya que aborda la problemática del peso al destete y la trayectoria de ganancia de peso para alcanzar adecuados pesos al servicio a temprana edad, en sistemas semiextensivos, y que sean compatibles con una buena eficiencia reproductiva de esa hembra a lo largo de toda su vida productiva.

#### **1.4. Hipótesis**

La preñez de las vaquillonas y el momento de concepción durante la estación reproductiva en su primer servicio con edades en torno a 13-15 meses depende del peso al inicio de la recría y de su trayectoria de crecimiento hasta su primer servicio precoz, factores que afectan el peso de entore. A su vez, existe un impacto de mediano plazo de manejos aplicados previo al inicio de la recría en el desempeño reproductivo de vaquillonas entoradas precozmente.

En adición, la productividad de la vaca en el rodeo de cría a lo largo de su vida, definida como la permanencia en este por 5 partos sucesivos, depende del momento de preñez en su primer servicio con 13-15 meses.

#### **1.5. Objetivos**

A través del procesamiento de una base de datos de 7 años de ejecución de servicios precoces de 13-15 meses de edad, evaluar la preñez de las vaquillonas y el momento de la concepción asociado a

- Pesos al destete definitivo, trayectorias de ganancia de peso durante el período de recría, y pesos al servicio.
- Manejos aplicados previo al comienzo del período de recría.
- Permanencia de las hembras en el rodeo de cría hasta su quinto parto.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Generalidades y criterios de curado de la base de datos utilizada**

La base de datos utilizada corresponde a 7 generaciones de terneras de raza Hereford del rodeo de cría de la Unidad Experimental Glencoe de INIA Tacuarembó (Uruguay), nacidas entre 2008 y 2014, a las que se les realizó un primer servicio precoz con  $14 \pm 1$  meses. La base de datos contenía registros productivos de 387 animales, donde la cantidad de animales de cada generación fue 59, 53, 77, 49, 47, 52 y 50 para las generaciones 2008 hasta 2014, respectivamente.

Las hembras tuvieron seguimiento desde el nacimiento hasta el final de su vida productiva con el objetivo de evaluar el efecto del servicio precoz y determinar su influencia sobre variables productivas y reproductivas de mayor relevancia, que resulta en determinar la viabilidad técnica de dicha propuesta en sistemas ganaderos criadores. El criterio tomado para determinar el final de la vida productiva y reproductiva de las hembras fue incluir la información hasta el quinto parto en forma sucesiva, ya que la disponibilidad de información de registros sistemáticos para la generación 2014 posibilitaba hacerles seguimiento hasta el año 2020.

La base de datos analizada comprendía aproximadamente 27.000 registros. Previo a su análisis, se unificó la información de numerosas planillas de registros de campo. Se organizó y sistematizó las variables de interés en una única base de datos para su posterior análisis estadístico. La agrupación de la información fue necesaria, ya que, si bien las planillas Excel individuales mantenían un formato, no todas coincidían exactamente para poder visualizar el análisis posterior planificado. Además, en cada una de estas se procedió a evaluar la consistencia de la totalidad de la información de cada variable para detectar y corregir potenciales errores de registración.

Resulta relevante destacar que, en adición al seguimiento realizado para evaluar la propuesta de servicio precoz, las hembras también participaron temporalmente de otros experimentos realizados en la Unidad Experimental, por lo que la búsqueda de información resultó complejizada por la existencia de otros datos recabados que no fueron considerados en el presente estudio.

Dado que el seguimiento de los animales comenzaba el día de su nacimiento y culminaba con el final de su vida productiva, la base de datos contenía los siguientes registros individuales: generación, identificación individual, identificación y edad de la madre al parto, fecha y peso de nacimiento, fecha y peso intermedio nacimiento-inicio de recría, identificación de tratamientos aplicados previo al inicio de la recría (destete precoz —DP—, destete temporario —DT—, *creep feeding* asociado a destete temporario —CFDT—, *creep feeding* —CF— y destete convencional —DC—), fechas de pesadas y pesos correspondientes desde el inicio de la recría hasta el inicio del primer servicio precoz (con una frecuencia de 15 a 30 días), fecha, peso y CC al primer servicio, *condición de preñez y momento de concepción durante la estación reproductiva al primer servicio* con base en diagnósticos de gestación (dato no disponible en la totalidad de los animales), registro de abortos (en base a no parición de vacas con diagnóstico positivo para preñez), fecha, peso y CC al parto, registro de partos distócicos, fecha, peso y CC al inicio de sucesivos entores (segundo, tercero, cuarto y quinto), *condición de preñez y momento de concepción de sucesivos entores* con base en diagnósticos de gestación (dato no disponible en la totalidad de los animales), y fecha, peso y CC en siguientes partos (segundo, tercero, cuarto y quinto).

## **2.2. Consideraciones sobre variables de interés y período de análisis**

Para cumplir con los objetivos del trabajo, se sistematizaron con especial énfasis variables productivas y reproductivas. Se tomó como punto de partida el peso al inicio de la recría, a partir del cual se realizó un seguimiento de las trayectorias de ganancia de peso hasta el inicio del primer servicio precoz. Se prestó especial atención a las preñeces logradas durante el primer mes de servicio. En adición, se tuvo en consideración los manejos aplicados previo al destete definitivo. Posteriormente, se realizó una reconstrucción de la historia de cada hembra durante su vida productiva, y se hizo un seguimiento de los momentos de concepción en cada uno de los servicios realizados, contemplando como máximo una permanencia de 7 años en el rodeo de cría.

### 2.3. Generalidades de manejo previo al destete definitivo

Las fechas de nacimiento se extendieron entre agosto y noviembre, con pesos promedio de  $39 \pm 6$  kg.

Según protocolos experimentales realizados o con el objetivo de incrementar los pesos al destete, se aplicaron distintas medidas de manejo a las terneras al pie de la madre, previo al destete definitivo, mediante técnicas de control del amamantamiento (DP, DT, DC) o tecnologías asociadas a la suplementación (CF, CFDT). Los tratamientos aplicados previo al inicio de recría a las generaciones 2008 hasta la 2010 fueron DP, CF o DC y en las generaciones posteriores se aplicó DT, CFDT, CF y DC. En la tabla 1 se resumen los tratamientos aplicados por generación.

**Tabla 1**

Detalle de tratamientos aplicados previo al inicio del período de recría en hembras que ingresaron al programa de entore precoz, de la generación 2008 a la 2014.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
DC	0	20	50	8	23	18	36	155
DP	24	17	13	0	0	0	0	54
DT	0	0	0	25	6	10	6	47
CF	35	16	14	5	9	3	5	87
CFDT	0	0	0	11	9	21	3	44

Nota. DC = destete convencional; DP = destete precoz; DT = destete temporario; CF = *creep feeding*; CFDT = *creep feeding* asociado a destete temporario.

El tratamiento DP consistió en la separación definitiva de las terneras de su madre a los 60 a 90 días de vida, a las que se suplementó al 1 % del peso vivo por un período de 2 a 3 meses con una ración balanceada (>18 % de proteína cruda), bajo condiciones de pastoreo de campo natural. El DT consistió en la colocación de una tablilla nasal por 14 días a las terneras mayores de 2 meses de vida y con pesos mínimos de 70 kg. El CF y el CFDT fueron utilizados como alternativas para aumentar el peso al destete definitivo, y fueron tecnologías aplicadas a hembras mayores de 2 meses de edad. El

suplemento se suministró un suplemento entre los 2 y 5 meses de edad. A las terneras que se les aplicó CF combinado con DT, el objetivo fue evaluar el impacto de la alimentación diferencial junto con la aplicación de la tablilla nasal por 14 días, para determinar sus tasas de crecimiento y definir si mejoraba el efecto negativo que tiene el DT sobre las tasas de GMD de la categoría en cuestión. El DC coincidía con el momento del destete definitivo de las terneras, en torno a los 6 meses de edad, entre fines de marzo y principios de abril de cada año.

Dada la extensión del período analizado, la participación temporal de las terneras bajo seguimiento en numerosos experimentos implicó que estas se encontraran sometidas a distintos manejos previo al destete definitivo. Por tal motivo, los manejos aplicados se encontraban desbalanceados dentro y entre generaciones. Incluso hubo tratamientos como el DP o DT que no fueron aplicados en todas las generaciones evaluadas. Por ende, si bien no tenían el objetivo de evaluarse en el presente trabajo, oficiaron como fuente de variación y debieron ser contemplados.

Inicialmente, los tratamientos predestete definitivo fueron ingresados a los modelos estadísticos como variables predictoras, pero dado que el tamaño muestral era variable, se procedió a reagruparlos en dos categorías: un grupo con acceso *ad libitum* a la leche materna que contemplaba a los tratamientos de CF y DC, y otro grupo con una restricción parcial a leche materna que contenía a los tratamientos asociados a DP, DT y CFDT.

La base nutricional desde el nacimiento hasta el comienzo de la recría fue campo natural de basalto, asociado eventualmente a suplementación cuando se aplicaban las técnicas de DP o CF mencionadas previamente.

#### **2.4. Generalidades de manejo durante la recría y criterio de análisis**

El inicio de la recría para todas las terneras bajo seguimiento fue a los  $6 \pm 0,8$  meses de edad, práctica generalmente realizada entre fines de marzo y principios de abril. Los pesos vivos promedio al comienzo de dicho período fueron de  $172 \pm 28$  kg para la totalidad de hembras evaluadas.

El destete definitivo fue el punto de partida del análisis, donde iniciaba el manejo de cada generación como un grupo contemporáneo, ya que fueron sometidas al mismo manejo sanitario y plano nutricional, siendo este último asociado al pastoreo de verdeos invernales de *Avena byzantina* o *Lolium multiflorum* con suplementación invernal —diaria o en autoconsumo— con afrechillo de trigo molido y eventualmente peleteado, al 1-1,5 % del peso vivo. El pastoreo de verdeos invernales fue rotativo en las diferentes parcelas prediseñadas, para asegurar una buena disponibilidad de forraje, con una AF en torno al 4 % del peso vivo. El cambio de parcela se efectuaba cuando la altura remanente era de 10 cm. Puntualmente en la generación 2009, por la ocurrencia de un período de déficit hídrico importante, la base alimenticia fue un mejoramiento de campo natural (que incluyó leguminosas sembradas y raigrás espontáneo) combinado con la misma suplementación estratégica mencionada previamente. En la generación 2012, debido a la escasa disponibilidad de mejoras forrajeras, la recría se realizó sobre campo natural con suministro de una ración comercial con fibra adecuada a la categoría, la cual se suministró *ad libitum* en autoconsumo durante el invierno. Aunque hubo variación del plano nutricional al que accedieron las diferentes generaciones, cuando se realizaban cambios en la alimentación, se aplicaban al lote en su conjunto.

Debido a la extensión del período analizado, existió variabilidad en las condiciones climáticas durante la recría de las distintas generaciones, la cual se detalla en el anexo 1.

El período de recría se extendía entre fines de marzo y mediados de noviembre, momentos en que se realizaba el destete definitivo y comenzaba el servicio precoz, respectivamente, totalizando un período de 237 días en promedio. Para analizar dicho

lapso de tiempo, se tuvo en cuenta la cantidad de pesadas disponibles, las cuales eran entre 13 y 18 instancias, siendo su frecuencia variable dentro y entre generaciones. Se unificaron en una única planilla los registros de peso vivo de la totalidad de los animales. Posteriormente, se probaron alternativas de análisis de la información. Contemplando la alta variabilidad en las fechas de registración del peso vivo, finalmente se conservaron 13 pesadas para cada generación, las cuales se correspondían a fechas similares entre años evaluados.

Una vez seleccionadas las pesadas a evaluar, se procedió a segmentar el tiempo de recría en 3 subperíodos, intentando representar las estaciones del año y manteniendo una duración similar de cada subperíodo entre generaciones. Sin embargo, los subperíodos dentro de un mismo año resultaron de diferente duración: se extendieron desde fines de marzo —cuando ocurría el destete definitivo— a fines de junio (subperíodo 1), de fines de junio a fines de agosto (subperíodo 2) y de fines de agosto a mediados de noviembre —cuando comenzaba el servicio precoz— (subperíodo 3).

Normalmente, las pesadas frecuentes en condiciones de pastoreo conducen a una gran variabilidad en la estimación de la tasa de GMD. Por lo tanto, con la finalidad de contemplar dicho efecto y tener en cuenta la totalidad de registros de las pesadas efectuadas, se procedió al ajuste de los valores vía el uso de regresiones lineales de peso por animal. Finalmente, las tasas de GMD de cada subperíodo se correspondían a las pendientes de dichas regresiones.

## **2.5. Generalidades de manejo al primer servicio precoz y en los servicios posteriores**

Al primer servicio, el promedio general de peso vivo fue de  $348 \pm 40$  kg, con una edad de  $14 \pm 1$  meses. El mismo iniciaba para todas las generaciones en el mes de noviembre, y era efectuado mediante inseminación artificial. En todas las generaciones se realizó inseminación a celo visto, excepto en las generaciones 2012 y 2013 en las que se realizó inseminación a tiempo fijo (IATF), con sincronización de celos e inseminación por 5 días y repaso con toros. Todas las generaciones fueron repasadas con un solo toro por un período de 60 días, salvo la generación 2010, en la que dicho

período se acotó a 45 días. Las inseminaciones a celo visto se realizaron con una sincronización previa, utilizando dos dosis de prostaglandina con un intervalo de 11 días, y comenzando con la detección de celo a las 48 horas de administrada la segunda dosis. Las IATF se realizaron utilizando protocolos estándar descriptos previamente (Cunha et al., 2020). La selección de los toros en el primer servicio, a partir del año 2012, se realizó teniendo en cuenta datos objetivos de la diferencia esperada de la progenie (EPD) para bajo peso al nacer y facilidad de parto.

El segundo servicio y posteriores fueron mediante monta natural, manteniendo una duración de 60 días, comenzando en el mes de diciembre. Por tal motivo, el nacimiento de las terneras evaluadas ocurre en un lapso de tiempo mayor a 2 meses.

Una vez efectuado el servicio con 13-15 meses, las hembras permanecieron sobre campo natural con una AF > 3,5 kg MS/kg PV, salvo excepciones como vaquillonas primíparas con baja CC que requerían una alimentación diferencial, las cuales eran derivadas temporalmente a pasturas de mayor calidad disponibles, ya sea verdes invernales o mejoramientos de campo natural, donde se efectuaban pastoreos horarios. La primera cría de las hembras bajo seguimiento se destetaba según criterios de manejo preestablecidos, durante la segunda quincena de marzo.

La variable reproductiva de interés asociada al *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* y posteriores se calculó de acuerdo con la fecha de parto menos un largo de gestación promedio de 281 días, con base en evidencias científicas generadas para la raza Hereford (Andersen y Plum, 1965; Casas et al., 2012; Gimeno et al., 2002). Si bien era una variable que se podría analizar en función de los resultados de los diagnósticos de gestación realizados, la ausencia del dato en numerosos registros condujo a la necesidad de emplear el criterio mencionado para no debilitar la consistencia de la información obtenida.

## 2.6. Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico, se realizó un análisis exploratorio y descriptivo de cada variable de interés. Los análisis univariados permitieron la identificación de valores atípicos e inconsistentes y la verificación de la normalidad de valores residuales de las regresiones lineales ajustadas.

También se hizo un análisis exploratorio de datos disponibles relacionados a otras variables productivas contenidas en la base de datos, como fueron la edad de las madres al parto, pesos al nacimiento, pesos intermedios entre el nacimiento y el destete definitivo, edades al inicio de la recria y al primer servicio precoz, CC en los sucesivos entores y partos. Con este procedimiento, el objetivo fue ingresar las variables mencionadas previamente en los modelos correspondientes, para determinar si tenían influencia sobre los resultados obtenidos. La decisión del modelo a seleccionar se basó en el criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés, *Akaike information criterion*), el cual es una medida de calidad relativa de un modelo estadístico (Akaike, 1981).

Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés, *principal component analysis*) en el caso de la variable de interés asociada al momento de concepción. El PCA es una herramienta estándar en el análisis de datos, empleada en análisis descriptivos con el objetivo de identificar variables relacionadas a la variable de interés, contemplando un conjunto amplio de datos (Kurita, 2020).

Teniendo en cuenta que las variables productivas de interés a analizar podían estar correlacionadas, se utilizó el indicador factor de inflación de la varianza (VIF, por sus siglas en inglés, *variance inflation factor*). El VIF permite detectar la existencia de multicolinealidad entre variables predictoras ingresadas en los modelos analizados y contemplar su interferencia con los resultados obtenidos (Carmona, 2003). La regla general para dicho indicador determina que este no debe superar el valor de 10 (Belsley et al., 1980; Carmona, 2003). De hecho, en todos los modelos considerados, para ninguna variable superó el valor de 5, lo que indica que el grado de multicolinealidad

entre características es débil a moderado y no conlleva estimaciones de baja exactitud y poca confiabilidad.

Los análisis se realizaron mediante el software estadístico R versión 4.3.1 (R Core Team, 2023), utilizando R Studio con las funciones «lmer» y «glmer» del paquete «lme4» (Bates et al., 2023). La primera función se utiliza para ajustar modelos mixtos, mientras que la segunda es una de las más conocidas para ajustar modelos lineales generalizados mixtos para respuestas no normales —como las regresiones logísticas binomiales—.

La fundamentación del uso de regresiones logísticas se basa en el tipo de variables de respuestas a analizar, siendo las mismas la *condición de preñez*, el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* categorizado y la *permanencia en el rodeo*. Las regresiones logísticas son modelos estadísticos que permiten conocer la relación entre una variable dependiente dicotómica u ordinal y una o más variables explicativas independientes o covariables, ya sean cuantitativas o cualitativas (Starbuck, 2023). La formulación teórica de las regresiones logísticas se expresa como

$$P(D \geq g|\underline{X}) = \frac{1}{1 + e^{-Y}} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i + \epsilon)}}$$

Donde P es la probabilidad de ocurrencia del evento o desenlace estudiado, D es la variable de respuesta con g categorías,  $\underline{X}$  es el vector aleatorio de variables explicativas o predictoras del modelo, Y es la función lineal del modelo de regresión logística,  $\beta_0$  hasta  $\beta_i$  son los coeficientes de regresión y  $\epsilon$  es el vector de errores aleatorios (adaptado de Kleinbaum y Klein, 2010).

Para el análisis de las trayectorias de ganancia de peso por subperíodo de la recria y también para analizar la variable de respuesta asociada al *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* como una variable continua, se

ajustaron regresiones lineales. La formulación teórica de dichos modelos se expresa como

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon_i$$

Donde  $Y_i$  es la variable dependiente o respuesta observada,  $\beta_i$ ,  $i = 0, 1, 2$  son parámetros desconocidas,  $X_i$ ,  $i = 1, 2$  son las variables independientes o predictores y  $\epsilon_i$  es el vector de errores aleatorios (adaptado de Faraway, 2015).

La variable binaria preñez se analizó utilizando un modelo de regresión logística binomial. El modelo contenía los efectos fijos del peso al inicio de la recría y el peso al inicio del primer servicio, con el año como efecto aleatorio. También se ajustó un modelo logístico binomial para preñez con los efectos fijos de las trayectorias de ganancia de peso para los subperíodos 1, 2 y 3, y la generación como efecto aleatorio.

