

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ASOCIACIONES ENTRE LONGEVIDAD Y CARACTERES DE REPRODUCCIÓN  
Y CRECIMIENTO EN GANADO ABERDEEN ANGUS

por

Andrea LARRACHARTE CARDOSO

TESIS presentada como uno  
de los requisitos para obtener  
el título de Ingeniero  
Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. (Phd) Jorge Urioste

-----

Ing. Agr. (Phd) Ana Carolina Espasandín

-----

Ing. Agr. (Phd) Virginia Gravina

Fecha: 31 de julio de 2015

Autor: -----

Andrea Larracharte Cardoso

## AGRADECIMIENTOS

A los directores de la tesis Ing. Agr. Jorge Urioste por la posibilidad de realizar esta tesis y a la Ing. Agr. Virginia Gravina e Ing. Agr. Ana Espasandín por el apoyo brindado.

Y en especial a mi familia y amigos que me apoyaron a lo largo de toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1 <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	4
2.1 <u>IMPORTANCIA DE LA CRÍA EN NUESTRO PAÍS</u> .....	4
2.2 <u>DESCRIPCIÓN BIOLÓGICA DEL PROCESO DE CRÍA</u> .....	6
2.2.1 <u>Ciclo estral</u> .....	6
2.2.2 <u>Pubertad</u> .....	6
2.2.3 <u>Primer entore</u> .....	7
2.2.4 <u>Segundo entore</u> .....	7
2.2.5 <u>Reinicio de la actividad sexual posparto</u> .....	8
2.3 <u>CARACTERÍSTICAS POSIBLES DE INCLUIR EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA CRÍA</u> .....	10
2.3.1 <u>Longevidad</u> .....	12
2.3.2 <u>Edad a la pubertad</u> .....	18
2.3.3 <u>Edad al primer parto</u> .....	20
2.3.4 <u>Días al parto</u> .....	21
2.3.5 <u>Tasa de preñez</u> .....	24
2.3.6 <u>Intervalo interparto</u> .....	25
2.3.7 <u>Éxito al parto</u> .....	27
2.4 <u>CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS AL CRECIMIENTO</u> .....	32
2.4.1 <u>Peso al nacer</u> .....	32

2.4.2	<u>Peso al destete</u> .....	33
2.4.3	<u>Peso a los 18 meses</u> .....	34
2.5	<u>CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A LA CANAL</u> .....	35
2.5.1	<u>Área de ojo de bife</u> .....	35
2.5.2	<u>Espesor de grasa subcutánea</u> .....	36
3	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	41
3.1	<u>DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES ANALIZADAS</u> .....	41
3.1.1	<u>Variables indicadoras de longevidad</u> .....	41
3.1.2	<u>Otras variables reproductivas</u> .....	42
3.1.3	<u>Variables de crecimiento</u> .....	42
3.1.4	<u>Variables de la canal</u> .....	43
3.1.5	<u>Procesamiento de datos</u> .....	43
4	<u>RESULTADOS</u> .....	46
4.1	<u>LONGEVIDAD</u> .....	46
4.1.1	<u>Días de vida productiva</u> .....	46
4.1.2	<u>Habilidad de permanencia a los 5 años</u> .....	47
4.1.3	<u>Otras características: reproductivas, de crecimiento y canal</u> .....	50
4.1.4	<u>Asociación entre variables</u> .....	62
5	<u>DISCUSIÓN</u> .....	67
5.1	<u>IMPORTANCIA DEL TRABAJO</u> .....	67
5.2	<u>PRINCIPALES RESULTADOS DE LONGEVIDAD</u> .....	68
5.3	<u>OTRAS VARIABLES Y SU ASOCIACIÓN CON LONGEVIDAD</u> .....	68
6	<u>CONCLUSIONES</u> .....	71
7	<u>RESUMEN</u> .....	73
8	<u>SUMMARY</u> .....	75
9	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	77

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Heredabilidades en características de longevidad.....	15
2. Correlaciones en características de longevidad.....	16
3. Heredabilidades en características reproductivas.....	28
4. Correlaciones entre características reproductivas y de crecimiento .....	30
5. Heredabilidades en características de crecimiento y canal .....	37
6. Correlaciones en características de crecimiento y canal .....	39
7. Frecuencia absoluta (FA) y porcentaje de registros (%) por criador dentro de cada grupo de datos.....	44
8. Frecuencias de cada clase para la variable días de vida productiva, calculado a partir de Datos2.....	46
9. Promedio de días de vida productiva (días) y de longevidad (no. de oportunidades de parto) según codificación de las variables discretas.....	63
10. Promedios de características continuas según codificación de la variable habilidad de permanencia a los 5 años.....	64
11. Porcentaje y frecuencia de una variable discreta con respecto a otra variable discreta.....	65
 Gráfico No.	
1. Mediana y coeficiente de variación para la variable días de vida productiva según establecimiento, calculados a partir de Datos2 .....	47
2. Porcentaje de habilidad de permanencia a los 5 años y coeficiente de variación según establecimiento, calculados a partir de Datos2.....	48
3. Frecuencia absoluta y relativa para la variable longevidad, calculados a partir de Datos2.....	49
4. Media y coeficiente para la variable longevidad según establecimiento,	

calculado a partir de Datos2.....	50
5. Media y coeficiente de variación para la variable edad al primer parto según establecimiento, calculado a partir de Datos1.....	51
6. Media y coeficiente de variación para el logaritmo de días al parto según establecimiento, calculado a partir de Datos1.....	52
7. Frecuencia absoluta y relativa del número de partos promedio, calculado a partir de Datos2 .....	53
8. Media y coeficiente de variación para el número de partos según establecimiento, calculado a partir de Datos2.....	54
9. Media y coeficiente de variación para la variable eficiencia según establecimiento, calculado a partir de Datos2 .....	55
10. Porcentaje de éxito al segundo parto y coeficiente de variación según establecimiento, calculado a partir de Datos2.....	56
11. Porcentaje de éxito de tener tres partos consecutivos y coeficiente de variación según establecimiento, calculado a partir de Datos2.....	57
12. Media y coeficiente de variación para el peso al nacer según establecimiento, calculados a partir de Datos3 .....	58
13. Media y coeficiente de variación para peso al destete según establecimiento, calculado a partir de Datos3.....	59
14. Media y coeficiente de variación para el peso a los 18 meses según establecimiento, calculado a partir de Datos3.....	60
15. Media y coeficiente de variación para la variable área de ojo de bife según establecimiento, calculado a partir de Datos4.....	61
16. Media y coeficiente de variación para la variable espesor de grasa subcutánea según establecimiento, calculado a partir de Datos4.....	62

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia económica y social del proceso de cría dentro del sistema de producción de carne vacuna ha sido citada en numerosos trabajos. Se trata de la actividad más importante del agro nacional en términos de número de explotaciones, cabezas de ganado y superficie ocupada. Según datos de MGAP. DIEA (2013), en Uruguay la producción de carne se realiza en 47.901 explotaciones ganaderas y agrícola - ganaderas, de las cuales 25.464 (53%) son criadores que ocupan una superficie de 7,6 millones de ha, e incluyen un total de 9,2 millones de cabezas.

Por ley biológica, la primera función de cualquier animal de cría es reproducirse; como ley económica, la reproducción define el porcentaje de extracción o el ritmo de expansión del stock vacuno de un establecimiento (cantidad de animales que salen a la venta como excedentes vendibles) y fija a su vez el costo de producción de cada unidad animal producida. Desde el punto de vista de la superación técnica del establecimiento, el primer paso para mejorar la eficiencia de un rodeo en general es mejorar los índices reproductivos, pues la fertilidad es el rasgo económico de mayor importancia en la ganadería de carne (Sobrero, 2006).

En nuestro país el porcentaje de procreo se ubica en torno a 64% (promedio 2003-2012) (MGAP. DIEA, 2013), valor que a principios de siglo pasaba inadvertidamente pues la extracción por faena era escasa y el ritmo de producción era muy lento. Hoy la faena de vacas y novillos es muy superior, se faenan muchas vacas preñadas y hay nuevas vías de salida de ganado pues han entrado en la categoría de animales con destino al abasto terneras y vaquillonas, además de las exportaciones de ganado en pie. El invernador al ser más eficiente acelera su ciclo de preparación y demanda reposición a mayor ritmo, y esa importante extracción por faena y exportación no es compensada por un nivel adecuado de nacimientos, disminuyendo el stock de vacunos (Sobrero, 2006).

Al bajo porcentaje de procreo, con un marcado descenso en vacas de segundo entore, se le suma una avanzada edad de las vaquillonas al primer entore (3 años), y un bajo peso de los terneros al destete (Pigurina, 2000). Sobrero (2006) señala que además de lo mencionado anteriormente, se suma una baja longevidad productiva de los vientres, no más de cuatro terneros en su vida; y un retraso en el proceso de invernada, pues la recría de terneros se hace en muchos casos en zonas de cría y se entrega tardíamente el animal al invernador, el cual a su vez tardíamente le imprime un ritmo de desarrollo mayor para llegar al peso de faena.

El problema nutricional tiene, para la capacidad reproductiva de la vaca, la misma trascendencia que para el engorde del ternero o novillito. Si al ternero se le puede aplicar un nivel que contemple manutención de necesidades mínimas, crecimiento y engorde a la vez, habremos llegado al fin de producir más rápido un animal para faena. Si a la ternera se le aplica el mismo plano alimenticio, producirá su primer ternero antes, pues se entorará a los 18 a 24 meses y en su vida útil dará más de cuatro terneros. Y finalmente, si a la vaca se le oferta alimentación adecuada producirá un ternero al año, y no uno y fracción cada dos años (Sobrero, 2006).