Para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados previos al destete definitivo sobre la *condición de preñez al primer servicio*, se ajustó un modelo logístico binomial que incluía el efecto fijo del tipo de tratamiento aplicado, con el peso al inicio de la recría como covariable y el efecto año como aleatorio. Posteriormente, dada la limitante en el tamaño muestral de terneras de cada generación que accedían a los tratamientos aplicados, se procedió a reagrupar los animales para aumentar el número de observaciones. Se analizó un modelo similar al mencionado, pero con la variable independiente de los tratamientos predestete categorizada en un grupo con acceso *ad libitum* y otro con una restricción parcial a la leche materna.

La variable *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* se evaluó ajustando regresiones lineales simples en función de las tasas de GMD de las trayectorias de ganancia de peso por subperíodo de la recría y de los pesos al inicio de la recría y al primer servicio precoz. También dicha variable reproductiva se evaluó de forma categorizada en «hasta 30 días» y «luego de 30 días» de iniciado el primer servicio, mediante regresiones logísticas binomiales. Se evaluaron los efectos fijos de cada una de las ganancias medias diaria por subperíodo de la recría, y

también los pesos al destete definitivo y al primer servicio precoz, y en ambas regresiones se ingresó el efecto de la generación como aleatorio.

Respecto a la variable de interés asociada a la permanencia de los animales en el rodeo, se evaluó mediante una regresión logística binomial, donde se tuvo en cuenta una permanencia parcial (1 a 4 partos) o total (5 partos sucesivos). La variable predictora en dicho modelo fue el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* categorizado y se incorporó en forma aleatoria el efecto año.

Se trabajó con un nivel de significancia del 5 % ( $\alpha = 0,05$ ).

### **3. Resultados**

#### **3.1. Análisis exploratorio de los datos**

La tabla 2 resume las variables descriptivas más relevantes para cada generación evaluada. En la misma tabla se puede observar una alta variabilidad entre generaciones para los distintos parámetros productivos, producto de los 7 años de evaluación en condiciones anuales distintas. Además, se puede observar una mayor variabilidad en los primeros años de evaluación del servicio precoz, lo cual es consecuencia de la aplicación de distintos tratamientos de control del amamantamiento. También la variabilidad de los parámetros productivos se asocia a la selección de las terneras que participaron de la evaluación, las cuales inicialmente eran la totalidad de hembras de la generación del rodeo de cría de la Unidad Experimental Glencoe, pero desde la generación 2011 en adelante se seleccionaban las terneras más pesadas de la generación. En adición, la reducción en la variabilidad de los distintos parámetros productivos con el transcurso de los años fue producto de un mayor ajuste en variables de manejo, lo que permitió una mayor precisión de la propuesta en estudio.

**Tabla 2**

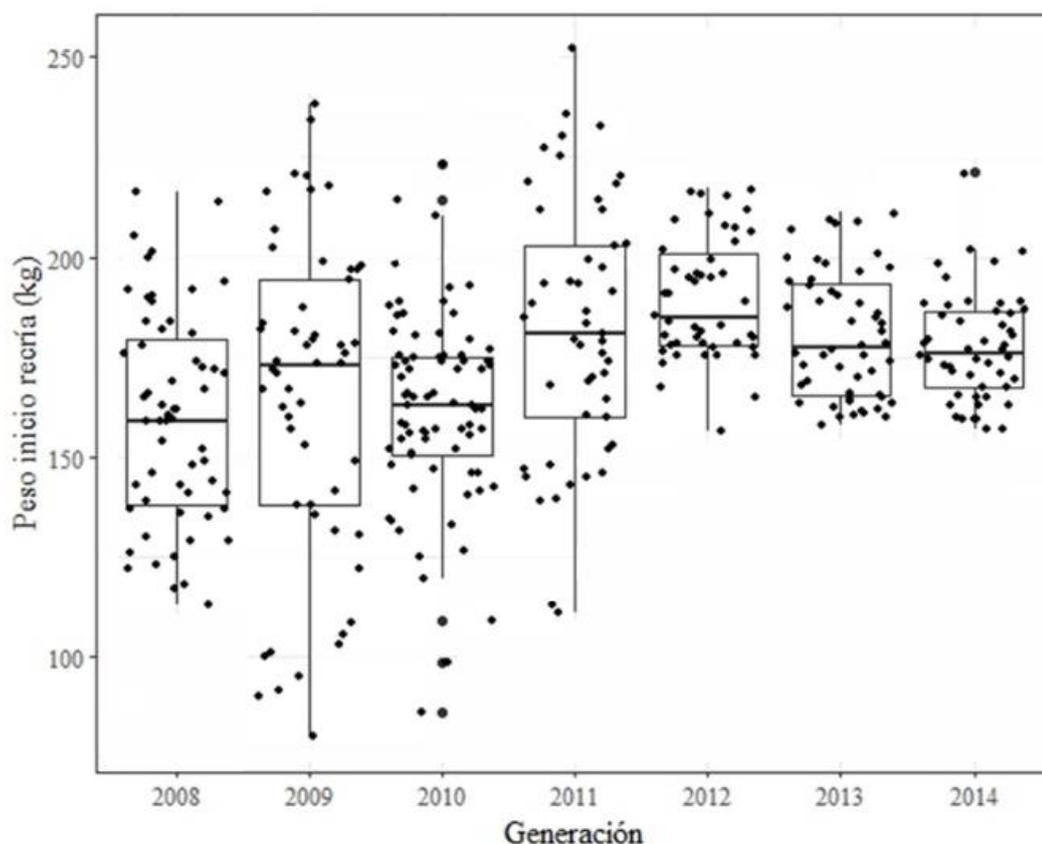
VARIABLES DESCRIPTIVAS (edad y peso al destete (kg), edad y peso al inicio del servicio (kg), ganancia media diaria (kg/día) durante la recría, preñez al primer servicio (%), preñez en los primeros 30 días del primer servicio (%), distocias (%), preñez al segundo servicio (%) y vaquillonas que lograron su quinto parto (%)) de las hembras que ingresaron al programa de entore precoz, de la generación 2008 a la 2014 (media  $\pm$  DE).

Generación	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	(n = 59)	(n = 53)	(n = 77)	(n = 49)	(n = 47)	(n = 52)	(n = 50)
Edad inicio recría (meses)	5,7 $\pm$ 0,9	5,3 $\pm$ 0,6	6,2 $\pm$ 0,8	6,5 $\pm$ 0,6	6,7 $\pm$ 0,7	6,2 $\pm$ 0,5	5,9 $\pm$ 0,5
Peso inicio recría (kg)	160 $\pm$ 26	164 $\pm$ 40	161 $\pm$ 25	182 $\pm$ 32	189 $\pm$ 15	180 $\pm$ 15	177 $\pm$ 13
GMD recría (kg/día)	0,777 $\pm$ 0,11	0,599 $\pm$ 0,11	0,917 $\pm$ 0,12	0,709 $\pm$ 0,08	0,744 $\pm$ 0,08	0,701 $\pm$ 0,08	0,931 $\pm$ 0,10
Edad inicio servicio (meses)	13,6 $\pm$ 0,9	13,0 $\pm$ 0,6	14,1 $\pm$ 0,8	14,2 $\pm$ 0,7	14,1 $\pm$ 0,6	14,2 $\pm$ 0,5	13,9 $\pm$ 0,5
Peso inicio servicio (kg)	331 $\pm$ 31	317 $\pm$ 50	372 $\pm$ 38	345 $\pm$ 33	357 $\pm$ 23	332 $\pm$ 24	378 $\pm$ 27
Preñez primer servicio (%)	84,7	64,2	80,5	83,7	51,1	59,6	90,0
Preñez < 30 días (%)	79	61	91	72	83	77	81
Distocias (%)	27,0	20,5	29,0	5,1	4,3	6,6	0,0
Preñez segundo servicio* (%)	80,0	80,6	80,0	91,6	95,6	96,5	92,1
5.º parto (%)	32,2	26,4	15,5	36,7	31,9	32,7	36,0

Nota. GMD = ganancia media diaria; \* = preñez vaca primera cría.

La edad promedio al inicio de la recría de las 387 terneras bajo evaluación fue de  $6 \pm 0,8$  meses, con una gran variabilidad entre generaciones (tabla 2).

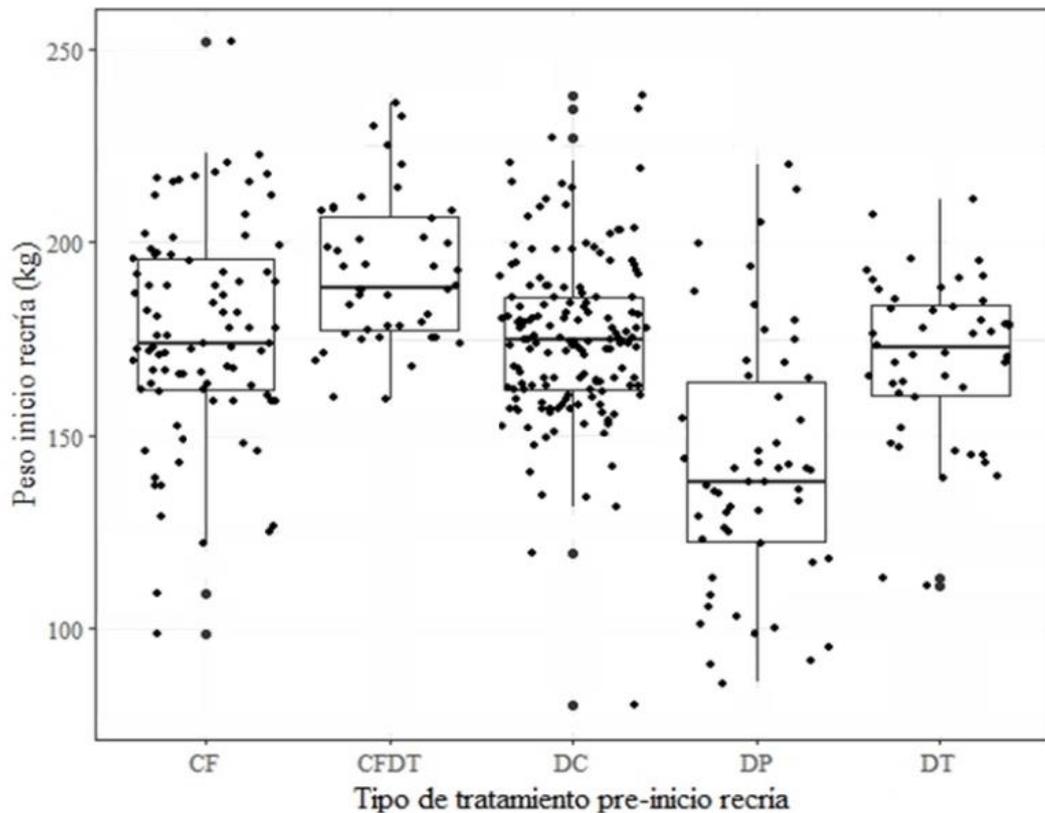
El peso promedio al inicio de la recría fue de  $172 \pm 28$  kg, apreciándose una mayor variabilidad dentro de las generaciones provenientes de los primeros años de evaluación (tabla 2; figura 2).



**Figura 2**

Diagrama de dispersión y boxplot del peso vivo al inicio de la recría en función de la generación evaluada.

Si se analiza el peso vivo al destete definitivo, momento en que inicia la recría de las terneras, teniendo en cuenta los tratamientos aplicados previo a dicho evento, los pesos promedio logrados fueron de  $176,5 \pm 28$  kg en las que accedieron al CF,  $192 \pm 19$  kg en las que se aplicó CFDT,  $175 \pm 21$  kg en las terneras de DC,  $141,8 \pm 33$  kg en las de DP y  $170 \pm 21$  kg en las que se aplicó DT (figura 3).



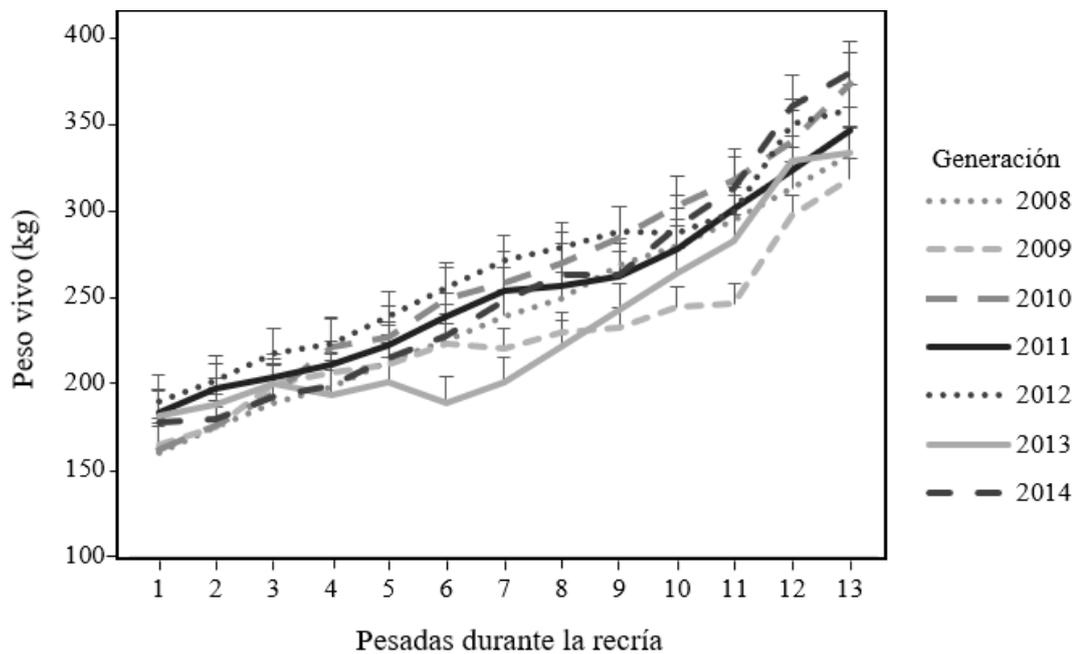
**Figura 3**

Diagrama de dispersión y boxplot del peso vivo al inicio de la recría en función del tipo de tratamiento aplicado pre-destete definitivo (CF = *creep feeding*; CFDT = *creep feeding* asociado a destete temporario; DC = destete convencional; DP = destete precoz; DT = destete temporario).

La tasa de GMD durante el período de recría de las 387 terneras fue de  $0,777 \pm 0,150$  kg, observándose una gran variabilidad entre y dentro generaciones sobre dicha variable (tabla 2).

Considerando las trayectorias de ganancia de peso durante la recría por generación, se puede observar que tuvo una tendencia creciente pero no lineal, producto de un muestreo de 7 años de registros y de distintos manejos aplicados, que determinaron una gran variabilidad de pesos al inicio, durante y al final del período de recría (figura 4). Para evaluar el período de recría, se ajustaron distintas regresiones (lineales, cuadráticas y cúbicas), las cuales a su vez se categorizaron según la *condición de*

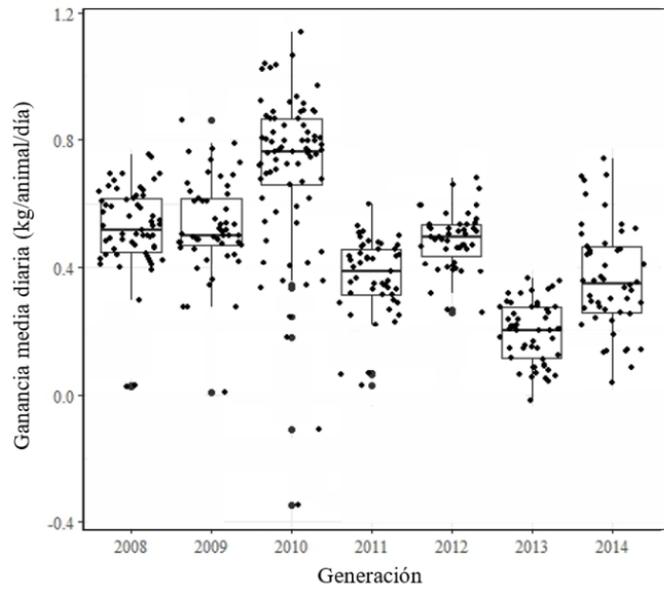
preñez al primer servicio. Se detectó una gran variabilidad y diversos patrones de trayectorias de ganancia de peso entre generaciones. El ajuste de una regresión cúbica categorizada por *condición de preñez* por generación muestra que el comportamiento de la tasa de GMD no tiene relación con la *condición de preñez*, ya que ocurre un solapamiento de ambas curvas en todos los años evaluados (anexo 2).



**Figura 4**

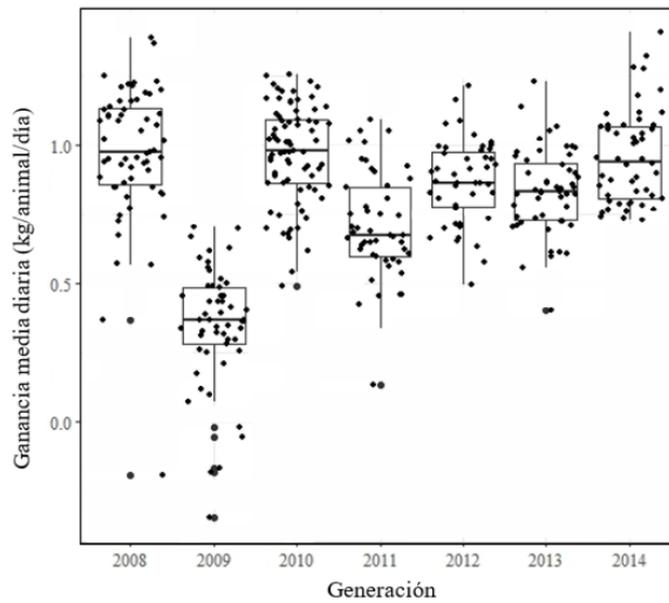
Evolución del peso vivo durante el período de recría en función de las sucesivas pesadas (1-13), categorizado por la generación.

Teniendo en cuenta los 3 subperíodos definidos para analizar la GMD durante la recría, estos resultan en tasas de GMD promedio de  $0,472 \pm 0,226$  kg,  $0,819 \pm 0,282$  kg y  $0,976 \pm 0,217$  kg para los subperíodos 1 al 3, respectivamente. Las tasas de GMD se pueden observar en las figuras 5, 6 y 7 para cada generación, donde se concluye que existió una alta variabilidad dentro y entre generaciones.



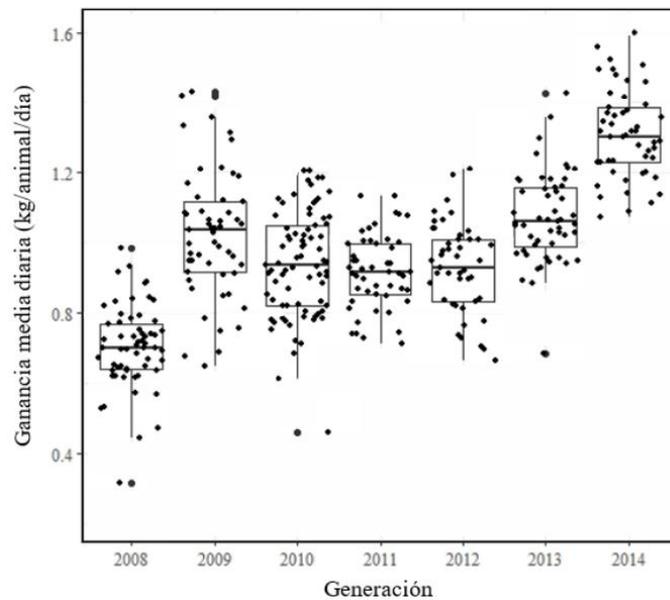
**Figura 5**

Diagrama de dispersión y boxplot de la tasa de ganancia media diaria de peso vivo del primer subperíodo de la recría (fines de marzo a fines de junio) en función de la generación evaluada.