Bajo las condiciones de producción de carácter extensivo donde se realiza la cría en nuestro país, es fundamental que las vacas de cría sean más longevas, es decir que permanezcan en producción durante varios años para generar los ingresos suficientes para compensar los costos de mantenimiento y desarrollo. La longevidad en ganado de carne es un tema relativamente nuevo y con excepción de un número limitado de publicaciones en este campo, en la actualidad existe poca información de la característica en la mayoría de razas de carne de todo el mundo (Forabosco, 2005).

En el presente trabajo se analizó la longevidad en vacas como posible variable indicadora de la eficiencia de un rodeo de cría. Varias son las definiciones que se le han dado a la característica longevidad, y se citan varios criterios en cuanto a su aplicación e interpretación. El punto inicial puede ser considerado al nacimiento, primer servicio, o primer parto; el punto final puede ser la sobrevivencia a los 48 o 72 meses de edad, o simplemente cuando el productor saca el animal de su rodeo por cualquier motivo. La definición de longevidad va a depender del enfoque considerado en la investigación.

Hay dos definiciones de longevidad que se relacionan con el momento de la observación. El “largo de vida productiva” se utiliza cuando se mide la duración de la vida útil completa de la vaca y para este rasgo es necesario esperar hasta que la vaca se sacrifique. En cambio, “habilidad de permanencia” puede definirse como la probabilidad de sobrevivir o permanecer una vaca en un rodeo a una edad determinada, siempre que tenga la oportunidad, por ejemplo, a los 48 meses después del primer parto (Van der Westhuizen et al. 2001, Forabosco 2005).

Los programas de evaluación genética en bovinos de carne son una herramienta ampliamente difundida y utilizada en la selección de reproductores en nuestro país. Las primeras evaluaciones genéticas nacionales proporcionaron inicialmente DEPs para pesos al destete, 15 y 18 meses, y habilidad lechera. Posteriormente fueron incorporadas en etapas sucesivas peso al nacimiento, circunferencia escrotal, área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea. En la actualidad se llevan además registros de grasa intramuscular a los 18 meses, y registro de condición corporal y peso de las vacas al momento de destetar los terneros (Lema y Ravagnolo, 2008).

Realizar evaluaciones para las características reproductivas permitiría conocer las relaciones genéticas entre estas y las demás características evaluadas en los sistemas de evaluación genética. Existe una variedad de características que pueden ser asociadas a la eficiencia reproductiva. Sin embargo existen diferencias entre ellas en relación al tipo de información necesaria para su obtención, dificultad y costo de medición, grado de asociación con fertilidad, variabilidad genética, etc. Algunas de estas características se expresan luego de varios años en el rodeo, por ejemplo la habilidad de permanencia. Esto hace que sea indispensable contar con información de muchos años para evaluar esta característica (Lema y Ravagnolo, 2008).

El objetivo de esta tesis es doble. Por un lado, en la revisión se presenta un marco conceptual general sobre las posibilidades de selección en características de longevidad y otras variables reproductivas, que puedan llegar a ser incluidas en los programas de mejoramiento genético en ganado de carne bajo sistemas extensivos o semi-extensivos como los existentes en nuestro país. Por otro lado, realizar un análisis descriptivo de diversas variables indicadoras de longevidad obtenidas de la base de datos Aberdeen Angus: días de vida productiva, habilidad de permanencia a los 5 años, y longevidad medida como el número de oportunidades de parto. Analizar además otras variables reproductivas como: edad al primer parto, días al parto, éxito al segundo parto, número de partos, eficiencia y éxito de tener tres partos consecutivos, y características asociadas al crecimiento y la canal. Adicionalmente, determinar asociaciones fenotípicas (correlaciones, porcentajes, frecuencias, regresiones) entre las características de longevidad y las demás variables.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En el presente capítulo se describirá en primer lugar la importancia del sistema de cría en nuestro país, y una breve descripción biológica del proceso de cría. Luego se analizará el tema central de este trabajo: la longevidad en ganado de carne, y la importancia de incluir esta característica en los programas de mejoramiento genético con el fin de mejorar los bajos índices reproductivos que caracterizan nuestra ganadería.

Para la característica longevidad se describirán definiciones y estimaciones de parámetros genéticos y, ventajas y desventajas de ser incluida en un programa de mejoramiento genético. Del mismo modo se describirán otras características de interés, reproductivas, y asociadas al crecimiento y canal, que pueden ser indicadoras tempranas de longevidad.

### 2.1 IMPORTANCIA DE LA CRÍA EN NUESTRO PAÍS

La riqueza ganadera de un país está asentada sobre la cantidad de vacas de cría que posea, ya que son ellas las verdaderas máquinas de producción de carne al proveer la materia prima para el funcionamiento de los demás segmentos que integran la cadena, asegura la reposición de animales en el campo, y la venta de la producción o el eventual crecimiento de stock. Las explotaciones típicamente criadoras son aquellas que venden su producción de terneros para invernar, y su éxito depende en primera instancia de la cantidad de terneros destetados en relación a los vientres entorados (Rovira, 2008).

En Uruguay un problema de gran trascendencia es la baja performance reproductiva del ganado vacuno que da una realidad de gran pobreza en la natalidad y que incide en la reposición y expansión del rodeo, afecta la tasa de extracción, y la presión de selección, que a su vez define el mejoramiento (Sobrero 2006, Rovira 2008). A nivel nacional, según datos MGAP. DIEA (2013), se han registrado en la última década porcentajes de preñez en torno al 74% (promedio 2002-2011).

El principal objetivo del criador es obtener un ternero por vaca por año. Se asume que el estado corporal adecuado para una buena performance reproductiva del tipo de vientre predominante en Uruguay (Hereford, Aberdeen Angus y sus cruza) coincide aproximadamente con un peso vivo de alrededor de 400 kg. Estos vientres destetan un ternero que representa un 35 a 45% de su peso vivo a través de un proceso muy ineficiente como es la doble transformación de pasto a leche de la vaca y leche a carne del ternero. Pero de las vacas entoradas con cría al pie, difícilmente más del 50% de ellas vuelvan a quedar preñadas en esas condiciones, y las diferencias anuales en la tasa de natalidad están dadas fundamentalmente por esta categoría. Las vaquillonas y vacas

falladas integran mayoritariamente el rubro de vientres a gestar, pues tienen antecedentes de descanso o de no producción previa, o sea ausencia de estrés fisiológico anterior o vigente por gestación, parto y lactancia (Sobrero 2006, Rovira 2008).

Los principales factores que influyen sobre la capacidad de los vientres con ternero al pie de reiniciar la actividad sexual posparto son el estado corporal al parto y al comienzo del entore. La condición corporal al parto sería la principal variable de estado del sistema criador para definir la probabilidad de preñez esperable en el próximo entore, que tiene relación además con la longitud del intervalo parto-primer celo, con la performance en lactación, salud y vigor del ternero, y la incidencia al parto en vaquillonas extremadamente gordas. La condición de la vacas al entore afecta su performance reproductiva en términos de número de servicios por concepción, intervalo interparto y porcentaje de vacas vacías (Orcasberro 1994, Scaglia 1997).

En condiciones normales, la tasa de concepción estimada en un año debería reflejarse con nitidez en la tasa de procreo del siguiente. Sin embargo, entre preñez y procreo suelen originarse pérdidas debidas a factores sanitarios, nutricionales y ambientales que determinan la necesidad de realizar ajustes en la tasa de concepción. La diferencia entre la tasa de preñez de los rodeos diagnosticados en la encuesta de preñez y la de procreo en el total del rodeo nacional, constituye un indicador del "abatimiento" que corresponde aplicar a la tasa de concepción proveniente de la encuesta para realizar ajustes en la tasa de concepción (MGAP. DIEA, 2009).

El porcentaje de procreo (terneros destetados/vacas entoradas) promedio a nivel nacional muestra un valor aproximado a 64%, existiendo gran variación entre años en la mayoría de los predios ganaderos (MGAP. DIEA, 2013). Este valor es muy bajo en relación al potencial de la especie y es inferior a los promedios alcanzados en otros países donde predominan bovinos de carne de razas europeas bajo régimen de pastoreo (Orcasberro, 1994).

Para que una vaca destete un ternero en años consecutivos, el primer requisito es que el intervalo entre parto y concepción no exceda los 80-85 días, y la probabilidad de que una vaca quede preñada en ese intervalo está determinada, en gran parte, por la duración del anestro posparto. Diversos factores condicionan la duración del anestro posparto; entre ellos la nutrición y el amamantamiento (Orcasberro 1994, Pigurina 2000). Quintans (2002, 2004) señala que si bien las condiciones climáticas influyen en las oscilaciones que observamos entre años en el porcentaje de destete, no son las responsables mayoritarias de los pobres guarismos reproductivos; siendo la principal diferencia entre predios, el manejo del rodeo de cría.

## 2.2 DESCRIPCIÓN BIOLÓGICA DEL PROCESO DE CRÍA

### 2.2.1 Ciclo estral

Las vacas son animales poliéstricos continuos porque el ciclo estral se produce de forma continua a lo largo del año (Rovira, 1996). El ciclo estral es el período de tiempo que transcurre entre dos celos consecutivos, y ocurre en animales vacíos, bien alimentados y sin procesos patológicos que impidan la manifestación del mismo. En la vaquilla tiene una duración promedio de 20 días y en la vaca 21 días, el celo dura entre 18 y 20 horas, y la ovulación se produce unas 12 horas después de finalizar el celo. Este patrón cíclico se inicia en la pubertad y se prolonga durante toda la vida del animal, pudiéndose observar interrupciones de los ciclos (anestro) por causas fisiológicas o patológicas (Fernández Abella 1995, Rovira 2008).

Existe variabilidad en la duración del ciclo estral entre animales de una misma especie, aun estando sometidos a similares condiciones de manejo. En la vaca se ha observado que la duración del ciclo depende del número de ondas foliculares (2 o 3 ondas) que presenta el animal. Los ciclos con 2 ondas son más cortos (media 19,2 días) que los de 3 ondas (media 22,4 días) (Medina et al., 2010).

### 2.2.2 Pubertad

En las hembras se define como el momento en que se manifiesta el primer celo o estro acompañado de la ovulación correspondiente (Rovira, 2008). Es la culminación de un largo proceso de desarrollo reproductivo que se inicia mucho antes del nacimiento del animal. Este desarrollo se compone principalmente de tejidos y funciones asociadas con el eje endocrino reproductivo, incluyendo el hipotálamo, la hipófisis anterior, y los ovarios. La comunicación y coordinación entre estos componentes a través de las señales hormonales y otros permiten la adquisición y el mantenimiento de las funciones y capacidades reproductivas. Las vaquillonas que llegan a la pubertad y experimentan múltiples ciclos de celos antes del inicio de su temporada de cría inicial tienen una mayor probabilidad de concepción temprana y una óptima productividad de por vida. La pubertad se produce normalmente alrededor de 12 a 14 meses de edad en vaquillonas de carne, pero es muy variable. Las diferencias genéticas y los factores ambientales contribuyen a esta variación (Gasser, 2013).

El nivel nutritivo en el periodo inmediato al destete, es decir, durante el primer invierno de vida del animal, es de gran influencia en la aparición de la pubertad. La alimentación en ese momento es fundamentalmente la que marca el adelanto o el atraso de la pubertad. A medida que se mejora el nivel nutritivo disminuye la edad y aumenta el peso en que se manifiesta la pubertad. Esto está indicando que el peso no es el único factor que determina el momento de la iniciación de la actividad sexual. En general,

parecería que el alto nivel alimenticio acelera más rápidamente el crecimiento corporal medido a través del peso, que la madurez fisiológica medida a través de la edad a la pubertad (Rovira, 1974).

### 2.2.3 Primer entore

El primer entore significa el comienzo de la etapa reproductiva de la hembra, pasando así a integrar la categoría de vientre. Al proceder a entorar por primera vez las vaquillonas se debe estar seguro de que presenten un desarrollo adecuado y que por lo tanto estén ciclando normalmente, es decir, que manifiesten celo cada 20 a 21 días, en promedio (Rovira, 2008). En el caso de las vaquillonas, más que la edad de entore hay que referirse al peso, porque es el factor que condiciona y define más clara y terminantemente el índice de fertilidad a obtener del primer servicio y que sigue reflejándose aún en el segundo entore (Sobrero, 2006).

El adelanto de la edad al primer entore determina una disminución importante en la categoría de animales improductivos, lo que permite incrementar la eficiencia global del proceso de producción de carne (Rovira, 2008). Sin embargo, la edad al primer entore continúa siendo un problema ya que el 70% de las vaquillonas son entoradas con 3 años de edad (Scaglia, 1997).

Con una edad de primer entore de 3 años como existe en promedio en nuestro país y un porcentaje de procreo que ronda el 63%, es necesario mantener en el campo 2,4 animales para producir un ternero, aumentando así el número de animales improductivos en el campo. La meta inmediata sería alcanzar un procreo del 80% y entorando por primera vez a los 2 años de edad, manteniéndose 1,6 animales en el campo por cada ternero producido, siendo mucho más eficiente la utilización del forraje disponible. Pero solo el 30% de las vaquillonas son entoradas a los dos años de edad, el porcentaje restante no alcanza el desarrollo necesario y se entora a los 3 años. Cuando se entora a los 14-15 meses y se obtiene un procreo general de 90%, solamente se necesita mantener en el campo 1,1 animales (Rovira, 2008).

### 2.2.4 Segundo entore

La categoría más difícil de preñar es la que está criando su primer ternero al pie, ya sea con 2 ó 3 años de edad. Es claro que la de 2 años (entorada a los 14-15 meses) presenta más problemas porque es más joven y aún se encuentra en un período de crecimiento muy activo, cosa que en la de 3 años (entorada a los 2 años) ya está mucho más atemperado. Por las mismas razones, la producción de leche interfiere más en los procesos reproductivos en los vientres más jóvenes (Rovira, 2008).

Para aumentar la fertilidad del segundo entore se sugiere que al entorar por primera vez la vaquillona se haga un mes antes que el resto del rodeo a fin de alargar el lapso primer parto-segundo entore, con lo que se dan mayores posibilidades de recuperación orgánica para el segundo servicio. También se justifica el entore previo de la vaquillona virgen, pues esta categoría es más difícil de hacerla concebir (necesita más servicios), y a su vez, como su ternero será más pequeño tanto al nacer como luego por la escasa producción lechera, resultará más parejo con los demás terneros que provienen de vacas adultas, por el solo hecho de nacer antes. Este servicio adelantando de la vaquillona permite a su vez una atención más concentrada y particular de los partos de esta categoría que es la que tiene mayores dificultades de parición (Sobrero, 2006).

### 2.2.5 Reinicio de la actividad sexual posparto

Cuanto antes se reinicia la actividad sexual posparto, mayores serán las probabilidades que tendrá el vientre de volver a quedar preñado y también serán mayores las probabilidades de parir temprano (Rovira, 2008). En general, la reiniciación de la actividad sexual posparto se hace coincidir con la manifestación del primer celo siguiente al parto. Sin embargo, la actividad ovárica comienza bastante antes, lo que permite afirmar que generalmente el primer celo no coincide con la primera ovulación. Los celos silentes (ovulación sin manifestación de celo) son mucho más frecuentes de lo que normalmente se cree (Rovira, 2008).

A los 40 y 45 días posparto la vaca ya tiene el potencial genético y fisiológico para reiniciar su actividad sexual, entrando nuevamente en celo aquellos animales que tengan un manejo nutritivo adecuado. A los 40 días posparto, alrededor del 50% de los vientres ya tendrían que haber manifestado celo y a los 70 días posparto, prácticamente la totalidad. La fertilidad de los celos, medida a través del porcentaje de preñez o de retención de servicio, va aumentando a medida que lo hacen los días a partir del parto, hasta llegar después de los 60 días a estabilizarse alrededor de 65-70% (Rovira, 2008).

Después del parto, las vacas son infértiles por un periodo de tiempo variable, y cuatro son los principales factores que contribuyen a esa infertilidad: la involución uterina, ciclos estrales cortos, anestro e infertilidad en general (Short et al., 1990). Durante la gestación el útero de la vaca aumenta considerablemente su tamaño. Inmediatamente de la expulsión del feto y de la placenta el útero inicia el proceso de involución, que consiste en volver a su posición normal cercana a la región pélvica y en adquirir su tamaño y consistencia normales, propios del vientre no gestante. La involución tarda en completarse entre 30 y 50 días, y diversos factores pueden incidir sobre la rapidez de la involución. Las infecciones uterinas, retención de placenta y mal estado corporal de la vaca pueden retardar el proceso. Los vientres primerizos, en promedio, pueden demorar alrededor de 7 días más que las vacas adultas (Rovira, 2008).

Short et al. (1974) señalan que muy pocas vacas mostrarán un estro lo suficientemente temprano después del parto como para que la involución uterina interfiera en la concepción, siempre que alguna enfermedad no impida o retrase la involución normal. A su vez, Rovira (2008) señala que el comienzo de la actividad ovárica posterior al parto no parece estar muy condicionado por el proceso de involución uterina, ya que se pueden producir ovulaciones e incluso celos antes de que se complete.

Los ciclos estrales cortos se producen porque el cuerpo lúteo no puede funcionar con normalidad. El útero en el posparto temprano produce y metaboliza grandes cantidades de prostaglandina ( $PF2\alpha$ ), que probablemente prolongan el intervalo para una función normal del cuerpo lúteo. Estas altas concentraciones de  $PF2\alpha$  son presumiblemente parte de los mecanismos involucrados en la involución uterina. La involución uterina está involucrada en la supresión del embarazo, no sólo mediante el bloqueo de la fertilización como se mencionó anteriormente, sino también mediante la prevención de la función normal del cuerpo lúteo (Short et al., 1990).

Las modalidades de control del anestro pueden ser diferentes dependiendo de la causa, o el efecto primario puede cambiar a medida que la vaca después del parto progresa de un anestro profundo a un anestro superficial con el tiempo después del parto. El tiempo requerido para esta transición varía con la importancia de cada uno de los factores de control. El amamantamiento y la nutrición son los factores más importantes que determinan la duración del anestro posparto (Short et al., 1990).

Si los terneros son destetados antes de que comiencen los ciclos estrales (por lo general entre 20 y 40 días después del parto), las vacas vuelven al estro en pocos días. La interrupción del amamantamiento estimula el reinicio de la actividad sexual de la vaca, y los nutrientes que eran destinados a lactación se destinan a la mejora del estado corporal del vientre, lo cual se expresa en una mejora de la condición corporal, y en consecuencia, en el incremento del porcentaje de preñez y la reducción del intervalo parto-concepción. Los efectos nutricionales son provocados a través de una compleja interacción entre muchas variables tales como la cantidad y calidad de la ingesta de alimento, las reservas de nutrientes almacenadas en el cuerpo y la competencia por nutrientes con otras funciones fisiológicas, además de la reproducción (Short et al., 1990).