**Figura 6**

Diagrama de dispersión y boxplot de la tasa de ganancia media diaria de peso vivo del segundo subperíodo de la recría (fines de junio a fines de agosto) en función de la generación evaluada.



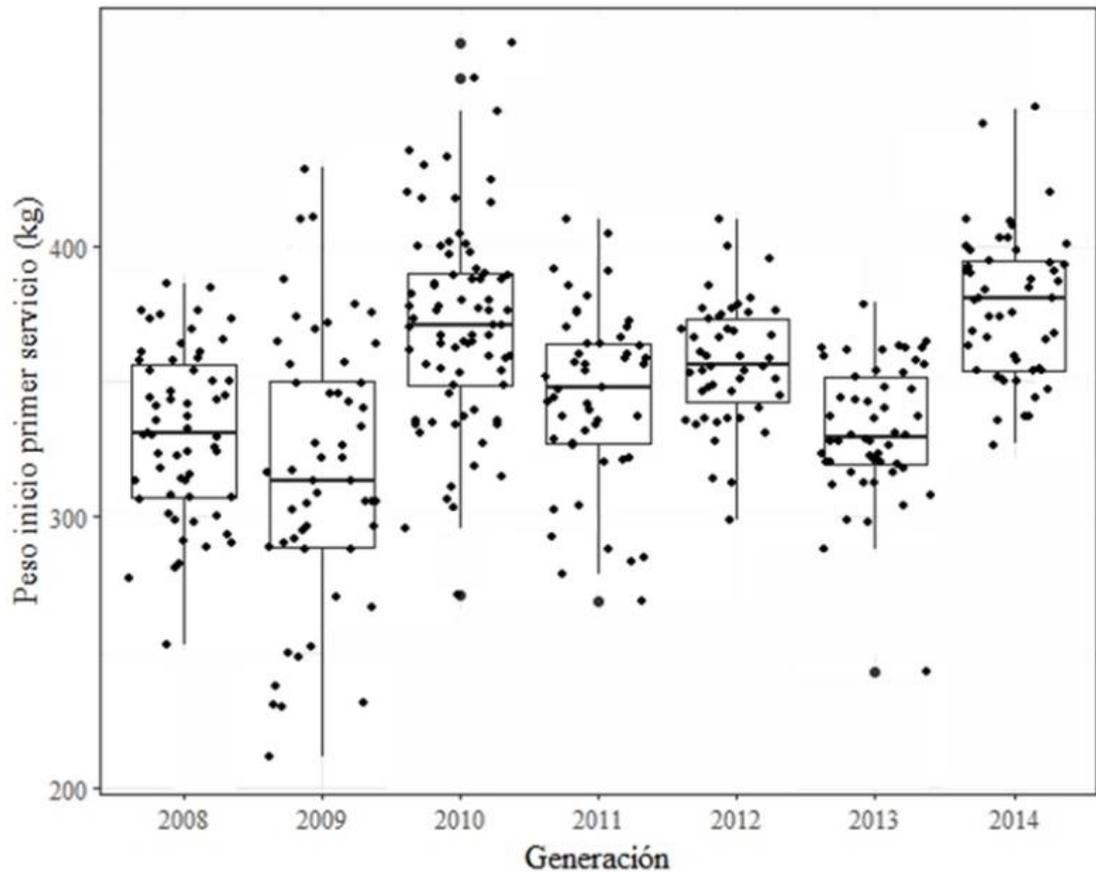
**Figura 7**

Diagrama de dispersión y boxplot de la tasa de ganancia media diaria de peso vivo del tercer subperíodo de la recría (fines de agosto a mediados de noviembre) en función de la generación evaluada.

Al evaluar las trayectorias de ganancia en función de la *condición de preñez*, la tasa de GMD para el grupo de vaquillonas preñadas fue de 0,792 kg/animal/día, en tanto que para el grupo de las falladas fue de 0,733 kg/animal/día.

El peso al inicio del primer servicio de la totalidad de las terneras bajo evaluación fue de  $348 \pm 40$  kg, con una edad de  $417 \pm 23$  días. La edad al primer servicio, si bien fue variable, se situó en 14 meses, en promedio, salvo la generación 2008, que se sirvió inicialmente más temprano que las restantes (tabla 2).

El peso de las vaquillonas al comienzo del servicio presentó una mayor variabilidad en las primeras generaciones evaluadas (tabla 2; figura 8). Posteriormente se puede observar una reducción de dicha variabilidad, producto de mejores ajustes en los manejos realizados para llevar a cabo servicios precoces.



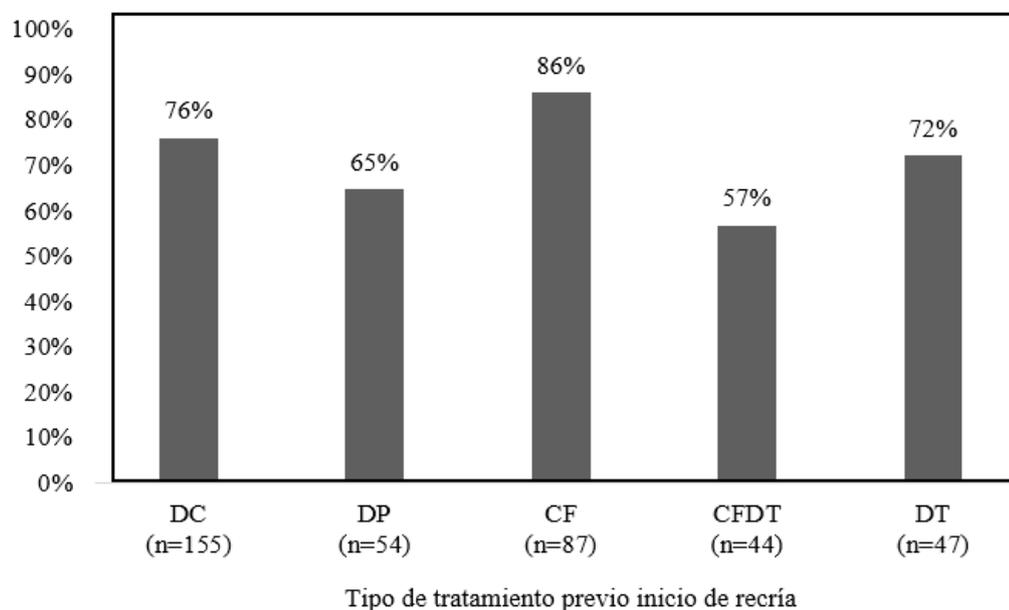
**Figura 8**

Diagrama de dispersión y boxplot del peso vivo al inicio del primer servicio precoz en función de la generación evaluada.

Si bien el peso en los sucesivos servicios no fue una variable objetivo a analizar, resulta relevante destacar que fue en promedio  $437 \pm 45$  kg,  $450 \pm 47$  kg,  $471 \pm 43$  kg y  $495 \pm 43$  kg desde el segundo al quinto entore, respectivamente. Se observa un incremento constante y sucesivo del peso al inicio del entore hasta los 6 años de vida de las hembras bajo seguimiento.

El porcentaje de preñez logrado al primer servicio precoz varió de 51 % a 90 % entre generaciones (tabla 2), siendo más bajo en las generaciones 2009, 2012 y 2013.

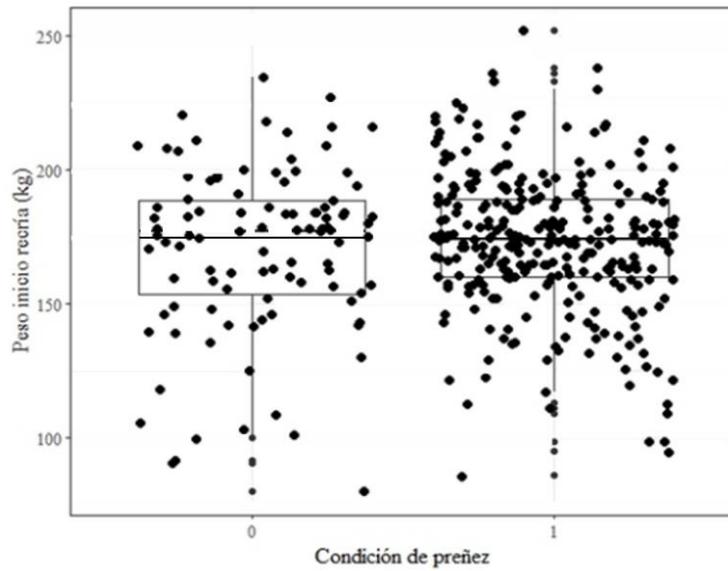
Cuando se consideraron dentro del análisis descriptivo los tratamientos aplicados previo al destete definitivo, se encontró que el porcentaje de preñez en terneras que habían accedido al CFDT o a las que se les había aplicado DP eran más bajos que el resto (57 % y 65 %, respectivamente, figura 9). Al reagrupar los tratamientos en función del acceso *ad libitum* (CF, DC) o restricción parcial a la leche materna (CFDT, DP, DT), los porcentajes de preñez fueron de 80 % y 65 %, respectivamente.



**Figura 9**

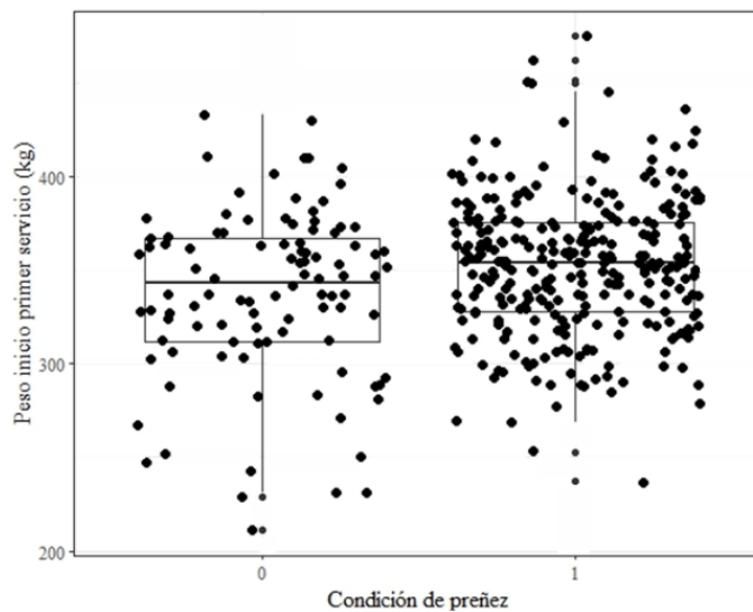
Proporción de animales según *condición de preñez al primer servicio precoz* en función del tratamiento aplicado previo al destete definitivo (DC = destete convencional; DP = destete precoz; CF = *creep feeding*; CFDT = *creep feeding* asociado a destete temporario; DT = destete temporario).

Si se agrupan la totalidad de terneras bajo evaluación en función de su *condición de preñez*, el peso al momento del destete definitivo fue similar entre grupos (preñadas:  $173 \pm 26$  kg y falladas:  $170 \pm 32$  kg; figura 10). El peso al inicio del primer servicio fue 15 kg mayor en el grupo de vaquillonas preñadas ( $352 \pm 37$  kg) respecto a las falladas ( $337 \pm 45$  kg; figura 11).



**Figura 10**

Diagrama de dispersión y boxplot del peso vivo al inicio de la recría en función de la condición de preñez (0 = fallada; 1 = preñada) al primer servicio.

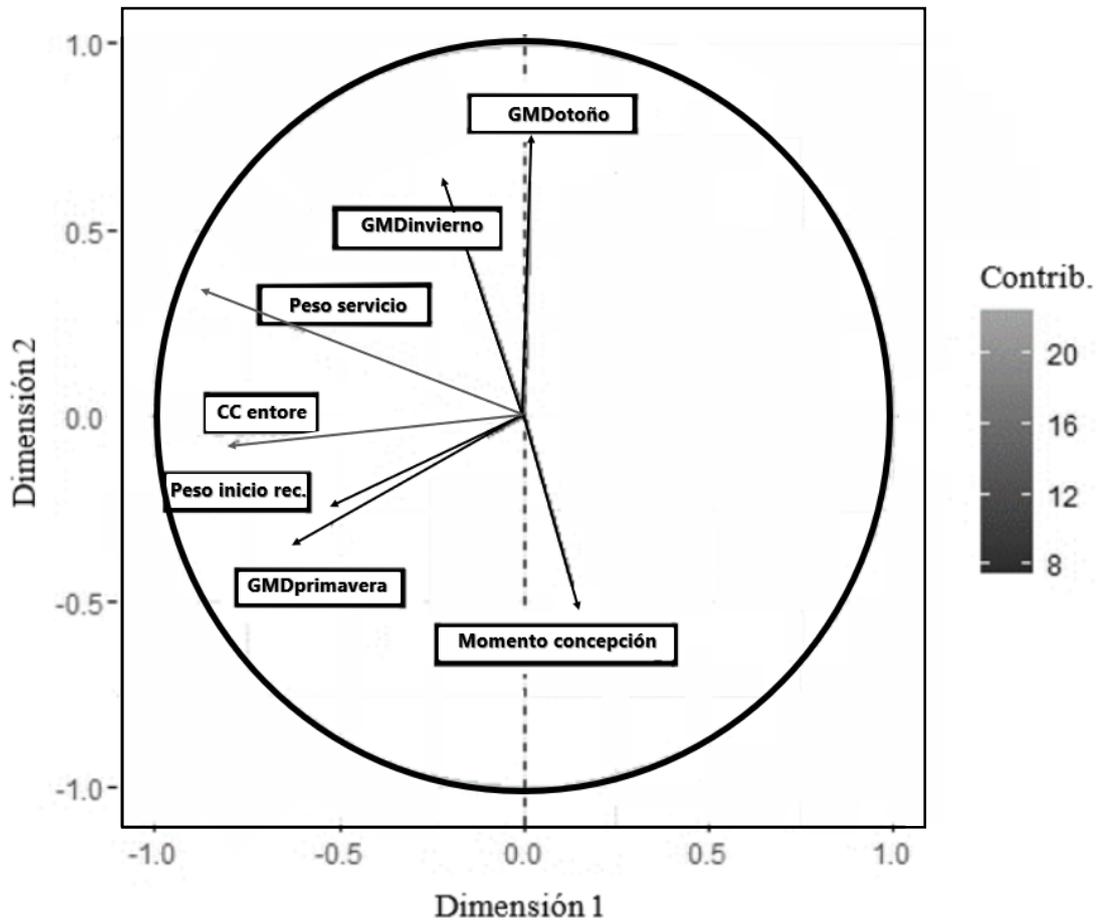


**Figura 11**

Diagrama de dispersión y boxplot del peso vivo al inicio del primer servicio precoz en función de la condición de preñez (0 = fallada; 1 = preñada).

Respecto al porcentaje de distocias al primer servicio, se puede observar que en las primeras 3 generaciones evaluadas hubo una mayor incidencia, comparado con las generaciones siguientes (tabla 2).

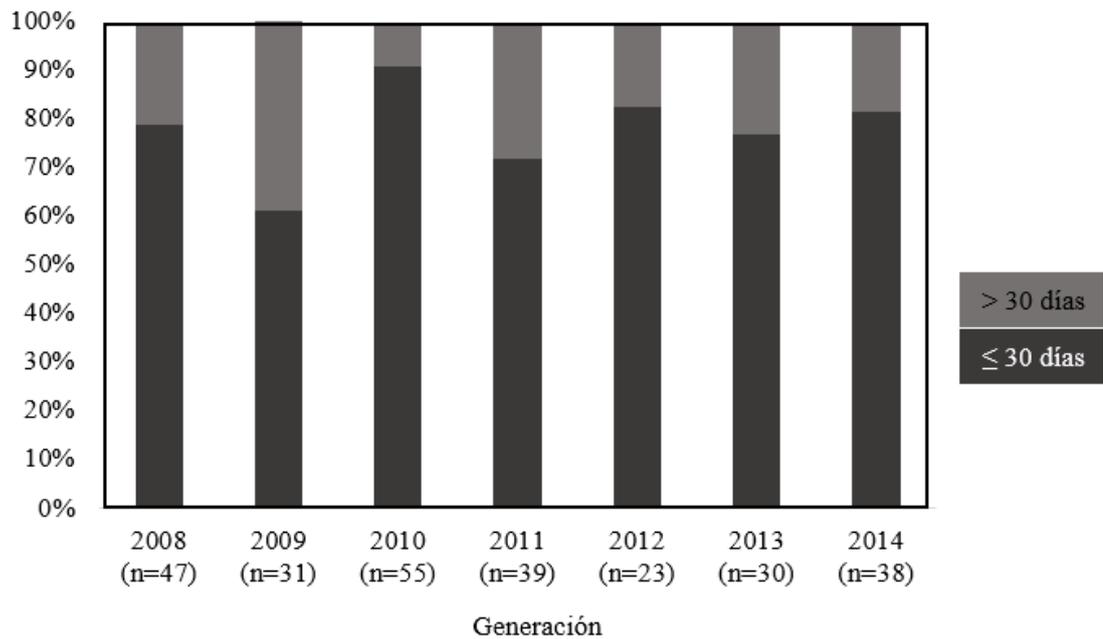
El *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* también fue una variable explorada inicialmente mediante el análisis descriptivo de los datos y, en el marco de dicho análisis, se realizó un PCA. Los resultados se presentan en la figura 12, donde la posición de los vectores indica la existencia de una relación negativa entre las tasas de GMD logradas en los primeros dos subperíodos de recría con el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz*. También se puede observar una relación negativa del peso al primer servicio con 13-15 meses de edad con la ocurrencia de la concepción. Las demás variables consideradas no tuvieron relación con el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz*.



**Figura 12**

Análisis de componentes principales (PCA) del *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* respecto a variables productivas de interés (contrib. = contribución de una variable a un componente principal determinado (en porcentaje); GMDotoño = GMD subperíodo 1; GMDinvierno = GMD subperíodo 2; GMDprimavera = GMD subperíodo 3; Peso inicio rec. = peso inicio recría; CC entore = condición corporal al entore; momento concepción = *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz*).

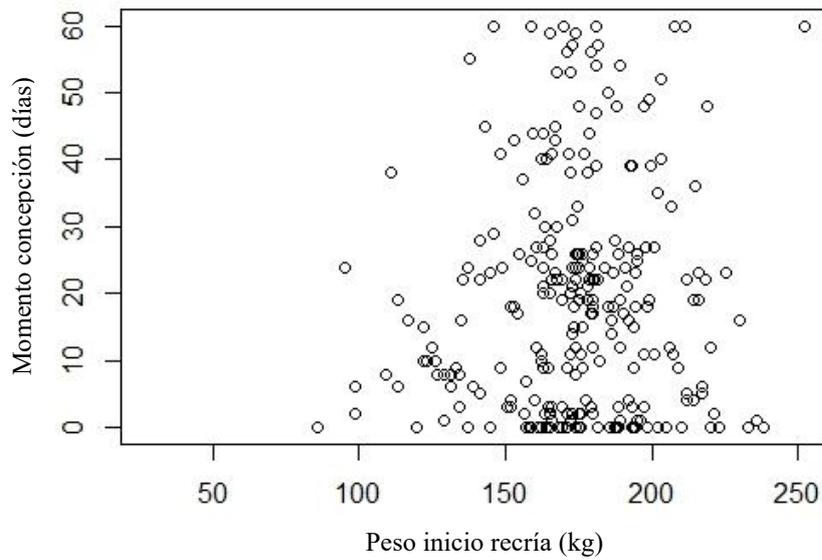
La variable momento de concepción se categorizó en «hasta 30 días» y «luego de 30 días» de iniciado el servicio. De los datos analizados surge que la mayor proporción de las terneras de todas las generaciones evaluadas lograron preñarse antes o a los 30 días del primer servicio con 13-15 meses (tabla 2; figura 13).