El comportamiento reproductivo de un rodeo está en función de la longitud del anestro posparto y del índice de concepción de los celos de las vacas que están ciclando. La importancia relativa de estas dos variables puede variar bajo distintas circunstancias. Por ejemplo, si el anestro posparto es eventualmente corto y las vacas están ciclando antes de la entrada de los toros, los factores que afectan el índice de concepción cobrarán más importancia que la duración del anestro. Por el contrario, si el anestro posparto es largo, una reducción del mismo a través de los factores que lo afectan, redundará en un mayor beneficio al mejorar el comportamiento reproductivo (Rovira, 2008).

Para que un sistema de cría sea rentable es necesario mejorar los bajos índices reproductivos. Esto implica aumentar el porcentaje de destete, entorar las vaquillonas en lo posible antes de los dos años de edad, y que las vacas permanezcan en producción varios años en el rodeo para generar los ingresos suficientes que cubran los costos de mantenimiento y desarrollo. Por lo tanto, resulta muy importante evaluar las posibilidades de selección en características de longevidad y otras características reproductivas y su eventual inclusión en las evaluaciones genéticas en bovinos de carne. Para ello se deben conocer sus heredabilidades y las relaciones genéticas entre estas y otras características que ya fueron incluidas en los programas de evaluación existentes para las principales razas de carne del país.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS POSIBLES DE INCLUIR EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA CRÍA

La reproducción es una característica compleja, con muchos componentes. Algunos de estos componentes, como el éxito al parto y habilidad de permanencia se manifiestan como rasgos de umbral (expresión binaria, presencia-ausencia), mientras que otros, como la fecha de parto, intervalo interparto y la edad al primer parto son de carácter continuo (Van der Westhuizen et al., 2001).

Las evaluaciones genéticas a nivel nacional para las principales razas de carne, Hereford y Angus, tuvieron sus comienzos al final de la década del 80 con trabajos de preparación y levantamiento de registros, siendo publicados los primeros catálogos nacionales de reproductores a comienzos de la década del 90. En los años transcurridos desde la primera evaluación genética hasta el momento no solo se ha incrementado el número de cabañas y animales participantes, sino que además se ha realizado una acumulación importante de datos de genealogía, de comprensión por parte de los usuarios de los resultados y de utilización de estos resultados en la selección de los reproductores (Lema y Ravagnolo, 2008).

El programa de evaluación genética de la raza Aberdeen Angus se realiza en nuestro país desde el año 1992, fecha en que se publicó el primer catálogo de padres. La evaluación genética de los reproductores se basa principalmente en el cálculo del DEP (Diferencia Esperada en la Progenie) para características de crecimiento y carcasa, y se está avanzando en el análisis para características reproductivas. Desde sus inicios las evaluaciones genéticas fueron realizadas por el Servicio de Evaluación de Reproductores (SER) integrado por la Facultad de Agronomía, la Asociación Rural del Uruguay (ARU) y la Sociedad de Criadores Angus del Uruguay. A partir del Año 2001 INIA se

incorpora al SER, participando en el procesamiento y análisis de los datos de la raza (Ravagnolo et al., 2013).

Si bien se han incorporado varias características a las evaluaciones genéticas nacionales, de forma general éstas han sido asociadas al crecimiento de los animales. Este tipo de características asociadas al crecimiento tienen heredabilidades medias a altas y fáciles de medir, determinando que el progreso genético logrado por selección a través de las mismas sea más rápido y visible que cuando es realizado por características de baja heredabilidad (Lema y Ravagnolo, 2008).

Para que una característica sea útil en un esquema de evaluación genética nacional, debe ser heredable y poco costosa de medir y registrar. Adicionalmente, en situaciones donde la base de datos es pequeña, la recuperación de información perdida a través de supuestos razonables es vital para una evaluación genética (Johnston y Bunter 1996, Urioste 2008). La principal debilidad detectada en los sistemas de registro dominantes hasta ahora es que la vaca vacía no queda registrada en el sistema. Sin embargo se puede hacer un seguimiento indirecto (de menor calidad), definiendo la permanencia de la vaca como el tiempo entre el primero y el último parto registrado en la base de datos, y asumiendo que quedó vacía cuando un nacimiento dentro de ese período no es reportado. Los sistemas de registro reproductivo pueden ser afectados además por la estructura de edades y manejo del rodeo (Urioste, 2008).

Las características que se consideran indicativas de la fertilidad son en general de baja heredabilidad, se expresan tarde en la vida de un animal, o ambos, y existe cierta dificultad en su medición (Johnston y Bunter 1996, Cammack et al. 2009). A esto se le debe agregar la naturaleza binaria de muchos de estos rasgos en un corto periodo de reproducción controlada, que dificulta los análisis genéticos (Cammack et al., 2009). Esa baja heredabilidad de las características reproductivas ocurre porque gran parte de la varianza fenotípica del comportamiento reproductivo se debe a los efectos genéticos no aditivos y al ambiente. Las variables reproductivas están fuertemente influenciadas por el manejo y la nutrición, pero también existe una base genética (Urioste, 2008).

Mientras que las estimaciones de heredabilidad para muchas características reproductivas son bajas, existen otras características que tienen heredabilidades moderadas, y hay correlaciones genéticas importantes entre las características reproductivas y otras características de producción que son de moderada a altamente heredables (Cammack et al., 2009). Por consiguiente, la consideración de aspectos reproductivos en los programas de selección parece factible, ya sea por selección directa o indirecta (Meyer et al., 1990).

A continuación se describirá en primer lugar la longevidad a través de tres características indicadoras: días de vida productiva (días), habilidad de permanencia a los 5 años y longevidad medida como el número de oportunidades de parto.

Posteriormente se describirán otras variables reproductivas, de crecimiento y canal, dada la posibilidad de que exista algún tipo de asociación con las características de longevidad, y que puedan ser utilizadas como indicadores tempranos de las mismas.

### 2.3.1 Longevidad

La longevidad forma parte del grupo de características funcionales, que son aquellas características del animal que aumentan la eficiencia del rodeo al reducir los costos asociados a los reemplazos. Este grupo de características incluye además la fertilidad, facilidad al parto y temperamento. Durante mucho tiempo estas características recibieron poca atención en la cría de ganado vacuno (Forabosco, 2005).

#### 2.3.1.1 Definiciones relacionadas al largo de vida productiva

En ganado de carne, longevidad es una medida del tiempo que se encuentra un animal en producción en el rodeo y se determina por múltiples factores, tales como la producción, la fertilidad, la salud y la viabilidad. En ganado de leche se define longevidad como una medida de la capacidad que tienen las vacas para sobrevivir al descarte voluntario e involuntario. El descarte voluntario es provocado parcialmente por baja producción de leche y el descarte involuntario se produce cuando la vaca muere o debe dejar el rodeo por problemas reproductivos o de salud (Vollema, 1998).

Tanida et al. (1988), Díaz et al. (2002), Forabosco et al. (2003, 2004), Forabosco (2005), Dákay et al. (2006) definieron longevidad como el período de tiempo que transcurre entre el primer y último parto o sacrificio de una vaca. Van der Westhuizen et al. (2001) calcularon la longevidad a partir de la edad en que se registró el último conjunto de datos, por ejemplo, si el último registro para una vaca fue a los 6 años de edad, se le asigna un registro de longevidad de 6 años.

Existen en la literatura dos expresiones diferentes para la longevidad: longevidad verdadera y longevidad funcional (Ducrocq et al. 1988, Forabosco et al. 2004). La primera depende de la productividad del animal, y la segunda es la longevidad corregida por descarte voluntario, que depende de la habilidad de la vaca para evitar el descarte por razones involuntarias (Dekkers 1993, Vollema 1998). La razón para distinguir entre descarte voluntario e involuntario es que la selección por longevidad verdadera es prácticamente equivalente a la selección por productividad (por lo menos en el ganado lechero) y no conduce necesariamente a la mejora genética en la capacidad de soportar descarte involuntario (Dekkers, 1993).

Esta distinción entre descarte voluntario e involuntario es particularmente difícil en ganado de carne, principalmente debido a la falta de información sobre las razones de descarte, y excepto en casos de emergencia (sacrificio por trastornos agudos de salud

tales como trastornos locomotores graves, metritis, aborto, distocia, o incluso la muerte), todas las demás decisiones de eliminación son técnicamente decididos y planificados por el productor. La mayoría del descarte voluntario se produce entre el primer y segundo parto, porque el criador prefiere mantener las vacas más viejas que ya han demostrado su eficacia (Forabosco et al., 2004). Van der Westhuizen et al. (2001) sostienen que un pobre desarrollo reproductivo como resultado del nacimiento en un año que coincida con un período de escasez de nutrientes aumentaría la probabilidad de descarte a una edad temprana.

Martínez et al. (2004a, 2004b, 2005) definieron duración de vida productiva como el número de días que sobrevivió una vaca después de registrado su primer parto a los 2 años de edad, dada la oportunidad de vivir “n” años más. Martínez et al. (2004a, 2004b) calcularon la producción de por vida a través de tres medidas en vacas Hereford, el número de terneros nacidos, número de terneros destetados, y peso acumulado al destete.

#### 2.3.1.2 Definiciones relacionadas a la habilidad de permanencia

Van der Westhuizen et al. (2001) definieron habilidad de permanencia como la probabilidad que tiene una vaca de sobrevivir en el rodeo a una edad determinada, dada la oportunidad de llegar a esa edad. Estos autores, dividieron los datos en cinco grupos de oportunidad: 36, 48, 60, 72 y 84 meses de edad, codificados como “1” si la vaca sobrevivió a la edad determinada, o “0” si no estaba presente en el rodeo a esa edad.