**Figura 13**

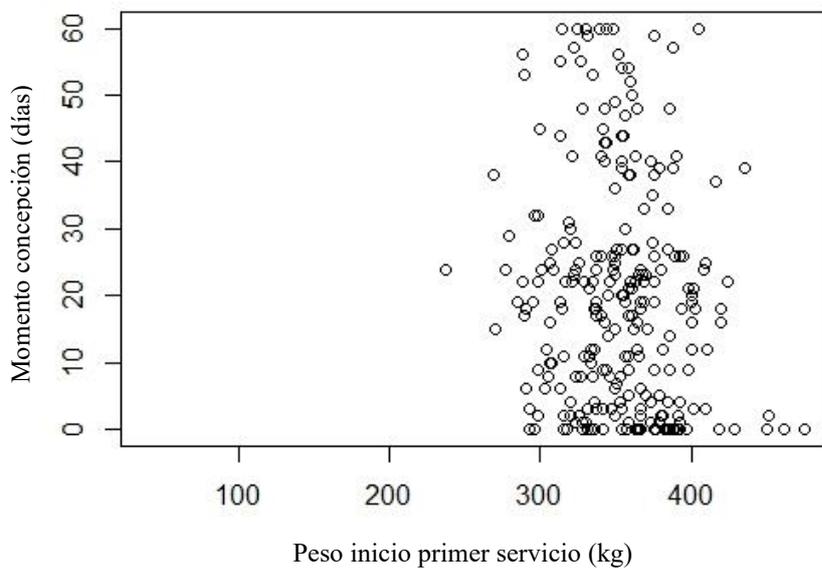
Proporción de animales según *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz*, categorizado en «hasta 30 días» ( $\leq 30$  días) y «luego de 30 días» ( $> 30$  días), en función de la generación evaluada.

En forma complementaria al análisis descriptivo de la variable *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz*, de las figuras 14 a la 18 se puede concluir que no presentó una relación clara entre las variables productivas de interés con dicha variable de respuesta.



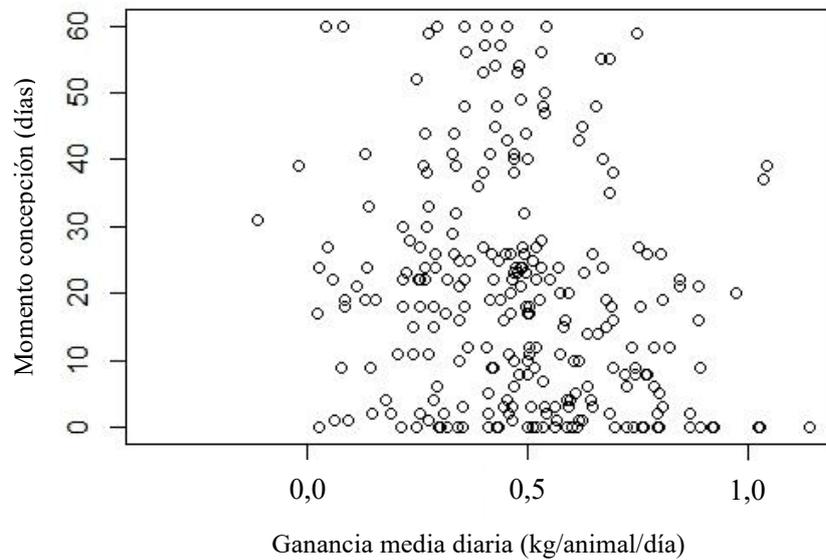
**Figura 14**

*Momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz en función del peso al inicio de la recria.*



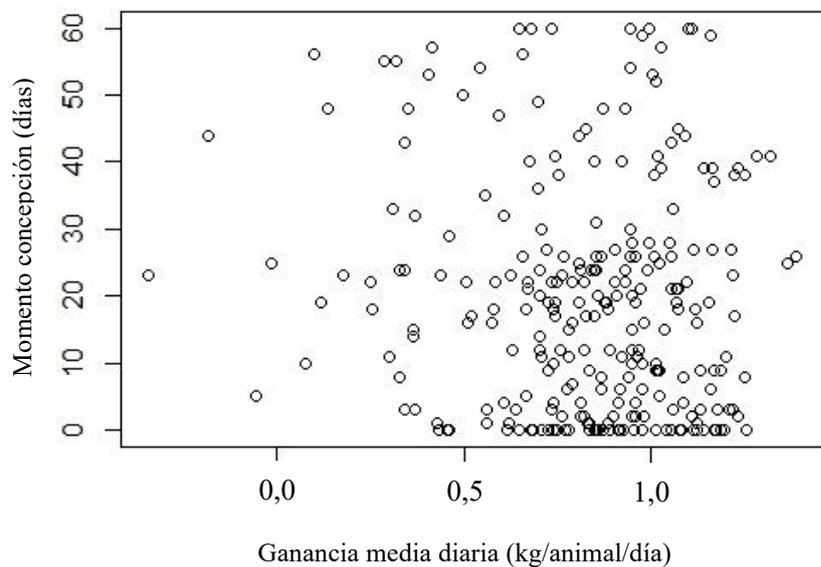
**Figura 15**

*Momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz en función del peso al inicio del primer servicio precoz.*



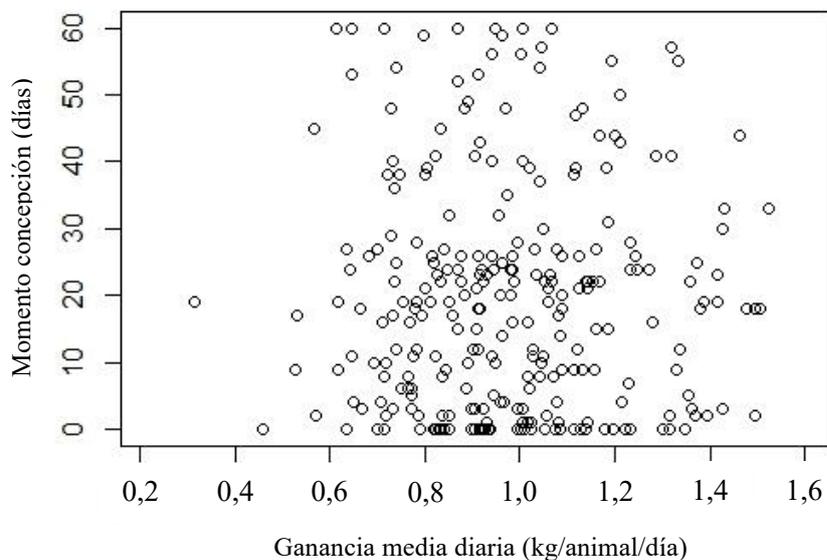
**Figura 16**

*Momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz en función de la ganancia media diaria de peso vivo del subperíodo 1 de la recria.*



**Figura 17**

*Momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz en función de la ganancia media diaria de peso vivo del subperíodo 2 de la recria.*

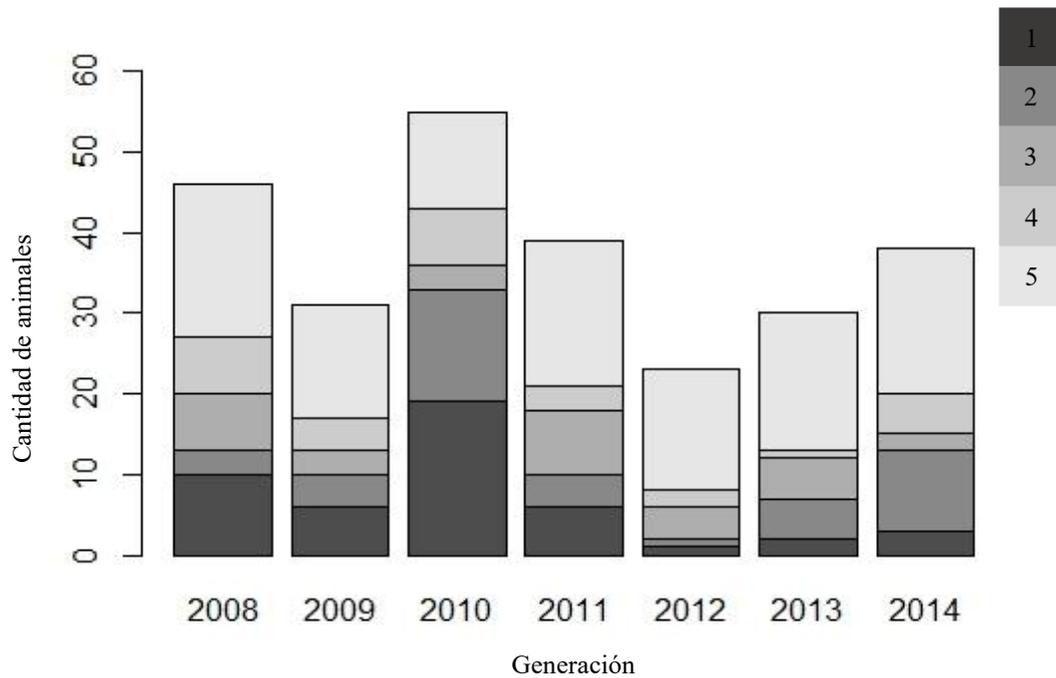


**Figura 18**

*Momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz en función de la ganancia media diaria de peso vivo del subperíodo 3 de la recría.*

Cuando se evalúan las trayectorias de ganancia en función del *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz*, la tasa de GMD para el grupo de «hasta 30 días» fue de 0,492, 0,839 y 0,975 kg/animal/día y para el grupo de «más de 30 días» fue de 0,435, 0,795 y 0,985 en los subperíodos 1 al 3, respectivamente. Si se tiene en cuenta el tiempo total de recría, la tasa de GMD fue de 0,800 y 0,750 kg/animal/día para los grupos «hasta 30 días» y «más de 30 días», respectivamente.

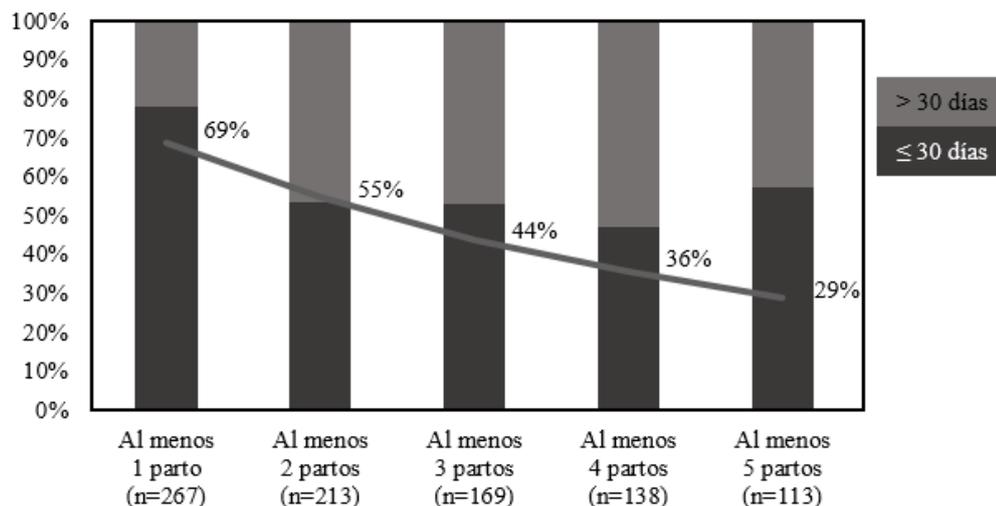
Con relación a la última variable productiva de interés asociada a la *permanencia en el rodeo de cría* por 5 partos sucesivos, de las 387 terneras, el 29 % alcanzó su quinto parto, por lo que se logró hacer un seguimiento total de 113 hembras. Es decir, de los 387 animales evaluados, 47 paren un único ternero, 41 una segunda cría, 32 una tercera cría, 29 una cuarta cría y 113 paren un total de 5 crías. En la tabla 2 y figura 19 se visualiza la proporción de partos alcanzados por generación evaluada.



**Figura 19**

Cantidad de hembras según número de partos logrados (1, 2, 3, 4 y 5) en función de la generación evaluada.

En la figura 20 se puede observar que no parece existir una relación entre el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* y la *permanencia en el rodeo* en función de los partos sucesivos. Independientemente del número de partos, la mayor proporción de animales logran preñarse antes o a los 30 días en su primer servicio con 13-15 meses, permaneciendo hasta el quinto parto incluso hembras que se preñaron luego de los 30 días en su primer servicio precoz.

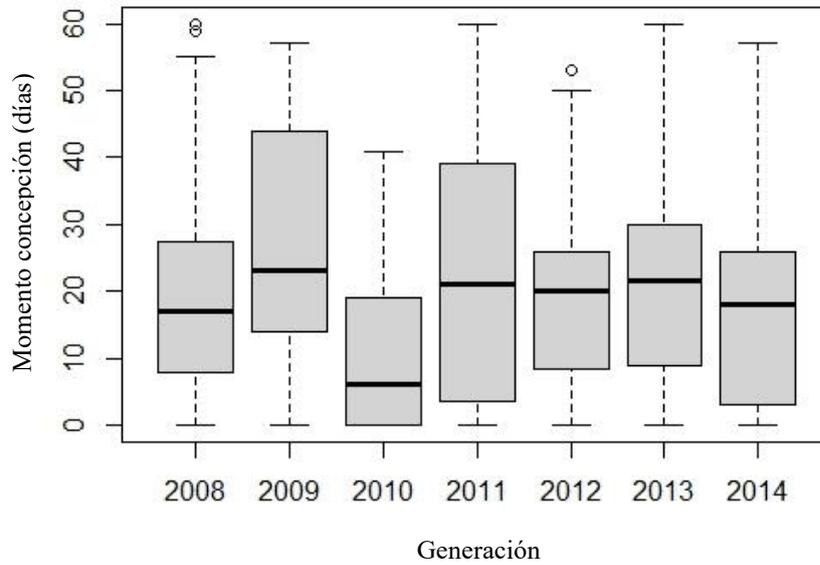


**Figura 20**

Proporción de animales según el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz*, categorizado en «hasta 30 días» ( $\leq 30$  días) y «luego de 30 días» ( $> 30$  días), en función del número de partos alcanzados.

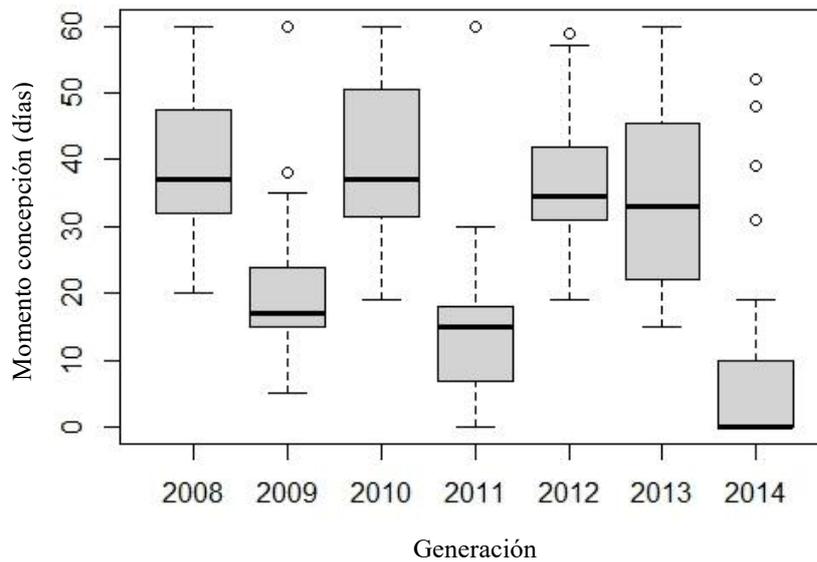
Cuando se analiza el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* y en los posteriores servicios (figura 21 a la 25), se puede observar que existe gran variabilidad dentro y entre generaciones para las variables en cuestión.

La mayor proporción de hembras de todas las generaciones concibieron antes o a los 30 días al primer servicio precoz, por lo que no se observó una tendencia clara a que dicho comportamiento se mantenga a través de los sucesivos servicios. Tampoco se encontró la existencia de relaciones entre dicha variable de respuesta y las demás variables productivas de interés sobre la *permanencia en el rodeo de cría*.



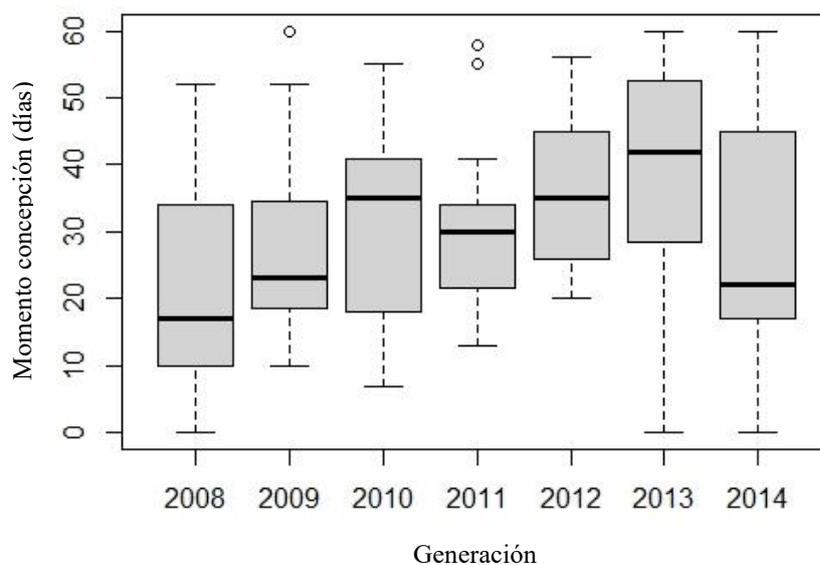
**Figura 21**

Boxplot del *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* en función de la generación.



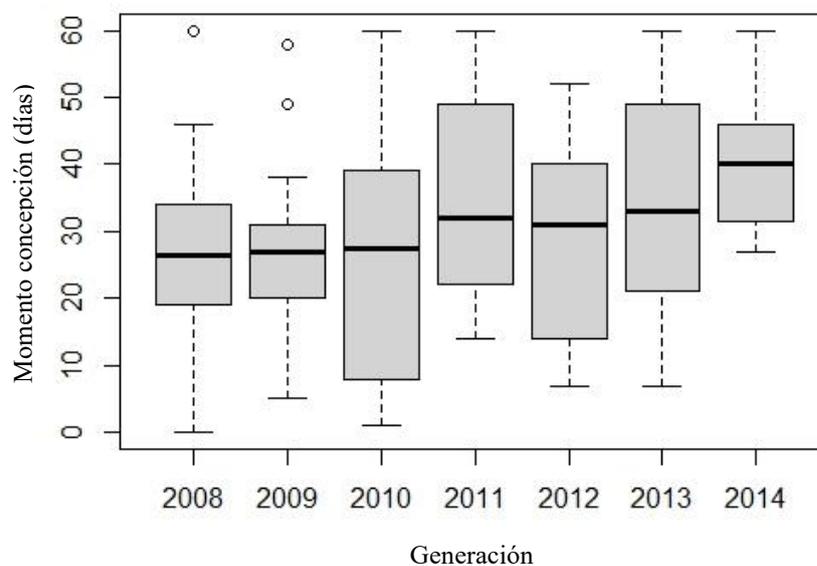
**Figura 22**

Boxplot del *momento de concepción en la estación reproductiva al segundo servicio de las hembras bajo evaluación* en función de la generación.