Van Melis et al. (2007) definieron habilidad de permanencia como el éxito de tener 5, 6, o 7 partos consecutivos, dada la oportunidad de reproducirse. Martínez et al. (2005) definieron “habilidad de permanencia a una edad específica” como el número de años que permaneció una vaca en el rodeo después de parir su primer ternero a los dos años de edad, “habilidad de permanencia al parto” como el número de terneros nacidos después de parir su primer ternero a los dos años de edad, y “habilidad de permanencia al destete” como el número de terneros destetados dado que destetó su primer ternero nacido a los dos años de edad.

#### 2.3.1.3 Estimaciones de longevidad

Los valores encontrados en la literatura son muy variables, en la raza Avileña 6,5 años (Díaz et al., 2002), en ganado multirracial  $7,6 \pm 4,0$  años y en Angus  $8,3 \pm 2,7$  años (Dákay et al., 2006), en la raza Chianina 4,9, 5,0 y 5,97 años (Forabosco et al. 2003, 2004, Forabosco 2005, respectivamente), en Hereford 4,2 años y en Angus 4,5 años (Tanida et al., 1988). Van der Westhuizen et al. (2001) encontraron que la longevidad varió entre 2 y 10 años.

El promedio de duración de vida productiva estimado por Martínez et al. (2004a) fue de 1018 días, con valores entre  $336 \pm 81$  y  $1660 \pm 683$  días en la raza Hereford. Martínez et al. (2005) estimaron promedios de habilidad de permanencia a los 3 (87%), 4 (77%), 5 (69%), 6 (58%), y 7(47%) años, y promedios de habilidad de permanencia al parto y al destete que también disminuían a medida que aumentaba el grupo de oportunidad con valores entre 0,30-0,66, y 0,25-0,69, respectivamente. Van der Westhuizen et al. (2001) analizaron en ganado multirracial el porcentaje de animales presentes a los 36 (76%), 48 (56%), 60 (38%), 72 (27%) y 84 (19%) meses de edad. Van Melis et al. (2007) en ganado Nelore obtuvieron porcentajes de éxito de tener 5, 6 y 7 partos consecutivos, de 37, 29 y 24%, respectivamente.

#### 2.3.1.4 Heredabilidades en características de longevidad

Para la característica longevidad se encontraron estimaciones de 0,08 en ganado multirracial (Van der Westhuizen et al., 2001), y un rango de 0,17 a 0,20 (promedio 0,18) en ganado Nelore (Van Melis et al., 2010). Forabosco et al. (2003), Forabosco (2005) en la raza Chianina obtuvieron promedios de heredabilidad de 0,09, y 0,11, respectivamente.

Martínez et al. (2004b) encontraron que las heredabilidades se incrementaron con el aumento de la oportunidad de vivir de 1 a 6 años más después de registrado el primer parto a los dos años, con promedios de 0,05, 0,08, 0,08, 0,10, 0,12, y 0,15. Los autores señalan que el aumento en las estimaciones de heredabilidad con el aumento del largo del grupo de oportunidad puede ser debido a períodos más largos para que se expresen las diferencias genéticas. Los valores de heredabilidad para el número de terneros nacidos se ubicó entre 0,08 a 0,16, para el número de terneros destetados entre 0,05 a 0,16, y para el peso al destete acumulado entre 0,06 a 0,16 (Martínez et al., 2004b).

Las estimaciones de heredabilidad para habilidad de permanencia son muy variables. Van der Westhuizen et al. (2001) obtuvieron valores de heredabilidad para habilidad de permanencia a los 3, 4, 5, 6 y 7 años de 0,06, 0,10, 0,06, 0,03 y 0,11, respectivamente. En el estudio de Martínez et al. (2005) las heredabilidades para habilidad de permanencia a una edad específica variaron entre 0,09-0,30 (promedio 0,20), al parto entre 0,29-0,39 (promedio 0,36), y al destete entre 0,21-0,47 (promedio 0,30). Van Melis et al. (2007) estimaron heredabilidades para el éxito de tener 5, 6, y 7 partos consecutivos de  $0,25 \pm 0,02$ ,  $0,22 \pm 0,03$ , y  $0,28 \pm 0,03$ , respectivamente.

El Cuadro No. 1 muestra un resumen de las heredabilidades encontradas en la literatura para las características de longevidad analizadas en este estudio.

Cuadro No. 1. Heredabilidades en características de longevidad

<b>Característica</b>	<b>Heredabilidad</b>	<b>Referencia</b>
Longevidad (años)	0.08	Van der Westhuizen et al. (2001)
	0.09	Forabosco et al. (2003)
	0,11	Forabosco (2005)
	0,17-0,20 (0,18)	Van Melis et al. (2010)
Días de vida productiva	0,05-0,16 (0,10)	Martínez et al. (2004b)
Habilidad de permanencia a una edad específica	0,09-0,30 (0,20)	Martínez et al. (2005)
Habilidad de permanencia al parto	0,29-0,39 (0,36)	
Habilidad de permanencia al destete	0,21-0,47 (0,30)	
Habilidad de permanencia a los 36 meses	0.06	Van der Westhuizen et al. (2001)
Habilidad de permanencia a los 48 meses	0.10	
Habilidad de permanencia a los 60 meses	0.06	
Habilidad de permanencia a los 72 meses	0.03	
Habilidad de permanencia a los 84 meses	0.11	
Éxito de tener 5, 6 y 7 partos consecutivos	0,25 ± 0,02 (5) 0,22 ± 0,03 (6) 0,28 ± 0,03 (7)	Van Melis et al. (2007)

Podemos ver en el Cuadro No. 1 que existe variación entre las estimaciones de heredabilidad encontradas en la literatura para las características de longevidad. Los promedios de las estimaciones de heredabilidad encontradas en la literatura son de 0,11 para longevidad, 0,10 para días de vida productiva, y 0,18 para habilidad de permanencia, con un rango entre 0,03 y 0,47. Las diferencias en las estimaciones pueden ser debidas al número de registros y a los modelos estadísticos utilizados.

### 2.3.1.5 Correlaciones entre características de longevidad y otras características

Martínez et al. (2004a) estimaron correlaciones genéticas entre medidas de largo de vida productiva entre 0,74 y 1,0; entre L1 (1 año de vida productiva luego de registrado el primer parto) con L2, L3, L4, L5 y L6 de 0,89, 0,83, 0,83, 0,76 y 0,74, respectivamente. Estas correlaciones genéticas altas indican que los registros tempranos, predecirían registros acumulativos posteriores, así como la productividad de por vida. Martínez et al. (2004b) obtuvieron correlaciones genéticas entre registros del número de terneros nacidos y entre registros del número de terneros destetados que variaron entre 0,60 a 1,0, y 0,98 a 1,0, respectivamente.

Van der Westhuizen et al. (2001) estimaron bajas correlaciones genéticas entre los distintos niveles de habilidad de permanencia que variaron entre 0,01 (entre 60 y 84 meses) y 0,22 (entre 36 y 48 meses) (promedio 0,12), y entre los distintos niveles de habilidad de permanencia y éxito al parto de 0,04-0,20 (promedio de 0,11). Van Melis et al. (2010) encontraron una baja correlación genética entre circunferencia escrotal a los 18 meses y longevidad ( $0,07 \pm 0,03$ ), baja entre peso al destete y longevidad ( $0,16 \pm 0,02$ ), y alta entre preñez en vaquillonas y longevidad ( $0,82 \pm 0,02$ ).

A continuación en el Cuadro No. 2 se resumen las correlaciones entre características de longevidad y otras variables.

Cuadro No. 2. Correlaciones en características de longevidad

<b>Característica</b>	<b>Correlaciones genéticas</b>	<b>Referencia</b>
Entre medidas del largo de vida productiva	0,74-1,0 (0,92)	Martínez et al. (2004a)
Longevidad	Circunferencia escrotal $0,07 \pm 0,03$	Van Melis et al. (2010)
	Preñez en vaquillonas $0,82 \pm 0,02$	Van Melis et al. (2010)
	Peso al destete $0,16 \pm 0,02$	Van Melis et al. (2010)
Habilidad de permanencia	entre niveles de habilidad de permanencia 0,01-0,22 (0,12)	Van der Westhuizen et al. (2001)
Habilidad de permanencia	entre niveles de habilidad de permanencia y éxito al parto 0,04-0,20 (0,11)	Van der Westhuizen et al. (2001)

Se puede observar en el Cuadro No. 2 que también existe variabilidad en las correlaciones genéticas en medidas de longevidad encontradas en la literatura, registrándose un promedio de 0,37, y un rango entre 0,01-1,0.

#### 2.3.1.6 Ventajas de incluir la característica longevidad en un programa de selección

El aumento de la longevidad, duración de la vida productiva o habilidad de permanencia de una vaca en el rodeo, influirá en la rentabilidad económica de un sistema, al afectar la proporción de hembras que debe conservarse para reemplazos (y por lo tanto la proporción disponible para la venta), el costo de depreciación anual por vaca, y aumentaría el número de terneros por vaca. Es conveniente también desde el punto de vista ético general, ya que podría aumentar la aceptación del consumidor, debido a que existe una creciente preocupación por el bienestar de las vacas, relacionado con la sostenibilidad de los sistemas de producción y el bienestar de los animales (Tanida et al. 1988, Forabosco 2005, Van Melis et al. 2007, 2010).

Mejorar la característica longevidad permite una mayor respuesta a la selección debido a que menos animales deben ser reemplazados, por lo tanto, es posible una mayor intensidad de selección en hembras. La desventaja de este procedimiento es que puede causar un mayor intervalo generacional (Van Melis et al., 2007, 2010), y por lo tanto influye en la posible tasa de recambio genético en el rodeo. Económicamente habrá una edad óptima de sacrificio de las vacas que equilibra estos y otros efectos (Tanida et al., 1988).