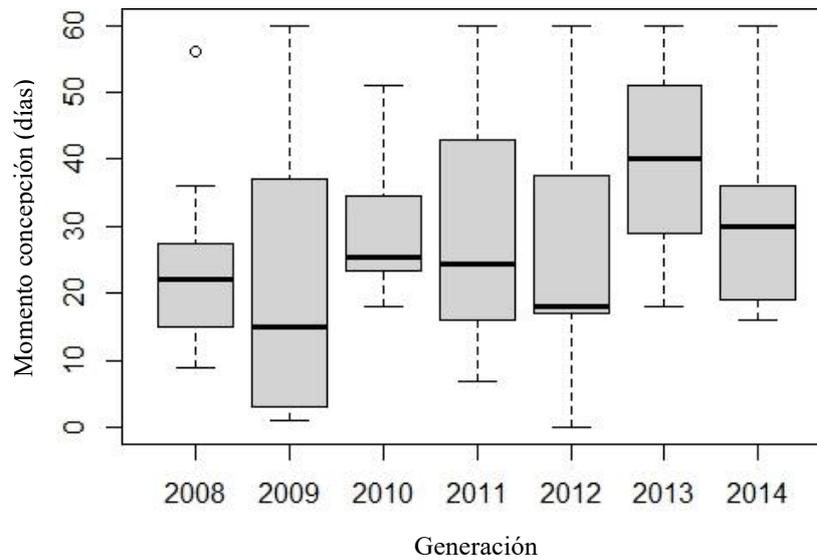
**Figura 23**

Boxplot del momento de concepción en la estación reproductiva al tercer servicio de las hembras bajo evaluación en función de la generación.



**Figura 24**

Boxplot del momento de concepción en la estación reproductiva al cuarto servicio de las hembras bajo evaluación en función de la generación.



**Figura 25**

Boxplot del momento de concepción en la estación reproductiva al quinto servicio de las hembras bajo evaluación en función de la generación.

### 3.2. Variable de respuesta: *preñez al primer servicio precoz*

#### 3.2.1. Efectos del peso al inicio de la recría y del peso al inicio del primer servicio

De la regresión logística binomial ajustada para la *condición de preñez al primer servicio precoz* con el peso al inicio de la recría y peso al primer servicio como efectos fijos y generación como aleatorio (modelo 1), se observó un efecto significativo y positivo únicamente para la variable predictora asociada al peso al primer servicio sobre la probabilidad de preñez ( $p < 0,05$ ) (tabla 3). También se analizó la misma regresión logística binomial adicionando el peso al nacimiento, pero los resultados obtenidos fueron similares a los presentados. En adición, se agregó al modelo el efecto de la edad al inicio de la recría y la edad al primer servicio precoz como covariables, pero el estimador AIC no indicó una mejora significativa del valor predictivo de la regresión.

**Tabla 3**

Resultado del análisis estadístico del modelo 1 asociado a la regresión logística binomial para *preñez al primer servicio precoz* en función del peso al inicio de la recría y peso al primer servicio, con la generación como efecto aleatorio.

	Estimador	Error estándar	Valor Z	Pr(> Z )
Intercepto	-2,2260	1,2465	-1,786	0,0741
Peso inicio recría	-0,0014	0,0069	-0,203	0,8394
Peso al primer servicio	0,0103	0,0052	1,982	0,0474*

Nota. \* = Valores significativos (p-valor < 0,05).

El peso al primer servicio surge como la variable determinante de la probabilidad de preñez en servicios precoces, mientras que los pesos al destete definitivo no serían definitorios de dicha condición cuando se parte de pesos de  $172 \pm 28$  kg al inicio de la recría. Si bien se podría argumentar la presencia de efectos confundidos en la predicción formulada —debido a que las variables productivas consideradas se encuentran correlacionadas ( $r = 0,62$ )—, el valor del VIF (2,19) indica la existencia de una correlación leve entre variables, pero que no tiene una incidencia problemática sobre las predicciones del modelo.

### 3.2.2. Efecto de las trayectorias de crecimiento durante la recría

Al considerar las tasas de GMD por subperíodo de recría como efectos fijos y la generación como efecto aleatorio sobre la *condición de preñez al primer servicio precoz* (modelo 2), del análisis estadístico de la regresión logística binomial surge que ninguna variable predictora tiene efecto significativo sobre la probabilidad de *preñez al primer servicio* con 13-15 meses de edad (tabla 4).

**Tabla 4**

Resultado del análisis estadístico del modelo 2 asociado a la regresión logística binomial para *preñez al primer servicio precoz* en función de las trayectorias de ganancia de peso por subperíodo de la recría, con la generación como efecto aleatorio.

	Estimador	Error estándar	Valor Z	Pr(> Z )
Intercepto	-0,4505	1,0121	-0,445	0,656
GMDotoño	0,4803	0,7202	0,667	0,505
GMDinvierno	0,2807	0,5848	0,480	0,631
GMDprimavera	1,1519	0,7807	1,475	0,140

Nota. GMDotoño = GMD del primer subperíodo de la recría; GMDinvierno = GMD del segundo subperíodo de la recría; GMDprimavera = GMD del tercer subperíodo de la recría.

### 3.2.3. Efecto de manejos aplicados previo al inicio de la recría

El modelo 3 representa una regresión logística binomial que considera el efecto fijo de los tipos de tratamientos aplicados previo al inicio de la recría sobre la *condición de preñez al primer servicio precoz*, teniendo en cuenta el efecto año como aleatorio. Su análisis estadístico indica un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) y positivo del tratamiento asociado a CF, y significativo ( $p < 0,05$ ) y negativo de los tratamientos CFDT y DP, y una tendencia ( $p = 0,07$ ) negativa del DT sobre la probabilidad de *preñez al primer servicio* con 13-15 meses de edad ( $p < 0,05$ ).

Teniendo en cuenta la existencia de distintos pesos al inicio de la recría, se procedió a ingresar al modelo 3 dicha variable productiva como covariable, y se generó el modelo 4. Si bien desaparece el efecto significativo del CF, se mantiene un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) y negativo de los tratamientos asociados a CFDT y del DP, y una tendencia ( $p = 0,07$ ) negativa del DT sobre la probabilidad de *preñez* con 13-15 meses de edad (tabla 5).

**Tabla 5**

Resultado del análisis estadístico del modelo 4 asociado a la regresión logística binomial para *preñez al primer servicio precoz* en función de tratamientos aplicados previo al destete definitivo, con el peso al inicio de la recria como covariable y generación como efecto aleatorio.

	Estimador	Error estándar	Valor Z	Pr(> Z )
Intercepto	0,8399	1,0205	0,8230	0,4104
CFDT	-1,4300	0,5187	-2,7564	0,0058**
DC	-0,6145	0,3986	-1,5414	0,1231
DP	-1,1141	0,4759	-2,3410	0,0192*
DT	-0,9536	0,5377	-1,7733	0,0761
Peso inicio recria (COV)	0,0058	0,0052	1,1253	0,2604

Nota. \* = valores significativos (p-valor < 0,05); \*\* = valores significativos (p-valor < 0,01); COV = covariable.

Bajo dicho contexto, con el objetivo mejorar el análisis, se procedió a reagrupar los animales en 2 categorías para ajustar el tamaño muestral. Se ajustó el modelo 5, una regresión logística binomial que considera el efecto fijo de los tipos de tratamientos predestete definitivo sobre la *condición de preñez al primer servicio precoz*, con el peso al inicio de la recria como covariable y el efecto año como aleatorio. Sin embargo, se vuelven a obtener resultados similares al análisis estadístico anterior, con un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) y negativo del grupo que tiene una restricción parcial a la leche materna sobre la probabilidad de *preñez al primer servicio* con 13-15 meses (tabla 6). Es decir, se mejoró el tamaño de muestra y se ingresa como covariable el peso al inicio de la recria para quitar el efecto de diferencias de peso producto de tratamientos aplicados e igualmente se mantienen los efectos encontrados previamente.

**Tabla 6**

Resultado del análisis estadístico del modelo 5 asociado a la regresión logística binomial para *preñez al primer servicio precoz* en función de tratamientos aplicados previo al destete definitivo categorizados, con el peso al inicio de la recría como covariable y generación como efecto aleatorio.

	Estimador	Error estándar	Valor Z	Pr(> Z )
Intercepto	0,5172	0,9078	0,570	0,5688
APLM	-0,7678	0,2719	-2,823	0,0047**
Peso inicio recría (COV)	0,0054	0,0048	1,128	0,2594

Nota. \*\* = valores significativos (p-valor < 0,001); APLM = acceso parcial a la leche materna; COV = covariable.

### **3.3. Variable de respuesta: *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz***

#### **3.3.1. Efecto de las trayectorias de crecimiento durante la recría y peso al inicio del primer servicio**

La otra variable productiva bajo estudio es el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* con 13-15 meses. Del ajuste de regresiones lineales individuales para determinar el efecto de las variables productivas de interés sobre dicha variable de respuesta se encontró i) un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) y negativo de la GMD del primer subperíodo de la recría, ii) una tendencia a la significancia ( $p = 0,09$ ) y negativa del segundo subperíodo de la recría y iii) un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) y negativo del peso al primer servicio. Ocurre una reducción del momento de concepción de 1,4 y 0,6 días cada 100 gramos adicionales de peso vivo logrados en el primer y segundo subperíodo de la recría y una reducción de 0,7 días cada 10 kg adicionales en el peso al primer servicio (modelos 6, 7 y 8 de las tablas 7, 8 y 9, respectivamente).

**Tabla 7**

Resultado del análisis estadístico del modelo 6 asociado a la regresión lineal simple del *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* en función de la GMD del primer subperíodo de recría.

	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr(> t )
Intercepto	26,373	2,443	10,797	<2e-16***
GMDotoño	-14,367	4,619	-3,111	0,00207**

Nota. \*\*\* = valores significativos (p-valor < 0,001); \*\* = valores significativos (p-valor < 0,01); GMDotoño = GMD del primer subperíodo de la recría.

**Tabla 8**

Resultado del análisis estadístico del modelo 7 asociado a la regresión lineal simple del *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* en función de la GMD del segundo subperíodo de recría.

	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr(> t )
Intercepto	24,595	3,197	7,692	2,8e-13***
GMDinvierno	-6,165	3,644	-1,692	0,0919

Nota. \*\*\* = valores significativos (p-valor < 0,001); GMDinvierno = GMD del segundo subperíodo de la recría.

**Tabla 9**

Resultado del análisis estadístico del modelo 8 asociado a la regresión lineal simple del *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz* en función del peso al inicio del servicio.

	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr(> t )
Intercepto	43,513	10,131	4,295	2,46e-0,5***
Peso al primer servicio	-0,068	0,028	-2,384	0,0178*

Nota. \*\*\* = valores significativos (p-valor < 0,001); \* = valores significativos (p-valor < 0,05).

Adicionalmente, se ajustó el modelo 9, una regresión logística binomial para el momento de concepción en «hasta 30 días» y «luego de 30 días» del primer servicio precoz, en función del peso al inicio de la recría y del peso al inicio del primer servicio, con la generación como efecto aleatorio. Sin embargo, no se encontró un efecto significativo de ninguna de las variables predictoras evaluadas sobre la variable de respuesta. Bajo la misma lógica, para evaluar las trayectorias de GMD de cada subperíodo de la recría sobre el momento de concepción, se ajustó el modelo 10, pero tampoco se encontró un efecto significativo de ninguno de los predictores ingresados. Los resultados pueden deberse a que casi el 80 % de las hembras bajo seguimiento lograron preñarse dentro de los 30 días del primer servicio, lo que conlleva a no encontrar efectos significativos.

### **3.4. Variable de respuesta: *permanencia en el rodeo de cría***

#### **3.4.1. Efecto del momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz**

De la regresión logística binomial para la *permanencia en el rodeo* categorizada en forma parcial o total (modelo 11), se destaca que el momento de concepción al primer servicio precoz categorizado no es una variable que tenga un efecto significativo sobre la variable de respuesta en cuestión (tabla 10).

**Tabla 10**

Resultado del análisis estadístico del modelo 11 asociado a la regresión logística binomial para *permanencia en el rodeo* categorizada en función del momento de concepción al primer servicio categorizado, con la generación como efecto aleatorio.

	Estimador	Error estándar	Valor Z	Pr(> Z )
Intercepto	-0,1842	0,2197	-0,838	0,402
Momento de concepción al primer servicio (>30d)	-0,1169	0,3155	-0,370	0,711

Nota. >30 d = luego de los 30 días del primer servicio.

#### **4. Discusión**

La hipótesis de que la preñez de la vaquillona y el momento de concepción al entore precoz dependen del peso al inicio de la recría y de la trayectoria de crecimiento hasta el primer servicio precoz, factores que determinan el peso al inicio del servicio, fue parcialmente aceptada. A pesar de que el porcentaje de preñez estuvo asociado al peso al inicio del entore, no se observó un efecto significativo del peso al inicio de la recría ni de las tasas de ganancia posteriores. Respecto al impacto de mediano plazo de manejos predestete sobre el desempeño reproductivo de las vaquillonas, se observa que el CF tiene un efecto positivo; sin embargo, la restricción precoz o temporaria del amamantamiento, aún asociado al CF, tiene un efecto negativo sobre este. En adición, las tasas de ganancia de peso de otoño e invierno y el peso al inicio del servicio afectan el momento de la concepción. Sin embargo, la permanencia de la vaca en el rodeo por 5 partos sucesivos no depende del momento de preñez en su primer servicio con 13-15 meses, cuando la duración del mismo es corta.

Es importante destacar que, en este estudio, se utilizó una base de datos que incluyó 387 vaquillonas servidas con 13-15 meses de 7 generaciones diferentes, donde se observó una gran variabilidad en los pesos al inicio de la recría, en las tasas de GMD de peso vivo durante la recría, los pesos al servicio, la concepción temprana, la preñez, los porcentajes de distocias y el número de vacas que alcanzaron su quinto parto. La evolución positiva de todas las variables fue producto de ajustes realizados para mejorar la aplicación de la tecnología y simplificar el logro de los objetivos que la involucran. Ellas incluyen la base nutricional, la selección genética de los toros, la duración del período de servicios y la preñez temprana. Sin embargo, la variabilidad mencionada permite extraer algunas conclusiones relevantes que deben ser consideradas cuando se aplica la tecnología de entore precoz.

#### ***4.1. Preñez al primer servicio precoz***

##### **4.1.1. Peso al inicio de la recría y peso al inicio del primer servicio**

El peso al inicio del período de servicio fue la única variable predictora asociada a la probabilidad de preñez (tabla 3). Este resultado se encuentra en concordancia con las evidencias científicas disponibles, donde los mayores pesos alcanzados al servicio se vinculan a mayores porcentajes de preñez (Soares de Lima y Viñoles, 2010; Viñoles y Álvarez, 2017a). En la información analizada se observa que el peso al primer servicio del grupo de vaquillonas preñadas fue 15 kg superior al de las falladas.

La edad a la que las vaquillonas alcanzan la pubertad y producen su primer ternero influencia la eficiencia reproductiva del rodeo de cría (Burns et al., 1992), y el nivel nutritivo antes y luego del destete es lo que determina las trayectorias de crecimiento de las terneras y tiene efecto sobre el momento en que alcanzan la pubertad (Arije y Wiltbank, 1971; Gasser et al., 2006; Hall et al., 1995). Por tal motivo, la bibliografía disponible destaca el peso al destete definitivo y la nutrición en el período inmediato al destete como los dos factores fundamentales a tener en cuenta en la ejecución de un servicio precoz (Costa et al., 2008; Schillo et al., 1992).

En el presente trabajo no se encontró un efecto del peso al inicio de la recría sobre la probabilidad de preñez de las vaquillonas. El peso al inicio de la recría es relevante, ya que se encuentra inversamente relacionado con la edad a la pubertad y directamente relacionado con el peso al primer servicio (Ferrell, 1982; Granger et al., 1990; Soares de Lima y Montossi, 2021). El peso al destete se asocia al plano nutricional al que se sometieron el par vaca-ternera y que, si bien es una de las limitantes de la actividad criadora nacional (Quintans et al., 2004; Viñoles y Álvarez, 2017a), existen estrategias validadas y alternativas tecnológicas disponibles para corregirla y así acelerar la recría de las vaquillonas (Ferrell, 1982; Granger et al., 1990; Quintans et al., 2007; Soares de Lima y Montossi, 2021). Algunos ejemplos de técnicas de manejo que permiten incrementar los pesos al destete se asocian a una adecuada AF durante el ciclo de gestación y lactancia (Claramunt et al., 2020; Do Carmo et al., 2016; 2018; Gutiérrez et al., 2012). También se dispone de tecnologías validadas asociadas a la

suplementación diferencial de terneros al pie de la madre (Guggeri et al., 2014; Viñoles et al., 2012; 2013).

Se ha sugerido que, para servir vaquillonas con 13-15 meses de edad, se debe partir de terneras con 200 kg al destete (Morris y Smeaton, 2009; Viñoles y Álvarez, 2017a) y que deben acceder a altos planos nutricionales posdestete (Viñoles y Álvarez, 2017a). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente análisis permiten concluir que, aun partiendo de pesos al inicio de la recría en torno a 170-180 kg, los cuales son habitualmente alcanzados en condiciones comerciales en los sistemas criadores nacionales (Quintans et al., 2004; Viñoles y Álvarez, 2017a), también es posible efectuar servicios precoces.

#### 4.1.2. Trayectorias de crecimiento durante la recría

Las trayectorias de ganancia de peso en otoño, invierno y primavera no estuvieron asociadas a la probabilidad de preñez. El período de la recría depende del peso al destete, ya que, cuanto mayor sea el peso alcanzado en ese momento, menores serán las ganancias necesarias para lograr los pesos objetivos de servicio. Por lo tanto, el porcentaje de reemplazos anual utilizado en el rodeo también es determinante de la duración y el costo de producción de la recría, ya que si es un porcentaje bajo (12-14 %), se pueden seleccionar terneras cabeza de parición e incurrir en menos costos para llegar a los pesos adecuados de servicio a los 13-15 meses de edad (Bagley, 1993; Hughes, 2013). En tal sentido, trabajos nacionales reportan diferencias en la frecuencia con que se alcanza la pubertad en terneras Hereford cabeza de parición y terneras destetadas precozmente (Viñoles y Soares de Lima, 2010).

También el tiempo de recría depende del período posterior al destete, donde el manejo nutricional de las hembras determina que se logren servir inicialmente con 14, 18 o 24 meses (Costa et al., 2008; Schillo et al., 1992). Alimentaciones ricas en concentrados en el período juvenil posibilitan la aparición de la pubertad precoz (Rovira, 1974), condición necesaria para efectuar servicios con 13-15 meses de edad.

Sin embargo, bajo las condiciones establecidas de altos planos nutricionales, genética adecuada y manejos utilizados en el presente estudio, no se encontró un efecto de las trayectorias de ganancia de peso durante la recría sobre la probabilidad de preñez con 13-15 meses. En la presente evaluación de servicios precoces, todos los animales tenían como principal objetivo preñarse, por lo que accedieron a importantes planos nutricionales que les posibilitaron lograr altas tasas de GMD durante la totalidad de la recría, que fueron similares para los grupos que se preñaron o fallaron. Por lo tanto, en las condiciones analizadas, las ganancias de peso logradas durante la recría no fueron determinantes de la *preñez al primer servicio precoz*, siempre y cuando las tasas de GMD fueran moderadas ( $>0,450$  kg/día) en otoño y altas ( $>0,800$  kg/día) en invierno y primavera.