Martínez et al. (2004b) señalan que la selección para la producción de por vida, medido por el número de terneros nacidos, número de terneros destetados y el peso de los terneros acumulado al destete podría ser eficaz, pero sería relativamente lento debido a las bajas estimaciones de heredabilidad y al aumento del intervalo generacional. Lo mismo concluyeron Martínez et al. (2005), indicando que la selección por habilidad de permanencia al parto o al destete sería más precisa que la selección por habilidad a una edad específica, debido a los mayores valores de heredabilidad en comparación con la heredabilidad de habilidad de permanencia a una edad específica. Sin embargo, sería de esperar una prolongación del intervalo generacional con cualquier medida directa de habilidad de permanencia. Van Melis et al. (2007) sugieren que la habilidad de permanencia a los 5 años puede ser un criterio de selección adecuado, ya que presenta una heredabilidad similar a la de habilidad de permanencia a los 6 y 7 años, y se obtiene antes que otras características de habilidad de permanencia.

#### 2.3.1.7 Desventajas de incluir la característica longevidad en un programa de selección

La longevidad es una característica difícil de incluir en programas de selección por varias razones: se necesita tiempo para tener la información completa de la vaca, el intervalo generacional es largo, y un alto porcentaje de vacas siguen con vida al momento de la evaluación genética, lo que resulta en una gran proporción de datos

censurados. Las variables independientes que influyen en el tiempo de supervivencia en sí mismos pueden variar con el tiempo (por ejemplo: la edad al primer parto, el tamaño del rodeo y la información). Se registra y evalúa en muchos países, sin embargo no existe una forma común de definir el rasgo fenotípico y analizar los datos recogidos. Falta además información relacionada con las estimaciones de parámetros genéticos para la longevidad en ganado de carne, que son necesarios para la mayoría de los métodos de evaluación genética (Sölkner y Ducrocq 1999, Forabosco et al. 2003). Debido a que la habilidad de permanencia ignora el momento preciso del sacrificio, no se tiene la información completa sobre la longevidad de la vaca (Vollema, 1998).

Si la selección se basa en la medición directa en los animales, un problema importante que se puede presentar es la disminución del mejoramiento genético debido a un aumento del intervalo generacional. Una forma de superar esta dificultad sería seleccionando en características que se expresan temprano en la vida del animal y que están correlacionadas con la característica longevidad (Tanida et al., 1988).

A continuación, se analizarán otras características de interés: reproductivas, de crecimiento y canal, como posibles indicadoras tempranas de longevidad. Si bien en este trabajo no se estimarán correlaciones genéticas, sí fueron analizadas en la bibliografía para tener una idea de las posibilidades de selección que pueden existir a partir de estas características.

### 2.3.2 Edad a la pubertad

#### 2.3.2.1 Definiciones y estimaciones de edad a la pubertad

Edad a la pubertad se define como la edad en días al momento de detectar el primer estro ovulatorio (Arije y Wiltbank 1971, Rovira 1974, Martínez-Velázquez et al. 2003). Reproductivamente las vaquillonas eficientes alcanzan la pubertad antes, y por lo tanto potencialmente pueden concebir a principios de la temporada de apareamiento (Cammack et al., 2009).

Vargas et al. (1998) utilizaron dos procedimientos diferentes para detectar el primer estro en vaquillonas de 10 a 24 meses de edad, por observación visual con la ayuda de toros con dispositivo de marcación (estériles en el período uno y fértiles en el período dos). En el primer período se consideró que ocurrió el primer estro cuando se detectó un cuerpo lúteo por palpación rectal, o cuando se detectó por palpación rectal y la concentración de progesterona en plasma fue mayor que 1 ng/ml. Estas pruebas (palpación rectal y concentración de progesterona) se llevaron a cabo cada 28 días. Cuando no se observó estro, pero el tejido luteal estaba presente, y (o) la progesterona en plasma era mayor que 1 ng/ml, la fecha de pubertad se estimó que había ocurrido 14 días anterior a la palpación. En el segundo período los toros eran fértiles, y se utilizaban no

solo para detectar estro sino también para servir las vaquillonas, suponiendo que el primer día del estro ovulatorio era el día en que la vaquillona quedaba preñada. La fecha de primer estro se determinó considerando la edad del feto y los datos de detección de celo.

Arije y Wiltbank (1971) estimaron en vaquillonas Hereford promedios de edad y peso a la pubertad de  $436 \pm 33$  días y  $251 \pm 26$  kg, respectivamente, siendo la edad a la pubertad afectada significativamente por el día de nacimiento en la estación de parto y la ganancia diaria entre destete y pubertad, mientras que el peso fue afectado por el día de nacimiento, el peso al destete corregido a los 205 días, el peso real al destete y la ganancia diaria entre destete y pubertad. Smith et al. (1989a) obtuvieron menores valores de edad a la pubertad de 378 (Hereford), 366 (Angus) y 353 (Red Angus) días. Martínez-Velázquez et al. (2003) en ganado multirracial estimaron un promedio de  $356 \pm 27$  días, Morris et al. (2000) en la raza Angus un valor de 365 días.

#### 2.3.2.2 Parámetros genéticos

Los valores de heredabilidad encontrados para edad a la pubertad son muy variables. Arije y Wiltbank (1971), Smith et al. (1989a), Martínez-Velázquez et al. (2003) estimaron heredabilidades promedio para edad a la pubertad en vaquillonas, de  $0,20 \pm 0,16$ ,  $0,10 \pm 0,2$ , y  $0,16 \pm 0,04$ , respectivamente. Morris et al. (2000) en la raza Angus estimaron una heredabilidad promedio de  $0,27 \pm 0,04$ . Smith et al. (1976), Vargas et al. (1998) obtuvieron heredabilidades más altas de  $0,64 \pm 0,31$  y  $0,42$ , respectivamente.

También se encontró gran variabilidad en las estimaciones de correlaciones con edad a la pubertad. Arije y Wiltbank (1971) obtuvieron una correlación fenotípica y genética positiva entre edad y peso a la pubertad de 0,57 y  $0,36 \pm 0,30$ , respectivamente, indicando que vaquillonas de más edad a la pubertad tienden a ser más pesadas a la pubertad. Estos autores encontraron además correlaciones negativas entre edad a la pubertad y el día de nacimiento (-0,24), ganancia diaria de nacimiento a destete (-0,36), y peso al destete corregido a los 205 días (-0,35), resultando que terneras más pesadas al destete necesitaran menos tiempo para llegar al desarrollo necesario para que se manifieste el primer celo. La ganancia de peso promedio, tanto total como diaria, entre destete y pubertad aparecen como las más relacionadas con la edad (0,65) y el peso a la pubertad (0,63), resultando que a mayor ganancia de peso posdestete mayor edad a la pubertad. Las terneras que tienen que ganar más kilogramos para llegar a la pubertad son aquellas más livianas al destete y que por lo tanto les demandará mayor tiempo, a su vez tienden a ser más pesadas a la pubertad.

Smith et al. (1976) estimaron una correlación genética entre peso y edad a la pubertad de  $0,67 \pm 0,24$ , indicando que terneras de más edad a la pubertad también

tendieron a ser más pesadas a la pubertad. Morris et al. (2000) estimaron una correlación genética favorable entre edad a la pubertad y días al parto de  $0,57 \pm 0,17$ . Las correlaciones genéticas encontradas en la literatura entre circunferencia escrotal y edad a la pubertad fueron bajas,  $-0,15$  (Martínez-Velázquez et al., 2003),  $-0,32$  (Vargas et al., 1998) y  $-0,25 \pm 0,09$  (Morris et al., 2000). La correlación genética favorable entre circunferencia escrotal y edad a la pubertad sugiere la posibilidad de lograr un mayor progreso genético en edad a la pubertad seleccionando indirectamente por circunferencia escrotal. Smith et al. (1989b) estimaron una relación favorable entre el aumento de la circunferencia escrotal y la edad a la pubertad ( $b = -0,796$  d/cm).

### 2.3.3 Edad al primer parto

#### 2.3.3.1 Definición y estimaciones de edad al primer parto

Dákay et al. (2006) definieron la variable edad al primer parto como el período de tiempo transcurrido entre la fecha de nacimiento y la fecha de primer parto. Esta característica refleja mayoritariamente decisiones de manejo, que pueden confundirse con distinto mérito genético (Urioste, 2008).

Los resultados encontrados en la literatura ponen de manifiesto que existen diferencias considerables entre razas y genotipos individuales en cuanto a la edad al primer parto. Koots et al. (1994b), Frazier et al. (1999), Martínez-Velázquez et al. (2003) obtuvieron promedios de edad al primer parto de  $682 \pm 39$  días, 742 días, y  $713 \pm 24$  días. Smith et al. (1989a) compararon sus resultados con los obtenidos por Bourdon y Brinks (1982), donde las hembras Angus fueron casi iguales (728 vs. 726 días), Red Angus (714 vs. 722 días) y Hereford (723 vs. 730 días) fueron mayores en el estudio de Bourdon y Brinks (1982). Otros autores obtuvieron promedios mayores para esta característica, Forabosco et al. (2003), Forabosco (2005) en la raza Chianina promedios de  $964 \pm 142$  y  $984 \pm 160$ , respectivamente. Dákay et al. (2006) estimaron  $945 \pm 237$  días en ganado multirracial y 1007 días en Angus, encontrando que la raza y el genotipo eran el componente que más determinaba la variación en la edad al primer parto. Tanida et al. (1988) obtuvieron en la raza Hereford un promedio de edad al primer parto de 1168 días (3,2 años) y en Angus 803 días (2,2 años).

#### 2.3.3.2 Parámetros genéticos

Las heredabilidades para edad al primer parto encontradas en la literatura fueron muy bajas,  $0,07 \pm 0,09$  (Bourdon y Brinks, 1982),  $0,01 \pm 0,12$  (Smith et al., 1989a),  $0,08 \pm 0,04$  (Martínez-Velázquez et al., 2003),  $0,06 \pm 0,02$  (Koots et al., 1994a), con excepción de los valores  $0,22$  (Frazier et al., 1998) y  $0,23 \pm 0,02$  (Gutiérrez et al., 2002). Koots et al. (1994a) encontraron que la raza era el componente principal que afectó las estimaciones de heredabilidad para edad al primer parto, mientras que Smith et al.

(1989a) indicaron que la baja heredabilidad estimada en su estudio podía ser debido a una época de parto fija, que limitaría la expresión de la variabilidad genética de esta característica. Otra causa de las diferencias en las estimaciones de heredabilidades podría ser el número de registros utilizados.

Smith et al. (1989a) encontraron una correlación fenotípica favorable entre edad al primer parto y días al primer parto de 0,70. Gutiérrez et al. (2002) obtuvieron una correlación genética entre edad al primer parto y fecha de parto de  $-0,08 \pm 0,02$ , y entre edad al primer parto y el intervalo interparto de  $0,23 \pm 0,08$ . Martínez-Velázquez et al. (2003) estimaron una correlación genética entre circunferencia escrotal y edad al primer parto de 0,15, mientras que Smith et al. (1989b) obtuvieron una relación favorable entre el aumento de la circunferencia escrotal y la edad al primer parto ( $b = -0,826$  d/cm).

Bourdon y Brinks (1982) obtuvieron correlaciones genéticas negativas con grandes desvíos estándar entre edad al primer parto y características asociadas al crecimiento, con peso al nacer  $-0,17 \pm 0,38$ , peso al destete  $-0,22 \pm 0,41$ , y peso al año de  $-0,17 \pm 0,40$ . Koots et al. (1994b) estimaron correlaciones fenotípicas bajas de edad al primer parto con intervalo interparto (0,05), peso al nacer (0,05) y peso al destete (0,16), y correlaciones genéticas bajas con intervalo interparto (0,06), peso al nacer (-0,14), y peso al año (-0,06), alta con peso al destete (0,70).

### 2.3.4 Días al parto

#### 2.3.4.1 Definiciones y estimaciones de días al parto

Días al parto y fecha de parto son características similares en su definición, por lo que en el presente trabajo se analizarán en forma conjunta.

Bourdon y Brinks (1983), Urioste et al. (2007a) definieron la variable días de parto como el número de días desde el comienzo de la estación de parto en un año y rodeo específico hasta la fecha de parto de una vaca. Esto quiere decir que a mayor número de días al parto, peor es la habilidad reproductiva de la hembra, pues demora en quedar preñada. En cambio, Johnston y Bunter (1996) calcularon días al parto como el intervalo en días entre la fecha de ingreso del toro al rodeo de apareamiento y el posterior parto de una vaca.

En el análisis de esta característica es importante saber cómo trabajar con los registros censurados. Urioste et al. (2007a) resaltan la importancia de incluir en las evaluaciones los datos de vacas que fallaron al parto para hacer un mejor uso de los datos disponibles para habilidad reproductiva, ya que esas vacas podrían haber parido si se les proporciona el tiempo suficiente. Buddenberg et al. (1990) señalan que la

inclusión de vacas vacías en la evaluación genética de días al parto genera más variabilidad genética.

Urioste et al. (2007a) obtuvieron valores promedio de  $36,4 \pm 28$  días al primer parto,  $59,0 \pm 25,4$  días al segundo parto, y  $52,0 \pm 28,5$  días al tercer parto. En el segundo parto se observaron dificultades reproductivas que se ilustran mediante el valor promedio de días al parto, casi dos meses después del inicio de la época de parto en comparación con el primer parto. Meacham y Notter (1987) obtuvieron un promedio de 86 días al primer parto y 101 días al segundo parto, Buddenberg et al. (1990) obtuvieron promedios para días al primer, segundo, tercer y cuarto parto de 74, 81,74 y 74 días (en el análisis que excluía los datos de vacas vacías), y promedios de 80, 90, 83 y 80 días (en el análisis que incluía los datos de vacas que fallaban al parto), respectivamente. El valor de días al segundo parto, tanto en el análisis que excluye y en el que incluye datos de vacas vacías, es mayor que en las demás clases porque estas vacas siguen creciendo y amamantando un ternero durante la época reproductiva. Johnston y Bunter (1996) estimaron un promedio de  $304 \pm 22$  días desde que ingresa el toro al potrero de apareamiento hasta que se registra el primer parto de una vaca, con un rango entre 251 y 379 días.

#### 2.3.4.2 Parámetros genéticos

Los valores de heredabilidad para días al parto son muy variables. Meyer et al. (1990) obtuvieron heredabilidades para días al parto de 0,05 (Hereford), 0,08 (Angus), y 0,09 (cruzas *Bos taurus* x *Bos indicus*). Koots et al. (1994a), Morris et al. (2000) obtuvieron promedios de heredabilidad de  $0,08 \pm 0,01$ , y  $0,09 \pm 0,04$  respectivamente. Para días al primer parto los promedios encontrados en la literatura son de  $0,09 \pm 0,13$  (Smith et al., 1989a), 0,10 (Johnston y Bunter, 1996),  $0,16 \pm 0,05$  (Rege y Famula, 1993),  $0,17 \pm 0,04$  (Meacham y Notter, 1987),  $0,21 \pm 0,01$  (Gutiérrez et al., 2002), y  $0,23 \pm 0,03$  (Urioste et al., 2007a). Para días al segundo parto los valores fueron  $0,07 \pm 0,06$  (Meacham y Notter, 1987), 0,11 (Johnston y Bunter, 1996),  $0,36 \pm 0,18$  (Smith et al., 1989a), y  $0,21 \pm 0,03$  (Urioste et al., 2007a). Urioste et al. (2007a) obtuvieron una heredabilidad para días al tercer parto de  $0,19 \pm 0,03$ .

Buddenberg et al. (1990) utilizaron para los cálculos de heredabilidad de días al parto un grupo de datos que incluía y otro grupo que excluía las vacas vacías. Las estimaciones de heredabilidad para días al primer parto considerando las vacas vacías fue de  $0,39 \pm 0,21$ , y sin considerar las vacas vacías de  $0,20 \pm 0,16$ , mientras que para días al segundo parto considerando o no las vacas vacías fue de  $0,13 \pm 0,12$  y  $0,04 \pm 0,07$ , respectivamente. Existe variación genética para días al parto cuando se incluyen los datos de vacas vacías, a su vez parece existir más variación genética en la fecha de primer parto, y aunque es menor, existe algo de variación genética en la fecha de

segundo parto, que disminuye debido a que las vacas vacías fueron sacrificadas después de la primera temporada de cría.

Las correlaciones fenotípicas encontradas en la literatura para días al parto son muy variables. Koots et al. (1994b) estimaron correlaciones fenotípicas negativas entre días al parto e intervalo interparto (-0,58), entre días al parto y peso al destete (-0,13), y positiva con peso al nacer (0,10), y correlaciones genéticas negativas entre días al parto e intervalo interparto (-0,83), peso al destete (-0,53), y peso al año (-0,13). Rege y Famula (1993) obtuvieron correlaciones genéticas favorables con peso al nacer ( $-0,30 \pm 0,10$ ), tasa de ganancia posdestete ( $-0,64 \pm 0,19$ ), y peso al año ( $-0,60 \pm 0,11$ ), no resultando significativas con tasa de ganancia predestete y peso al destete.

Entre registros sucesivos de días al parto se encontraron correlaciones genéticas altas de  $0,66 \pm 0,41$  en ganado Simental (Meacham y Notter, 1987) y  $0,85 \pm 0,10$  en Angus (Johnston y Bunter, 1996). Urioste et al. (2007a) en Aberdeen Angus estimaron correlaciones genéticas entre días al primer y segundo parto de  $0,82 \pm 0,07$ , entre días al primer y tercer parto de  $0,87 \pm 0,09$ , y entre días al segundo y tercer parto de  $0,88 \pm 0,07$ . Estas correlaciones altas entre registros de días al parto indicarían que vacas con buena habilidad reproductiva seguirán siendo buenas en etapas posteriores de su vida.

Smith et al. (1989b) encontraron una regresión favorable entre circunferencia escrotal y días al primer parto ( $-0,667$  d/cm), y desfavorable con días al segundo parto ( $0,597$  d/cm). El aumento de los días al segundo parto al aumentar la circunferencia escrotal puede haber sido causado por una época de parto fija, porque las vaquillonas que paren temprano comúnmente paren más tarde a los 3 años.

#### 2.3.4.3 Ventajas y desventajas de ser incluida en un programa de selección

La fecha de parto es una característica fácil de registrar y es económicamente importante porque terneros más pesados al destete están normalmente asociados con fechas de parto tempranas (Urioste, 2008).

Es una característica lineal y continua, donde usualmente se asume un largo de gestación constante para poder detectar la variación en la habilidad reproductiva de las vacas. Obvia la necesidad de registrar el primer día de servicio, pues se enumera a partir del primer parto ocurrido, dentro del mismo rodeo y año. Esto es especialmente útil en sistemas extensivos o semi-extensivos como los existentes en Uruguay, mayormente basados en pasturas, y podría ser fácilmente incorporada dentro de los procedimientos ya desarrollados en el sistema de evaluación genética de la raza Aberdeen Angus (Urioste, 2008).