#### 4.1.3. Manejos aplicados previo al inicio de la recría

El CF tuvo un efecto significativo y positivo sobre la probabilidad de preñez. Al aumentar el plano nutricional de las terneras al pie de la madre, el CF afecta la productividad a corto plazo a través de un aumento del peso al destete definitivo (Viñoles et al., 2013). En el mediano plazo, el aumento en las concentraciones de hormonas metabólicas (IGF-I) promueve el desarrollo corporal y la ocurrencia temprana de la pubertad (Guggeri et al., 2014). Esto posibilita un adelanto en la edad al primer servicio y la preñez, ya que las vaquillonas llegan ciclando regularmente y tienen una expresión génica uterina que promueve el desarrollo embrionario y el reconocimiento materno de la preñez (Guggeri et al., 2018). Sin embargo, el efecto positivo del CF estuvo asociado al peso al inicio de la recría y desaparece al utilizar este parámetro como covariable. Por lo tanto, el impacto del CF sobre la probabilidad de preñez estuvo asociado al aumento de peso vivo al inicio de la recría y sus repercusiones posteriores en el desarrollo y madurez de las terneras.

Los modelos utilizados muestran un efecto negativo del DP, del CF asociado al DT, y una tendencia para el DT sobre la probabilidad de *preñez al primer servicio precoz*. Estos resultados son inesperados y sugieren la existencia de un efecto intrínseco de estos tratamientos sobre el desempeño reproductivo de las terneras, que no está asociada al peso al inicio de la recría.

Los manejos asociados al DT y DP pueden generar situaciones estresantes con períodos de pérdida de peso en los terneros. La aplicación de la tablilla nasal por 14 días reduce la GMD a 0,2-0,3 kg/día, la cual se recupera gradualmente semanas después de finalizado el tratamiento y redonda en menores pesos al destete definitivo (Santa Cruz et al., 2022). Estos resultados coinciden con los reportados por otros autores en Uruguay (Jiménez de Aréchaga et al., 2005; Viñoles et al., 2017). La aplicación de CF a terneros sometidos a DT permite duplicar las GMD y recuperar el peso al destete definitivo (Santa Cruz et al., 2022). Nava Silva et al. (1994) y Quintans et al. (2009; 2010; 2013) señalan que el DT promueve pesos al destete definitivo que son 7 a 18 kg inferiores. Respecto al DP, también existen evidencias de que en las condiciones nacionales las terneras destetadas precozmente logran bajas tasas de GMD y que en las mejores situaciones se igualan a las obtenidas al pie de la madre (Simeone y Beretta, 2002). En la raza Braford, trabajos realizados por Viñoles et al. (2009) demuestran que la aplicación del DP reduce entre 20 a 50 kg el peso al destete, lo que tiene efectos negativos sobre la cría de las terneras de reemplazo.

Existen sistemas de manejo para acelerar el crecimiento de las terneras y la aparición de la pubertad, basados en la importancia de la ganancia de peso en los primeros meses de vida (Patterson et al., 1992; Wiltbank et al., 1966). Se ha descrito un mayor impacto del crecimiento predestete que el crecimiento posdestete sobre el desencadenamiento de la pubertad. El incremento en las tasas de GMD entre los 2 y 7 meses de edad es suficiente para inducir la pubertad en forma temprana (10 meses; Cardoso et al., 2014; Gasser, 2013; Gasser et al., 2006; Wathes et al., 2014). El aumento en las concentraciones de hormonas metabólicas y metabolitos promueve un aumento en la tasa de crecimiento corporal (crecimiento de huesos y músculos y la tasa de deposición de grasa) y disminuye la retroalimentación negativa del estradiol sobre la secreción de LH durante el período prepuberal (Gunn et al., 1995; Hall et al., 1995; Hopper et al., 1993; Loy et al., 2002; Perry, 2016).

Las prácticas de manejo de control del amamantamiento como el DT y DP se enfocan en levantar la restricción de la duración del APP de las madres, pero promueven efectos negativos colaterales sobre su descendencia que deben ser estudiadas en mayor

profundidad utilizando un mayor número de animales. En este trabajo, la restricción del acceso a la leche materna en etapas tempranas de la vida tuvo efectos de mediano plazo en el desempeño de las hembras servidas inicialmente con 13-15 meses, probablemente asociado a una programación del desarrollo, que tuvo impacto en el primer servicio de las terneras.

#### ***4.2. Momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz***

Las variables productivas que tuvieron impacto significativo sobre el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio* con 13-15 meses de edad fueron las trayectorias de crecimiento de los dos primeros subperíodos de la recría, que se corresponden a las estaciones de otoño e invierno, y también el peso al primer servicio.

La fertilidad de la vaquillona es un componente crítico de la edad al primer parto, siendo el momento de ocurrencia de la pubertad y la proporción de vaquillonas que alcanzan la pubertad antes de la fecha prevista del primer servicio factores de gran relevancia para la eficiencia reproductiva del rodeo de cría (Perry, 2012). Algunos investigadores destacan que la pubertad debe ocurrir por lo menos 6 semanas antes de la edad al primer servicio para que experimenten ciclos estrales previos, ya que es probable que la fertilidad mejore durante los primeros ciclos estrales (Byerley et al., 1987; Viñoles et al., 2009; Wathes et al., 2014).

Teniendo en cuenta que el porcentaje de preñez promedio general al primer servicio para las 7 generaciones evaluadas fue de 74,2 % y, además, cerca del 80 % de las vaquillonas lograron concebir en el primer mes, se puede concluir que el efecto de las tasas de GMD sobre el momento de concepción se encuentra específicamente asociado al momento de ocurrencia de la pubertad. La mayor proporción de las terneras alcanzaron la pubertad tempranamente previa al inicio del servicio, lo que les permitió lograr concepciones tempranas en la temporada reproductiva. Los resultados obtenidos se encuentran en concordancia con trabajos realizados por Viñoles y Álvarez (2017a), quienes señalan que mejores planos nutricionales permiten optimizar la recría de las

terneras, y posibilitan un adelanto del servicio y el logro de altos porcentaje de preñez durante el primer mes del mismo.

Heslin et al. (2020) destacan que aún persiste escasez de información científica sobre el manejo nutricional óptimo y sobre las posibles trayectorias de crecimiento prepuberal para dar inicio temprano a la pubertad. Bajo las condiciones evaluadas, se puede concluir que una alternativa para lograr una ocurrencia temprana de la pubertad es alcanzar tasas de GMD  $> 0,450$  kg/día en otoño y  $>0,800$  kg/día en invierno (primeros 5 meses de la recria). Dichas trayectorias de crecimiento tienen un efecto significativo en el logro de concepciones tempranas durante la primera temporada reproductiva.

#### ***4.3. Permanencia en el rodeo de cría***

El momento de la concepción al primer servicio no afectó la permanencia de las vacas en el rodeo por 5 partos sucesivos.

Endecott et al. (2012) destacan que el momento en que las hembras conciben su primer ternero tiene el potencial de aumentar la productividad a lo largo de la vida productiva, mediante el incremento de la longevidad en el rodeo de cría. La longevidad es una característica deseable, que se asocia con altos porcentajes de preñez, mayores pesos al destete y un mayor retorno económico (Perry y Cushman, 2013). Sin embargo, si bien los resultados obtenidos con base en los datos analizados no permiten confirmar dicha aseveración, es evidente que cuanto antes conciban las hembras en su primera temporada de servicios, mayores efectos positivos sobre la producción habrá. Las concepciones tempranas en la primera temporada reproductiva permiten destetar terneros más pesados, tener un mayor tiempo de recuperación entre el parto y el próximo servicio, una mayor probabilidad de repetir dicho comportamiento año tras año, y promueven un incremento de la rentabilidad y del retorno económico del sistema productivo (Cushman et al., 2013; Day y Nogueira, 2013; Lesmeister et al., 1973; Morrow y Brinks, 1968; Perry y Cushman, 2013; Viñoles, 2016).

En el presente trabajo, la mayoría de las vaquillonas se preñaron antes de los 30 días en su primer servicio con 13-15 meses, en servicios cortos de 45-60 días. La escasa variabilidad y el reducido número de animales que pudieron seguirse por 5 partos sucesivos probablemente explica que no se hayan encontrado efectos significativos para esta variable.

## **5. Conclusiones**

El desempeño reproductivo de vaquillonas que se sirven precozmente con 13-15 meses de edad depende del peso al primer servicio. Aun partiendo de pesos al destete definitivo  $> 170$  kg y manteniendo trayectorias de crecimiento durante la recría que posibiliten lograr tasas de GMD moderadas ( $>0,450$  kg/día) durante el otoño y altas durante invierno ( $>0,800$  kg/día) y primavera ( $>0,900$  kg/día), se pueden lograr servicios precoces con pesos en torno a 350 kg en noviembre.

Existe un efecto de mediano plazo de manejos aplicados previo al destete definitivo, donde la aplicación de DP y DT iría en detrimento del desempeño reproductivo en servicios precoces.

Las tasas de GMD de peso vivo altas en los primeros 5 meses otoño-invernales de la recría y mayores pesos al servicio permiten adelantar el momento de concepción, con sus consecuentes efectos positivos sobre la productividad del sistema criador. Sin embargo, el *momento de concepción en la estación reproductiva al primer servicio precoz*, de 45-60 días de duración, no es determinante de la permanencia de las hembras en el rodeo de cría por cinco partos sucesivos.

## **6. Bibliografía**

- Aguirre, E., García-Suárez, F. y Sicilia, G. (2023). Eficiencia técnica y adopción de tecnologías en la ganadería vacuna en Uruguay. Facultad de Ciencias Sociales. [https://www.researchgate.net/publication/368328984\\_Eficiencia\\_tecnica\\_y\\_adopcion\\_de\\_tecnologias\\_en\\_la\\_ganaderia\\_vacuna\\_en\\_Uruguay](https://www.researchgate.net/publication/368328984_Eficiencia_tecnica_y_adopcion_de_tecnologias_en_la_ganaderia_vacuna_en_Uruguay)
- Aguirre, E. (2022). Estudios. En Anuario de OPYPA. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2022/anuario-opypa-2022/presentacion>
- Akaike, H. (1981). Likelihood of a model and information criteria. *Journal of Econometrics*, 16(1), 3-14. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90071-3](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90071-3)
- Andersen, H. y Plum, M. (1965). Gestation Length and Birth Weight in Cattle and Buffaloes: A Review. *Journal of Dairy Science*. 48(9), 1224-1235. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(65\)88431-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(65)88431-4)
- Arije, G. F. y Wiltbank, J. N. (1971). Age and weight at puberty in Hereford heifers. *Journal of Animal Science*, 33(2), 401-406. <https://doi.org/10.2527/jas1971.332401x>
- Astessiano, A. L., Pérez-Clariget, R., Quintans, G., Soca, P. y Carriquiry, M. (2012). Effects of a short-term increase in the nutritional plane before the mating period on metabolic and endocrine parameters, hepatic gene expression and reproduction in primiparous beef cows on grazing conditions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(3), 535-544. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01178.x>
- Bagley, C. P. (1993). Nutritional management of replacement beef heifers: a review. *Journal of Animal Science*, 71(11), 3155-3163. <https://doi.org/10.2527/1993.71113155x>

- Barreto, S., Negrín, D., Ayala, W. y Quintans, G. (2008). Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera (segundo año de evaluación). En G. Quintans, J. I. Velazco y G. Roig (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 64–69). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3013/1/18429240309132410.pdf>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. y Walker, S. (2023). *Lme4: Linear Mixed-Effects Models Using Eigen and S4*. <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/index.html>
- Bavera, G. (2000). Pubertad. Curso de Producción Bovina de Carne. UNRC, FAV. 2 p. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/01-pubertad\\_en\\_machos\\_y\\_hembras.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/01-pubertad_en_machos_y_hembras.pdf)
- Bellows, R. A., Short, R. E. y Richardson, G. V. (1982). Effects of sire, age of dam and gestation feed level on dystocia and postpartum reproduction. *Journal of Animal Science*, 55(1), 18-27. <https://doi.org/10.2527/jas1982.55118x>
- Bellows, R. A. y Short, R. E. (1978). Effects of precalving feed level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility. *Journal of Animal Science*, 46(6), 1522-1528. <https://doi.org/10.2527/jas1978.4661522x>
- Belsley, D. A., Kuh, E. y Welsch, R. E. (1980). *Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity*. Wiley.  
<https://doi.org/10.1002/jae.3950040108>
- Beretta, V., Simeone, S., Marques, D., Risi, M. N., Blanc, E. y Gil, J. (2015). Combinando recursos para el entore a los 15 meses: destete precoz, pasto y alimentación a corral ¿Cuándo y cómo? En A. Simeone y V. Beretta (eds.), *17.ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Tecnología, precio y resultado económico en el negocio ganadero: ese difícil equilibrio* (pp. 36-43). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2015.pdf>

- Berretta, E. J., Risso, D., Montossi, F. y Pigurina, G. (2000). Campos in Uruguay. En G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, P.C. de F. Carvalho y C. Nabinger (eds.), *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (pp. 377-394). CAB International.
- Betancurt, C., Quagliotti, I., Rosano, H., Cuadro, P. y Viñoles, C. (2017). Efecto de la carga y la suplementación sobre la tasa de crecimiento de las terneras y la performance reproductiva de las vacas. En C. Viñoles y J. P. Álvarez (eds.), *Creep Feeding: Tecnología para aumentar el peso al destete* (pp. 13-15). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8081/1/st-238-2017.pdf>
- Brooks, A., Morrow, R. y Youngquist, R. (1985). Body composition of beef heifers at puberty. *Theriogenology*, 24(2), 235-250. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(85\)90188-8](https://doi.org/10.1016/0093-691x(85)90188-8)
- Bridges, G. A., Lake, S. L., Kruse, S. G., Bird, S. L., Funnell, B. J., Arias, R., Walker, J. A., Grant, J. K. y Perry, G. A. (2014). Comparison of three CIDR-based fixed-time AI protocols in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 92(7), 3127-3133. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7404>
- Briske, D. D. y Heitschmidt, R. K. (1991). An ecological perspective. En R. K. Heitschmidt y J. W. Stuth (eds.), *Grazing Management: An Ecological Perspective* (pp. 11-26). Timber Press.
- Bryant, J. R., Holmes, C. W., Lopez-Villalobos, N., McNaughton, L. R., Brookes, I. M., Verkerk, G. A. y Pryce, J. E. (2004). Use of breeding values for live weight to calculate individual live weight targets for dairy heifers. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 64, 118-121. <https://www.nzsap.org/proceedings/2004/use-breeding-values-live-weight-calculate-individual-live-weight-targets-dairy>
- Burns, B. M., Fordyce, G. y Holroyd, R. G. (2010). A review of factors that impact on the capacity of beef cattle females to conceive, maintain a pregnancy and wean a calf-Implications for reproductive efficiency in northern Australia. *Animal Reproduction Science*, 122(1-2), 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.04.010>

- Burns, B. M., Howitt, C. J., Webber, R. J., Rudder, T. H., Tierney, T. J. y O'Rourke, P. K. (1992). Productivity of Hereford, highgrade Simmental and Belmont red beef herds in central Queensland. 4. Liveweight and age of heifers at puberty. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 32(8), 1011-1015.  
<https://doi.org/10.1071/EA9921011>
- Burris, M. J. y Priode, B. M. (1958). Effect of calving date on subsequent calving performance. *Journal of Animal Science*, 17(3), 527-533.  
<https://doi.org/10.2527/jas1958.173527x>
- Byerley, D. J., Berardinelli, J. G., Staigmiller, R. B. y Short, R. E. (1987). Progesterone concentrations in beef heifers bred at puberty or third estrus. *Journal of Animal Science*, 65(6), 1571-1575.  
<https://doi.org/10.2527/jas1987.6561571x>
- Byrne, C. (2022, 13 de diciembre). *Reducing the age at first calving for suckler heifers – a key profit driver for beef farms* [contribución]. National Beef Conference, Irlanda.  
<https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2022/Reducing-the-age-at-first-calving---Colin-Byrne---Teagasc-Beef-Conference-2022.pdf>
- Cardoso, R. C., Alves, B. R. C., Prezotto, L. D., Thorson, J. F., Tedeschi, L. O., Keisler, D. H., Park, C. S., Amstalden, M. y Williams, G. L. (2014). Use of a stair-step compensatory gain nutritional regimen to program the onset of puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 92(7), 2942-2949.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2014-7713>
- Carmona, F. (2003). Regresión lineal múltiple. En *Modelos lineales* (pp. 135-161). Universitat de Barcelona.  
<https://www.dim.uchile.cl/~rocarvaj/material/ma44d/modeloslineales.pdf>
- Carriquiry, M., Espasandín, A. C., Astessiano, A. L., Casal, A., Claramunt, M., do Carmo, M., Genro, C., Gutierrez, V., Laporta, J., López-Mazz, C., Meikle, A., Olmos, F., Perez-Clariget, R., Scarlato, S., Trujillo, A. I., Viñoles, C. y Soca, P. (2012). La cría vacuna sobre campo nativo: un enfoque de investigación jerárquico para mejorar su productividad y sostenibilidad. IV *Veterinaria*, 48(1), 41-48.

- Carter, A. H. y Cox, E. H. (1973). Observations on yearling mating of beef cattle. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 33, 94-113.  
<https://www.nzsap.org/proceedings/1973/observations-yearling-mating-beef-cattle>
- Casas, E., Thallman, R. M. y Cundiff, L. V. (2012). Birth and weaning traits in crossbred cattle from Hereford, Angus, Norwegian Red, Swedish Red and White, Wagyu, and Friesian sires. *Journal of Animal Science*. 90(9), 2916-2920. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4694>
- Chapman, H. D., Young, J. M., Morrison, E. G. y Edwards, N. C. (1978). Differences in lifetime productivity of Hereford calving first at 2 and 3 years of age. *Journal of Animal Science*, 46(5), 1159-1162.  
<https://doi.org/10.2527/jas1978.4651159x>
- Costa, A., Moreira, R., Scarsi, A., Ayala, W. y Quintans, G. (2008). Efecto de tres ganancias invernales sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera (tercer año de evaluación). En G. Quintans, J. I. Velazco y G. Roig (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 70-76). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3013/1/18429240309132410.pdf>
- Claramunt, M., Meikle, A. y Soca, P. (2020). Metabolic hormones, grazing behaviour, offspring physical distance and productive response of beef cow grazing at two herbage allowances. *Animal*, 14(7), 1520-1528.  
<https://doi.org/10.1017/S1751731119003021>
- Crosson, P. y McGee, M. (2012). Economic appraisal of performance traits in Irish suckler beef production systems. En M. McGee y N. McHugh (eds.), *Suckler Cow Breeding Conference. Setting a new direction for suckler cow breeding* (pp. 41-52). Teagasc.  
<https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2012/Suckler-Cow-Breeding-Conference-2012.pdf>

- Cuadrado, R., Egaña, J. M., Cuadro, P. y Viñoles, C. (2009, 11 y 12 de junio). *Efecto de la alimentación pre-destete y el tipo de destete sobre el desarrollo corporal y el inicio de la pubertad en terneras Hereford* [contribución]. XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú.  
[https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/77/2009\\_164-165.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/77/2009_164-165.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cundiff, L. V., Gregory, K. E., Schwulst, F. J. y Koch, R. M. (1974). Effects of heterosis on maternal performance and milk production in Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *Journal of Animal Science*, 38(4), 728-745.  
<https://doi.org/10.2527/jas1974.384728x>
- Cunha, F., Cushman, R., Santa Cruz, R., de Nava, G. y Viñoles, C. (2020). Antral follicular count has limited impact in the selection of more fertile beef heifers. *Livestock science*, 241, 104230. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104230>
- Cushman, R. A., Kill, L. K., Funston, R. N., Mousel, E. M. y Perry, G. A. (2013). Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. *Journal of Animal Science*, 91(9), 4486-4491.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2013-6465>
- Day, M. L. y Nogueira, G. P. (2013). Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. *Animal Frontiers*, 3(4), 6-11.  
<https://doi.org/10.2527/af.2013-0027>
- Day, M. L. y Anderson, L. H. (1998). Current concept on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science*, 76, 1-15.  
[https://doi.org/10.2527/1998.76SUPPL\\_31X](https://doi.org/10.2527/1998.76SUPPL_31X)
- De Nava, G. (2011, 8-10 de junio). *Reproducción en los rodeos de cría pastoriles: el enfoque de un veterinario de campo* [contribución]. XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú.  
<http://dspace.fvet.edu.uy:8080/xmlui/handle/123456789/763>
- Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA). (2011). Características generales de las explotaciones. En *Censo general agropecuario*. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/censo-general-agropecuario-2011>

- Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA). (2023). Anuario estadístico agropecuario. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-agropecuario-2023>
- Dickerson, G. E. (1978). Animal size and efficiency: basic concepts. *Animal Production*, 27(3), 367-379. <https://doi.org/10.1017/S0003356100036278>
- Diskin, M. G. y Kenny, D. A. (2014). Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal*, 8(1), 27-39. <https://doi.org/10.1017/s175173111400086x>
- Diskin, M. G. y Kenny, D. A. (2016). Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology*, 86(1), 379-387. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.052>
- Do Carmo, M., Claramunt, M., Carriquiry, M. y Soca, P. (2016). Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing campos systems. *Journal of Animal Science*, 94(6), 84-92. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0596>
- Do Carmo, M., Sollenberger, L. E., Carriquiry, M. y Soca, P. (2018). Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grasslands. *The Professional Animal Scientist*, 34(1), 32-41. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01600>
- Drennan, M. J. y McGee, M. (2009). Performance of spring-calving beef suckler cows and their progeny to slaughter on intensive and extensive grassland management systems. *Livestock Science*, 120(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.04.013>
- Endecott, R. L., Funston, R. N., Mulliniks, J. T. y Roberts, A. J. (2012). Joint Alpharma-Beef Species Symposium: implications of beef heifer development systems and lifetime productivity. *Journal of Animal Science*, 91(3), 1329-1335. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5704>

- Esteves, T., Santos, D., Gianazini, M., Favarini, C., Zago, D., Zaram T., Antunes, E., do Nascimento, V. y Jardim, J. O. (2017). Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grassland. *Land Use Policy*, 63, 394-400. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.010>
- Faraway, J. J. (2015). Estimation. En F. Dominici, J. J. Faraway, M. Tanner y J. Zidek (eds.), *Linear Models with R* (2.<sup>a</sup> edición, pp. 13-28). CRC Press. [https://wangyang-bucket.oss-cn-beijing.aliyuncs.com/cms/image/Linear%20Models%20With%20R\\_1676789263894.pdf](https://wangyang-bucket.oss-cn-beijing.aliyuncs.com/cms/image/Linear%20Models%20With%20R_1676789263894.pdf)
- Ferrell, C. L. (1982). Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. *Journal of Animal Science*, 55(6), 1272-1283. <https://doi.org/10.2527/jas1982.5561272x>
- Fiol, C., Quintas, G. y Ungerfeld, R. (2008). La bioestimulación permite disminuir la edad a la pubertad en vaquillonas de carne. En G. Quintans, J. I. Velazco y G. Roig (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 82-89). INIA.
- Fontes, P. L. P., Oosthuizen, N. y Cliff Lamb, G. (2020). Chapter 4: Reproductive management of beef cattle. En F. W. Bazer, G. C. Lamb y G. Wu (eds.), *Animal Agriculture* (pp. 57-73). Academy Press. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00004-5>
- Freetly, H. C. y Cundiff, L. V. (1997). Postweaning growth and reproduction characteristics of heifers sired by bulls of seven breeds and raised on different levels of nutrition. *Journal of Animal Science*, 75(11), 2841-2851. <https://doi.org/10.2527/1997.75112841x>
- Freetly, H. C., Ferrell, C. L. y Jenkins, T. G. (2001). Production performance of beef cows raised on three different nutritionally controlled heifer development programs. *Journal of Animal Science*, 79(4), 819-826. <http://dx.doi.org/10.2527/2001.794819x>

- Funston, R. N. y Deutscher, G. H. (2004). Comparison of target breeding weight and breeding date for replacement beef heifers and effects on subsequent reproduction and calf performance. *Journal of Animal Science*, 82(10), 3094-3099. <https://doi.org/10.2527/2004.82103094x>
- Funston, R. N., Larson, D. M. y Vonnahme, K. A. (2010). Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: implications for beef cattle production. *Journal of Animal Science*, 88(13), 205-215. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2351>
- Funston, R. N., Martin, J. L., Larson, D. M. y Roberts, A. J. (2012). Physiology and Endocrinology Symposium: nutritional aspects of developing replacement heifers. *Journal of Animal Science*, 90(4), 1166-1171. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4569>
- Gasser, C. L. (2013). Joint Alpharma-Beef Species Symposium: considerations on puberty in replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*, 91(3), 1336-1340. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6008>
- Gasser, C. L., Behlke, E. J., Grum, D. E. y Day, M. L. (2006). Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. *Journal of Animal Science*, 84(11), 3118-3122. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-676>
- Geenty, K. y Morris, S. (2017). Beef breeding cows. En *Guide to New Zealand Cattle Farming* (pp. 13-22). Beef + Lamb New Zealand. <https://beeflambnz.com/knowledge-hub/PDF/guide-new-zealand-cattle-farming.pdf>
- Ghelfi, M. y Molina, C. (2023). *Síntesis de resultados del Programa de Monitoreo de Empresas Ganaderas (Carpetas Verdes) ejercicio 2022/2023* [presentación oral]. Plan Agropecuario, Montevideo. [https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/monitoreos/38\\_Presentacion\\_Resultados\\_de\\_Carpetas\\_Verdes.Ejercicio\\_2022-2023.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/monitoreos/38_Presentacion_Resultados_de_Carpetas_Verdes.Ejercicio_2022-2023.pdf)

- Gimeno, D., Aguilar, I., Franco, J. y Feed, O. (2002). Rasgos productivos y reproductivos de hembras cruza. En *Seminario de actualización técnica: cruzamientos en bovinos para carne* (pp. 11-20). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11093/1/SAD295p11-20.pdf>
- Gorga, L. y Mila, F. (2022). Cadena de la carne vacuna: situación y perspectivas. En *Anuario de OPYPA*. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca).  
<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2022/anuario-opypa-2022>
- Granger, A. L., Wyatt, W. E., Hembry, F. G., Craig, W. M. y Thompson, D. L. (1990). Effects of breed and wintering diet on heifer postweaning growth and development. *Journal of Animal Science*, 68(2), 304-316.  
<https://doi.org/10.2527/1990.682304x>
- Gregory, K. E., Laster, D. B., Cundiff, L. V., Koch, R. M. y Smith, G. M. (1978). Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle II. Growth and puberty in females. *Journal of Animal Science*, 47(5), 1042-1053.  
<https://doi.org/10.2527/jas1978.4751042x>
- Gregory, K. E., Laster, D. B., Cundiff, L. V., Smith, G. M. y Koch, R. M. (1979). Characterization of biological types of cattle-cycles III: II. Growth rate and puberty in females. *Journal of Animal Science*, 49(2), 461-471.  
<https://doi.org/10.2527/jas1979.492461x>
- Guggeri, D., Meikle, A., Carriquiry, M., De Barbieri, I., Montossi, F. y Viñoles, C., (2018). Long - term effect of early nutrition on endocrine parameters and liver and endometrial gene expression of the members of the somatotrophic axis in Hereford heifers. *Reproduction in Domestic Animals*, 53(4), 930-936.  
<https://doi.org/10.1111/rda.13190>
- Guggeri, A., Meikle, A., Carriquiry, M., Montossi, F., De Barbieri, I. y Viñoles, C. (2014). Effect of different management systems on growth, endocrine parameters and puberty in Hereford female calves grazing Campos grassland. *Livestock Science*, 167, 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.06.026>

- Gunn, R. G., Sinm, D. A. y Hunter, E. A. (1995). Effects of nutrition in utero and in early life on the subsequent lifetime reproductive performance of Scottish Blackface ewes in two management systems. *Animal Science*, 60(2), 223-230.  
<https://doi.org/10.1017/S1357729800008389>
- Gutiérrez, V., Espasandín, A. C., Astessiano, A. L., Casal, A., López-Mazz, C. y Carriquiry, M. (2012). Calf foetal and early life nutrition on grazing conditions: metabolic and endocrine profiles and body composition during the growing phase. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(4), 720-731.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01314.x>
- Hall, J. B., Staigmiller, R. B., Bellows, R. A., Short, R. E., Moseley, W. M. y Bellows, S. E. (1995). Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 73(11), 3409-3420.  
<https://doi.org/10.2527/1995.73113409x>
- Hanly, G. J. y Mossman, D. H. (1977). Commercial beef production on hill country. *New Zealand Veterinary Journal*, 25(1-2), 3-7.  
<https://doi.org/10.1080/00480169.1977.34337>
- Heslin, J., Kenny, D. A., Kelly, A. K. y McGee, M. (2020). Age at puberty and pregnancy rate in beef heifer genotypes with contrasting nutritional intake from 8 to 13 months of age. *Animal Reproduction Science*, 212, 1-13.  
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106221>
- Hess, B. W., Lake, S. L., Scholljegerdes, E. J., Weston, T. R., Nayigihugu, V., Molle, J. D. C. y Moss, G. E. (2005). Nutritional controls of beef cows reproduction. *Journal of Animal Science*, 83(13), 90-106.  
[https://doi.org/10.2527/2005.8313\\_supplE90x](https://doi.org/10.2527/2005.8313_supplE90x)
- Hickson, R. E., Anderson, W. J., Kenyon, P. R., Lopez-Villalobos, N. y Morris, S. T. (2008). A survey of beef cattle farmers in New Zealand, examining management practices of primiparous breeding heifers. *New Zealand Veterinary Journal*, 56(4), 176-183.  
<http://dx.doi.org/10.1080/00480169.2008.36831>

- Hickson, R. E., Morris, S. T., Kenyon, P. R. y Lopez-Villalobos, N. (2006). Dystocia in beef heifers: A review of genetic and nutritional influences. *New Zealand Veterinary Journal*, 54(6), 256-264.  
<https://doi.org/10.1080/00480169.2006.36708>
- Hopper, H. W., Williams, S. E., Byerley, D. J., Rollosso, M. M., Ahmed, P. O. y Kiser, T. E. (1993). Effect of prepubertal body weight gain and breed on carcass composition at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 77(5), 1104-1111. <https://doi.org/10.2527/1993.7751104x>
- Hughes, H. (2013). Raised replacement heifers: some economic considerations. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29(3), 643-652.  
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.07.013>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2024, 18 de diciembre). *Grasbanco de datos agroclimáticos*. <https://inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
- Irish Cattle Breeding Federation. (2013, 11 de noviembre). *Suckler herd fertility showing steady improvement, but still a way to go*.  
<https://www.icbf.com/suckler-herd-fertility-showing-steady-improvement-but-still-a-way-to-go/>
- Irish Cattle Breeding Federation. (2023, 4 de enero). *Reducing the age at first calving for suckler heifers – a key profit driver for beef farmers*.  
<https://www.teagasc.ie/news--events/daily/beef/reducing-the-age-at-first-calving-for-suckler-heifers--a-key-profit-driver-for-beef-farms.php#:~:text=Nationally%2C%20only%2024%25%20of%20beef,and%2026%20months%20of%20age>
- Jenkins, T. G. y Ferrell, C. L. (1994). Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availability: I. Initial evaluation. *Journal of Animal Science*, 79(11), 2787-2797. <https://doi.org/10.2527/1994.79112787x>
- Jiménez de Aréchaga, C., Zarza, C., Michelsson, J. y Quintans, G. (2005). *Control de amamantamiento con tablilla nasal en vacas Braford primíparas y múltiparas en alta y baja condición corporal al parto*.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11201/1/SAD403p12-19.pdf>

- Kleinbaum, D.G. y Klein, M. (2010). Introduction to Logistic Regression. En *Logistic Regression: A Self Learning Text* (3.<sup>a</sup> edición, pp. 1-39). Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-1742-3\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-1742-3_1)
- Kurita, T. (2020). Principal Component Analysis (PCA). En *Computer Vision*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03243-2\\_649-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03243-2_649-1)
- Lamb, G. C., Larson, J. E., Geary, T. W., Stevenson, J. S., Johnson, S. K., Day, M. L., Ansotegui, R. P., Kesler, D. J., DeJarnette, J. M. y Landblom, D. G. (2006). Synchronization of estrus and artificial insemination in replacement beef heifers using gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin F2alpha, and progesterone. *Journal of Animal Science*, 84(11), 3000-3009. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-220>
- Larson, R. L. (2007). Heifer development: reproduction and nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(1), 53-68. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2006.11.003>
- Laster, D. B., Glimp, H. A., Cundiff, L. V. y Gregory, K. E. (1973). Factors affecting dystocia and the effects of dystocia on subsequent reproduction in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 36(4), 695-705. <https://doi.org/10.2527/jas1973.364695x>
- Le Cozler, Y., Lollivier, V., Lacasse, P. y Disenhaus, C. (2008). Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal*, 2(9), 1393-1404. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002498>
- Lesmeister, J. L., Burfening, P. J. y Blackwell, R. L. (1973). Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. *Journal of Animal Science*, 36(1), 1-6. <https://doi.org/10.2527/jas1973.3611>
- López-González, F. A., Allende, R., Soares de Lima, J. M., Andrighetto, M. E., Gil, A. y Jardim, J. O. (2020). Intensification of cow-calf production: How does the system respond biologically to energy inputs in a long-term horizon? *Livestock Science*, 237, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104058>

- López-Paredes, J., Pérez-Cabal, M., Jiménez-Montero, J.A. Y Alenda, R. (2018). Influence of age at first calving in a continuous calving season on productive, functional, and economic performance in a Blonde d'Aquitaine beef population. *Journal of Animal Science*, 96(10), 4015-4027.  
<https://doi.org/10.1093%2Fjas%2Fsky271>
- López Valiente, S., Rodríguez, A., Long, N., Quintans, G., Miccoli, FL., Lacau-Mengido, I. y Maresca, S. (2021). Age at first gestation in beef heifers affects fetal and postnatal growth, glucose metabolism and IGF1 concentrations. *Animals*, 11(12), 1-12. <https://doi.org/10.3390/ani11123393>
- Loy, T. W., Lardy, G. P., Bauer, M. L., Slinger, W. D. y Caton, J. S. (2002). Effects of supplementation on intake and growth of nursing calves grazing native range in southeastern North Dakota. *Journal of Animal Science*, 80(10), 2717-2725.  
<https://doi.org/10.2527/2002.80102717x>
- Lucy, M. C., Billings, H. J., Butler, W. R., Ehnis, L. R., Fields, M. J., Kesler, D. J., Kinder, J. E., Mattos, R. C., Short, R. E., Thatcher, W. W., Wettemann, R. P., Yelich, J. V. y Hafs, H. D. (2001). Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF2alpha for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *Journal of Animal Science*, 79(4), 982-995.  
<https://doi.org/10.2527/2001.794982x>
- Mederos, A., Faliveni, C. y Dutra, F. (2022). Estudio sobre las pérdidas reproductivas en los rodeos de cría del Norte y Este del Uruguay. *Revista INIA*, (69), 20-24.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16532/1/Revista-INIA-69-Junio-2022-6.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 G. Quintans y A. Scarsi (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 229-246). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7579/1/st-208-2013.-p.229-246.pdf>

- Michelena, A., Martín, A., Echenique, V. y Viñoles, C. (2017). Efecto de la dotación y la alimentación diferencial sobre la tasa de crecimiento de los terneros y el desempeño reproductivo de las vacas. En C. Viñoles y J. P. Álvarez (eds.), *Creep Feeding: Tecnología para aumentar el peso al destete* (pp. 9-11). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8081/1/st-238-2017.pdf>
- Montossi, F. y Soares de Lima, J. M. (2011). Después de 20 años de crecimiento de la ganadería del Uruguay: desarrollo de propuestas tecnológicas desde la cría para el próximo salto productivo. *Revista INIA*, (26), 31-38. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6990/1/18429130112153615.pdf>
- Moran, C., Quirke, J. F. y Roche, J. F. (1989). Puberty in heifers: a review. *Animal Reproduction Science*, 18(1-3), 167-182. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(89\)90019-5](https://doi.org/10.1016/0378-4320(89)90019-5)
- Morris, C. A. (1980). A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production. 1. Associations with fertility in the first joining season and with age at first joining. *Animal Breeding Abstracts*, 48(11), 753-767. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20063028206>
- Morris, C. A., Baker, R. L. y Bennett, G. L. (1986). Some genetic and non-genetic effects on the first oestrus and pregnancy rate of beef heifers. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 46, 71-75. <http://www.nzsap.org/proceedings/1986/some-genetic-and-non-genetic-effects-first-oestrus-and-pregnancy-rate-beef-heifers>
- Morris, S. y Smeaton, D. (2009). Chapter 4: Reproduction in the beef cow herd. En D. Smeaton, A. Bray, J. Meban, S. Morris, J. Journeaux, P. Packard y R. Priest, (eds.), *Profitable Farming of Beef Cows* (pp. 42-68). Fusion Print Group. <https://www.yumpu.com/en/document/read/11741977/profitable-farming-of-beef-cows-beef-lamb-new-zealand>

- Morrow, D. L. y Brinks, J. S. (1968, 27 de abril). *The effect of season of birth of calf on weaning weights and cow production* [contribución]. 19th Annual Beef Cattle Improvement Day and Auction Report, Colorado.
- Nava Silva, G. T., Burnham, D. L., McDonald, M. F. y Morris, S. T. (1994). The effects of restricted suckling and prepartum nutritional level on reproductive performance of primiparous crossbred beef cows. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 54, 307-310.  
<https://www.nzsap.org/proceedings/1994/effects-restricted-suckling-and-prepartum-nutritional-level-reproductive>
- Nin-Pratt, A., Freiría, H. y Muñoz, G. (2019). Uruguay: results. En *Productivity and efficiency in grassland-based livestock production in Latin America: The cases of Uruguay and Paraguay* (pp. 13–29). Banco Interamericano del Desarrollo.  
<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/208186/1/IDB-WP-1024.pdf>
- Núñez-Domínguez, R., Cundiff, L. V., Dickerson, G. E., Gregory, K. E. y Koch, R. M. (1991). Lifetime production of beef heifers calving first at two vs three years of age. *Journal of Animal Science*, 69(9), 3467-3479.  
<https://doi.org/10.2527/1991.6993467x>
- Orcasberro, R. (1997). *Estado corporal, control del amamantamiento y performance reproductiva de rodeos de cría*. INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8326/1/111219220807115854-p.158-169.pdf>
- Orcasberro, R., Soca, P., Beretta, V. y Trujillo, A. I. (1992, 9 de octubre). *Estado corporal de vacas Hereford y comportamiento reproductivo* [contribución]. Jornada de Producción Animal, Paysandú.
- Parminter, T. G., Power, M. P. B. y Shaw, D. C. (1993). The effects on adoption of beef breeding cow technologies of selected farm business standards, farmer demographics, and farmer beliefs. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 53, 121-125.  
<https://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1993/ab93029.pdf>

- Patterson, D. J., Perry, R. C., Kiracofe, G. H., Bellows, R. A., Staigmiller, R. B. y Corah, L. R. (1992). Management considerations in heifer development and puberty. *Journal of Animal Science*, 70(12), 4018-4035.  
<https://doi.org/10.2527/1992.70124018x>
- Pereira, G. y Soca, P. (2011). La cría vacuna en el Uruguay y la innovación. *Vadenuevo*, (33), 1-52.  
<https://vadenuevo.com.uy/images/stories/33documento02.pdf>
- Perry, G. A. (2012). Physiology and Endocrinology Symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. *Journal of Animal Science*, 90(4), 1172-1182.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2011-4572>
- Perry, G. A. (2016). Factors affecting puberty in replacement beef heifers. *Theriogenology*, 86(1), 373-378.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.051>
- Perry, G. A. y Cushman, R. (2013). Effect of age at puberty/conception date on cow longevity. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29(3), 579-590. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.07.011>
- Pigurina, G. (2000). *Situación de la cría en Uruguay*. INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8541/1/ST-108-Pigurina-p.1-6.pdf>
- Pinney, D. O., Stephens, D. F. y Pope, L. S. (1972). Lifetime effects of winter supplemental feed level and age at first parturition on range beef cows. *Journal of Animal Science*, 34(6), 1067-1074.  
<https://doi.org/10.2527/jas1972.3461067x>
- Pittaluga, O. y Rovira, J. (1968). Influencia del nivel nutricional predestete sobre el crecimiento y pubertad de terneras Hereford. *Boletín Técnico*, 5(2): 68-78. EEMAC.
- Pope, L. S. (1967). Age at first calving and performance. En T. J. Cunha, A. C. Warnick y M. Koger (eds.), *Factors Affecting Calf Crop* (pp 273-279). University of Florida Press.

- Quintans, G. (2004). La productividad del rodeo de cría: nuestro gran desafío. *Revista INIA*, (1), 10-12.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/181/1/111219220807141956.pdf>
- Quintans, G. (2005). Control del amamantamiento. *Revista INIA*, (5), 9-11.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6823/1/111219220807160728.pdf>
- Quintans, G. (2008). Algunas estrategias para disminuir la edad al primer servicio en vaquillonas. En G. Quintans, J. I. Velazco y G. Roig (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 53-55). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7740/1/st-174-2008-p.53-55.pdf>
- Quintans, G. (2019). Programación fetal: una mirada más allá de lo evidente. En G. Quintans y M. Iewdiukow (eds.), *Primer Seminario Técnico de Programación Fetal* (pp. 1-2). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13776/1/St-252-p-1-2-Quintans.pdf>
- Quintans, G., Banchemo, G. E., Carriquiry, M., López-Mazz, C. y Baldi, F. (2008). Efecto de la condición corporal y la restricción del amamantamiento con y sin presencia del ternero sobre la producción de leche, anestro posparto y crecimiento de los terneros. En G. Quintans, J. I. Velazco y G. Roig (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 172-181). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7754/1/st-174-2008-p.172-181.pdf>
- Quintans, G., Banchemo, G., Carriquiry, M., López-Mazz, C. y Baldi, F. (2010). Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Animal Production Science*, 50(10), 931-938. <https://doi.org/10.1071/AN10021>

- Quintans, G., Barreto, S., Negrín, D. y Ayala, W. (2007). *Efecto de la tasa de ganancia invernal en el inicio de la pubertad de terneras de biotipos carniceros en pastoreo* [póster]. Congreso Latinoamericano de Producción Animal, Cusco. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5683/1/Poster-quintans-2007.pdf>
- Quintans, G. y Roig, G. (2008). Principales factores que afectan la aparición de la pubertad en vaquillonas de razas carniceras. En G. Quintans, J. I. Velazco y G. Roig (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 56-58). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7741/1/st-174-2008-p.56-58.pdf>
- Quintans, G., Scarsi, A., Velazco, J. I., López Mazz, C. y Banchemo, G. (2013). Destete temporario con tablilla nasal 14 días y suplementación durante el mismo período en vacas multíparas: resultados preliminares. En G. Quintans, J. I. Velazco y G. Roig (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 197-205). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7576/1/st-208-2013.-p.197-205.pdf>
- Quintans, G. y Vázquez, A. I. (2002). *Control del amamantamiento. Efecto del destete precoz en vacas y terneros: resultados de tres años*. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14445110313124432.pdf>
- Quintans, G., Vaz Martins, D. y Carriquiry, E. (1994). Alternativas de suplementación de vaquillonas. En G. Quintans y G. Pigurina (eds.), *Bovinos para carne: avances en suplementación de la recria e invernada intensiva* (pp. 2-9). INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14445040313093430.pdf>
- Quintans, G., Vázquez, A. I. y Weigel, K. A. (2009). Effect of suckling restriction with nose plates and premature weaning on postpartum anestrous interval in primiparous cows under range conditions. *Animal Reproduction Science*, 116(1-2), 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.12.007>

- Quintans, G., Viñoles, C. y Sinclair, K. D. (2004). Follicular growth and ovulation in postpartum beef cows following calf removal and GnRH treatment. *Animal reproduction science*, 80, 5-14.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5242/1/Quintans-arb-2004-4.pdf>
- Reynolds, W. L., DeRouen, T. M. y High, J. W. (1963). The age and weight at puberty of Angus, Brahman and Zebu cross heifers. *Journal of Animal Science*, 22, 243.
- Roberts, A. J., Gomes da Silva, A., Summers, A. F., Geary, T. W. y Funston, R. N. (2017). Developmental and reproductive characteristics of beef heifers classified by pubertal status at time of first breeding. *Journal of Animal Science*, 95(12), 5629-5636. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1873>
- Rodríguez-Sánchez, J. A., Sanz, A., Ferrer, J. y Casasús, I. (2017). Influence of postweaning feeding management of beef heifers on performance and physiological profiles through rearing and first lactation. *Domestic Animal Endocrinology*, 65, 24-37. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.05.001>
- Rogers, P. L., Gaskins, C. T., Johnson, K. A. y MacNeil, M. D. (2004). Evaluating longevity of composite beef females using survival analysis techniques. *Journal of Animal Science*, 82(3), 860-866.  
<http://dx.doi.org/10.2527/2004.823860x>
- Rovira, J. (1974). *Reproducción y manejo del rodeo de cría*. Hemisferio Sur.
- Rovira, J. (2008). *Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo*. Hemisferio Sur.
- Santa Cruz, R., De Barbieri, I., Morales Olmos, V., Montossi, F. y Viñoles, C. (2022). Effect of temporary weaning and creep feeding on calf growth and the reproductive efficiency of their Hereford dams. *Animal Bioscience*, 35(10), 1524-1534. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0384>

- Santa Cruz, R., Cushman, R. y Viñoles, C. (2018). Antral follicular count is a tool that may allow the selection of more precocious Bradford heifers at weaning. *Theriogenology*, 119(1), 35-42.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.06.010>
- Saravia, A., César D., Montes, E., Taranto, B. y Pereira, M. (2011). *Manejo del rodeo de cría sobre campo natural*. Plan Agropecuario.  
[https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/21\\_manual.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/21_manual.pdf)
- Scaglia, G. (1997). *Nutrición y reproducción de la vaca de cría: Uso de la condición corporal*. INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2997/1/111219240807103034.pdf>
- Schillo, K. K., Hall, J. B. y Hileman, S. M. (1992). Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *Journal of Animal Science*, 70(12), 3994-4005. <https://doi.org/10.2527/1992.70123994x>
- Short, R. E. y Bellows, R. A. (1971). Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *Journal of Animal Science*, 32(1), 127-131. <https://doi.org/10.2527/jas1971.321127x>
- Short, R. E., Bellows, R. A., Staigmiller, R., 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.  
<https://doi.org/10.2527/1990.683799x>
- Short, R. E., Staigmiller, R. B., Bellows, R. A. y Greer, R. C. (1993). Breeding heifers at one year of age: biological and economic considerations. En M. J. Fields y R. S. Sand (eds.), *Factors Affecting Calf Crop* (pp. 93-107). CRC Press.
- Simeone, A., Andregnette, B. y Buffa, J. I. (2011). *Sistemas de cría y ciclo completo de la región de cristalino*. INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2826/1/18429160112091122.pdf>

- Simeone, A. y Beretta, V. (2002). *Destete precoz en ganado de carne*. Facultad de Agronomía; Hemisferio Sur.
- Simeone, A. y Beretta, V. (2005). Manejo nutricional en ganado de carne. Suplementación y engorde a corral; cómo y cuándo integrarlo en el sistema ganadero. En A. Simeone y V. Beretta (eds.), *7.ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Suplementación y engorde a corral: cuando y como integrarlos en el sistema ganadero* (pp. 8-28). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2005.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Caorsi, J., Gómez de Freitas, G., Fernández, L., Olairola, J., Pérez, F., Piegas, J. M., Risso, S., Silveira, X. y Surraco, S. (2015). Aumentando el producto bruto en sistemas criadores: vías de mejora del peso de los terneros a los seis meses. En A. Simeone y V. Beretta (eds.), *17.ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Tecnología, precio y resultado económico en el negocio ganadero: ese difícil equilibrio* (pp. 18-33). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2015.pdf>
- Soares de Lima, J. M. (2009). *Modelo bioeconómico para la evaluación del impacto de la genética y otras variables sobre la cadena cárnica vacuna del Uruguay* [tesis de doctorado, Universitat Politècnica de València]. Repositorio institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/6030>
- Soares de Lima, J. M. y Montossi, F. (2012). La cría vacuna en la nueva realidad ganadera: análisis y propuestas de INIA. *Revista INIA*, (31), 6-10. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7026/1/revista-INIA-31-p.-6-10.pdf>
- Soares de Lima, J. M. y Montossi, F. (2013). Propuestas tecnológicas de intensificación de la cría vacuna. En G. Quintans y M. Scarsi (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 7-14). INIA. [http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/st%202008\\_2013.pdf](http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/st%202008_2013.pdf)
- Soares de Lima, J. M. y Montossi, F. (2016). Entendiendo la lógica productiva y económica de la cría vacuna en Uruguay. *Revista INIA*, (47), 7-12. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6406/1/Entendiendo.pdf>

- Soares de Lima, J. M. y Montossi, F. (2021). Uruguay Ganadero «3 x 3000»: ¿Es factible una ganadería bovina con 3 millones de cabezas faenadas por año?, ¿y alcanzar 3000 millones de dólares anuales por exportaciones? *Revista INIA*, (64), 45-50. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15412/1/Revista-INIA-64-Marzo-2021-p-45-50.pdf>
- Soares de Lima, J. M. y Viñoles, C. (2010). Efecto del peso al destete y al entore sobre la fertilidad de vaquillonas Hereford. *Agrociencia (Uruguay)*, 14(3), 163. <https://doi.org/10.31285/AGRO.14.829>
- Soca, P., Carriquiry, M., Keisler, D. H., Claramunt, M., do Carmo, M., Olivera-Muzante, J., Rodríguez, M. y Meikle, A. (2013). Reproductive and productive responses to suckling – restriction treatments and flushing in primiparous grazing beef cows. *Animal Production Science*, 53(4), 283-291. <https://doi.org/10.1071/AN12168>
- Soca, P., do Carmo, C. y Claramunt, T. (2007). Sistemas de cría vacuna en ganadería pastoril sobre campo nativo sin subsidios: propuesta técnica tecnológica para estabilizar la producción de terneros con intervenciones de bajo costo y fácil implementación. *Revistas de Recursos Naturales de Chile*, 32(1-2), 3-26. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/edf2e298-9e36-4320-9db6-675354f915c2/full>
- Soca, P. y Orcasberro, R. (1992, 9 de octubre). *Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura del pasto y aplicación del destete temporario* [contribución]. Jornada de Producción Animal, Paysandú.
- Starbuck, C. (2023). Logistic Regression. En *The Fundamentals of People Analytics* (pp. 223–238). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-28674-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-28674-2_12)
- Steinfeld, H., Wassenaar, T. y Jutzi, S. (2006). Livestock production systems in developing countries: status, drivers, trends. *Revue Scientifique et Technique*, 25(2), 505-516. <https://doi.org/10.20506/rst.25.2.1677>

- Straumann, J. M., Ayala, W., Vázquez, A. I. y Quintans, G. (2006). Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnífera (primer año de evaluación). En G. Quintans, J. I. Velasco y G. Roig (eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna* (pp. 59-63). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3013/1/18429240309132410.pdf>
- Straumann, J. M., Vázquez, A. I., Ayala, W. y Quintans, G. (2003). Efecto del manejo nutricional postdestete sobre el inicio de la pubertad en terneras cruzadas bajo pastoreo. En *Jornada anual de producción animal: Resultados experimentales* (pp. 19-27). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15546/1/Sad-332-p.19-27.pdf>
- Twomey, A. J. y Cromie, A. R. (2023). Impact of age at first calving on performance traits in Irish beef herds. *Journal of Animal Science*, 101, 1-7.  
<https://doi.org/10.1093/jas/skad008>
- Uruguay XXI. (2024). Carne bovina. En *Sector ganadero en Uruguay. Uruguay XXI (Promoción de inversiones, exportaciones e imagen país)*.  
<https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/centro-informacion/articulo/informe-sector-ganadero-2024/>
- Viñoles, C. (2016). Desafíos del entore de 14 meses. *Revista INIA*, (44), 6-9.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5597/1/Vinoles.pdf>
- Viñoles, C. y Álvarez, J. P. (2017a). Introducción. En C. Viñoles y J. P. Álvarez (eds.), *Creep Feeding: Tecnología para aumentar el peso al destete* (pp. 1-7). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8081/1/st-238-2017.pdf>
- Viñoles, C. y Álvarez, J. P. (2017b). Consideraciones finales. En C. Viñoles y J. P. Álvarez (eds.), *Creep Feeding: Tecnología para aumentar el peso al destete* (pp. 55-57). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8081/1/st-238-2017.pdf>

- Viñoles, C., Banchemo, G., Quintans, G., Pérez-Clariget, R., Soca, P., Ungerfeld, R., Bielli, A., Fernández Abella, D., Formoso, D., Pereira Machín, M. y Meikle, A. (2009). Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 13(3), 59-79. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3486/1/Quintans-arb-2009-5.pdf>
- Viñoles, C., Cuadrado, P., De Barbieri, I. y Montossi, F. (2017). Efecto del creep feeding y el destete temporario sobre la performance reproductiva de vacas Hereford primíparas y la tasa de crecimiento de los terneros. En C. Viñoles y J. P. Álvarez (eds.), *Creep Feeding: tecnología para aumentar el peso al destete* (pp. 17-19). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8085/1/st-238-2017-p.17-19.pdf>
- Viñoles, C., Guggeri, D., Cuadro, P., Egaña, J. M., Cuadro, R., Moreira, E., Rodríguez, J. M., Soares de Lima, J. M. y Montossi, F. (2009). *Efecto de la alimentación pre-destete, la edad y el tipo de destete sobre el desarrollo corporal y el inicio de la pubertad en terneras Hereford*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10542/1/SAD-589p9-12.pdf>
- Viñoles, C., Guggeri, D., Cuadro, R., Jaurena, M., De Barbieri, I., Brito, G. y Montossi, F. (2014). Efecto de la edad al destete y la suplementación al pie de la madre sobre la fertilidad al primer y segundo servicio en vaquillonas Hereford. En E. Berretta, F. Montossi y G. Brito (eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos de Basalto* (pp. 235-244). INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/st-217-2014.pdf>
- Viñoles, C., Jaurena, M., De Barbieri, I., do Carmo, M. y Montossi, F. (2013). Effect of creep feeding and stocking rate on the productivity of beef cattle grazing grasslands. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 56(4), 279-287. <https://doi.org/10.1080/00288233.2013.840320>

- Viñoles, C., Pittaluga, O. y Montossi, F. (2009). *Efecto de diferentes alternativas de manejo del amamantamiento sobre la eficiencia reproductiva de vacas Braford y sus efectos sobre el crecimiento de los terneros*.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13577/1/Soluciones-tecnologicas-para-la-raza-Braford-U-E-La-Magnolia-Abril-2009-2.pdf>
- Viñoles, C. y Santa Cruz, R. (2019). Introducción. Recría de vaquillonas: período determinante de su productividad futura. En C. Viñoles y R. Santa Cruz (eds.), *Recuento de folículos antrales y concentraciones de hormona anti-mülleriana: dos potenciales herramientas de selección de reemplazos* (pp. 1-16). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12580/1/st-249-p1-16-2019.pdf>
- Viñoles, C. y Soares de Lima, J. M. (2010). Efecto de las tasas de ganancia a edades tempranas sobre la edad a la pubertad en terneras Hereford. *Agrociencia (Uruguay)*, 14(3), 165.  
<https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/831/849>
- Viñoles, C., Soares de Lima, J. M., Montossi, F. y Giorello, D. (2012). Alternativas para incrementar la eficiencia de los sistemas de cría. Suplementación exclusiva del ternero al pie de la madre (creep feeding). *Revista INIA*, (29), 5-8.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7013/1/18429300612180920-p.5-8.pdf>
- Vizcarra, J. A. y Wetteman, R. P. (1993). Relationship between body weight changes in post-puberal heifers and cessation of luteal activity. *Oklahoma Agricultural Experimental Station Animal Science Research Report*, 933, 351-353.  
[http://dasnr54.dasnr.okstate.edu:8080/beefextension2018/research\\_reports/1993rr/93\\_63.pdf](http://dasnr54.dasnr.okstate.edu:8080/beefextension2018/research_reports/1993rr/93_63.pdf)
- Wathes, D. C., Pollott, G. E., Johnson, K. F., Richardson, H. y Cooke, J. S. (2014). Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal*, 8(1), 91-104.  
<https://doi.org/10.1017/s1751731114000755>

Wiltbank, J. N., Gregory, K. E., Swiger, L. A., Ingalls, J. E., Rothlisberger, J. A. y Koch, R. M. (1966). Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 25(3), 744-751.  
<https://doi.org/10.2527/jas1966.253744x>

Wiltbank, J. N., Kasson, C. W. e Ingalls, J. E. (1969). Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. *Journal of Animal Science*, 29(4), 602-605. <https://doi.org/10.2527/jas1969.294602x>

## 7. Anexos

### 7.1. Caracterización climática del período de recría (marzo a noviembre) por generación

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Temperatura máxima promedio (°C)</b>	22.1	22.5	22.7	21.3	21.9	23.0
<b>Temperatura mínima promedio (°C)</b>	9.0	10.2	10.5	8.7	10.1	10.6
<b>Temperatura promedio (°C)</b>	15.3	16.1	16.3	14.8	15.7	16.5
<b>Precipitaciones totales (mm)</b>	507	530	555	3185	765	709
<b>ITH promedio</b>	59.3	60.5	60.8	58.5	59.8	61.1

Nota. Elaborado a partir de Gras-banco de datos agroclimáticos de la estación meteorológica de la Unidad Experimental Glencoe. Sin datos para la recría de la generación 2008 por no disponibilidad de información.

## 7.2. Regresión cúbica de la tasa de ganancia media diaria en función de las sucesivas instancias de registro de peso vivo, categorizada por condición de preñez para cada generación