Cuando el apareamiento se produce en el marco de un sistema de registro

limitado, a menudo la única información disponible es si la vaca ha producido un ternero, y su fecha de parto. Si la estación de servicio es restringida, la fecha de parto también es indicativa de la habilidad para una concepción temprana en el período de servicio (Meyer et al. 1990, Rege y Famula 1993). Johnston y Bunter (1996) señalan que días al parto es una medida adecuada de habilidad reproductiva en el caso de trabajar con grandes bases de datos.

Bourdon y Brinks (1983) encontraron que el sesgo causado por el uso de una estación de cría fija era mayor para el intervalo interparto que para la fecha de parto, y compararon estas dos variables como medidas de eficiencia reproductiva en bovinos de carne, prefiriendo la fecha de parto debido a que es más altamente heredable y tiene un significado económico claro, porque los terneros que nacen antes serían más pesados a una fecha fija de destete.

### 2.3.5 Tasa de preñez

#### 2.3.5.1 Definición y estimaciones de tasa de preñez

Se define como la probabilidad de que una vaca expuesta quede preñada en la correspondiente estación de cría y permanezca preñada al momento de la palpación a los 60 (Eler et al. 2002, Van Melis et al. 2010) o 120 días después de terminado el entore (Evans et al. 1999, Doyle et al. 2000). Preñez en vaquillonas, como en vacas, es un rasgo binario (1 = preñada; 0 = no preñada), y requiere detección de preñez en todo el rodeo (Doyle et al. 2000, Urioste 2008).

En general los resultados publicados en la literatura corresponden a poblaciones de origen *Bos taurus*, en los que la reproducción a los 14 meses se considera normal. En cambio en razas de origen *Bos indicus*, la selección por precocidad sexual es más reciente, y por lo tanto su variabilidad genética parece ser mucho más alta (Eler et al., 2002).

Koots et al. (1994b), Evans et al. (1999), Doyle et al. (2000), Martínez-Velázquez et al. (2003) estimaron promedios para la tasa de preñez en vaquillonas de 76%, 78%, 89%, y 75% respectivamente. Morris et al. (2000) obtuvieron en la raza Angus promedios de tasa de preñez en primíparas, de dos años y vacas adultas de 77%, 82% y 90%, respectivamente.

#### 2.3.5.2 Parámetros genéticos

En vaquillonas la heredabilidad de tasa de preñez de  $0,57 \pm 0,01$  y  $0,54 \pm 0,01$  (Eler et al. 2002, Van Melis et al. 2010) es mayor a la obtenida por otros autores de  $0,21 \pm 0,12$  (Doyle et al., 2000),  $0,20 \pm 0,01$  (Koots et al., 1994a),  $0,14 \pm 0,09$  (Evans et al.,

1999), y  $0,14 \pm 0,03$  (Martínez-Velázquez et al., 2003). Morris et al. (2000) estimaron bajas heredabilidades para esta característica,  $0,12 \pm 0,05$  en primíparas,  $0,08 \pm 0,06$  en vacas de dos años, y  $0,04 \pm 0,05$  en vacas adultas. Koots et al. (1994a) señalan que la raza resulta el principal factor que contribuye a la variabilidad en las estimaciones de heredabilidad. Los procedimientos analíticos utilizados en las estimaciones pueden generar diferencias en los valores de heredabilidad, siendo algunos más apropiados para el análisis de datos categóricos (Eler et al., 2002).

Van Melis et al. (2010) encontraron en ganado Nelore una correlación genética alta entre preñez en vaquillonas y longevidad de  $0,82 \pm 0,02$ . Morris et al. (2000) estimaron en la raza Angus correlaciones genéticas muy variables y favorables entre edad a la pubertad y tasa de preñez medida en diferentes categorías, en primíparas de  $-0,89 \pm 0,17$ , en vacas de 2 años  $-0,29 \pm 0,30$ , y vacas adultas de  $-0,21 \pm 0,24$ .

#### 2.3.5.3 Desventajas de ser incluida en un programa de selección

Algunas características reproductivas como la tasa de preñez muestran evidencia de efectos genéticos importantes. Esos efectos genéticos pueden ser aditivos o no aditivos, ambos de los cuales son difíciles de cuantificar dada la naturaleza binaria de la característica (Cammack et al., 2009).

#### 2.3.6 Intervalo interparto

##### 2.3.6.1 Definición y estimaciones de intervalo interparto

La meta del criador es lograr un intervalo interparto de 365 días, si es mayor a este valor se atrasará en su fecha de parición o fallará. No conviene retener las vacas difíciles de preñar porque tarde o temprano fallan y/o alargan su intervalo interparto. Combinando una alta tasa de concepción y una rápida reiniciación de la actividad sexual posparto se logra un intervalo interparto lo más corto posible, y la característica resultante es lo que se denomina regularidad en los procreos (Rovira, 2008). Las vacas más flacas presentan los mayores intervalos interparto mientras que vacas más gordas tienen menores intervalos interparto (Scaglia, 1997).

Werth et al. (1996), Frazier et al. (1999) calcularon el intervalo interparto como la diferencia en días entre dos partos sucesivos, determinando el primer, segundo, y el intervalo interparto en vacas adultas.

Los promedios encontrados en la literatura para el intervalo interparto son de  $379 \pm 21$  días (Meacham y Notter, 1987),  $381 \pm 48$  días (Koots et al., 1994b),  $418 \pm 44$  días (Forabosco et al., 2003). Frazier et al. (1999) en ganado Aberdeen Angus calcularon 379

días para el primer, 366 días para el segundo, y 365 días para el intervalo interparto en vacas adultas.

Werth et al. (1996) evaluaron la repetibilidad del intervalo interparto en vacas, encontrando que vacas con intervalos interparto relativamente cortos entre los 2 y 3 años de edad tienden a tener intervalos interparto relativamente largos entre los 3 y 4 años de edad. Estos resultados muestran que las vacas tienen que recuperarse de un intervalo interparto relativamente corto antes de ser capaces de concebir al año siguiente. Del mismo modo, vacas con intervalos interparto relativamente largos entre dos partos fueron capaces de concebir después del parto antes que las vacas de intervalos interparto relativamente cortos entre dos pariciones.

Bourdon y Brinks (1983) encontraron que el intervalo interparto se redujo 0,86 días y la fecha de parto se retrasó 0,11 días por cada retraso de un día en la fecha de parto anterior, mientras que un aumento de un día en la duración de la gestación se asoció con un retraso de 1,17 días en la fecha de parto y un aumento del intervalo interparto.

#### 2.3.6.2 Parámetros genéticos

Los valores de heredabilidad para el intervalo interparto encontrados en la literatura son muy bajos,  $0,04 \pm 0,05$  (Meacham y Notter, 1987),  $0,01 \pm 0,02$  (Koots et al., 1994a), 0,02 (promedio) (Frazier et al., 1999), y  $0,12 \pm 0,02$  (Gutiérrez et al., 2002).

En ganado Angus, Frazier et al. (1999) obtuvieron correlaciones genéticas negativas entre el primer intervalo interparto y edad al primer parto (-0,60), y entre el intervalo interparto en vacas adultas y edad al primer parto (-0,93). Gutiérrez et al. (2002) obtuvieron una correlación genética positiva entre el intervalo interparto y edad al primer parto de  $0,23 \pm 0,08$ . En ganado Simental la correlación genética entre días al primer parto e intervalo interparto fue de  $-0,83 \pm 0,37$  (Meacham y Notter, 1987), en la raza Asturiana de los Valles  $-0,28 \pm 0,05$  (Gutiérrez et al., 2002), y entre días al segundo parto e intervalo interparto de  $-0,09 \pm 0,9$  (Meacham y Notter, 1987).

#### 2.3.6.3 Ventajas y desventajas para ser incluida en un programa de selección

El intervalo interparto es una característica que sólo existe en vacas con por lo menos dos partos y más; es sólo útil en estaciones de parto no restringidas, y no parece ser un criterio útil para mejorar la reproducción de las hembras, debido a la relativamente baja heredabilidad estimada para el intervalo interparto (Bourdon y Brinks 1983, Meacham y Notter 1987).

Se espera que aquellas vacas con intervalos interparto más cortos sean más fértiles y reproductivamente más eficientes (Urioste, 2008). Sin embargo la selección por un intervalo interparto lo más corto posible puede tener resultados inesperados. Las vacas que en promedio tienen intervalos interpartos más cortos son generalmente aquellas cuyas primeras crías nacieron tarde.

Esta característica está asociada en forma negativa con la fecha de parto anterior. Vacas con un parto temprano en la época de parto tienen intervalos interparto siguientes más largos. Como regla general se reprodujeron temprano pero fueron incapaces de registrar un intervalo interparto siguiente menor a 365 días, por lo que la selección de estos animales o sus descendientes podría dar lugar a la selección indirecta por edad más tardía a la pubertad. Vacas con partos registrados más tarde en la estación de parición, tienen un período más corto entre parto y entore, pero con un intervalo interparto más corto (Bourdon y Brinks, 1983).

### 2.3.7 Éxito al parto

#### 2.3.7.1 Definición y estimaciones de éxito al parto

Éxito al parto es una característica binaria, que no tiene una expresión fenotípica continua (“1” si parió y “0” si no parió en un año específico) (Van der Westhuizen et al., 2001). Las estimaciones realizadas por Urioste et al. (2007a) fueron 86,3% de éxito al primer parto, 65,9% de éxito al segundo parto, y 67,3% de éxito al tercer parto.

#### 2.3.7.2 Parámetros genéticos

Los valores de heredabilidad para éxito al parto encontrados en la literatura son de 0,08 (Hereford), 0,02 (Angus), y 0,08 (cruzas Bos taurus x Bos indicus) (Meyer et al., 1990), 0,11 (Johnston y Bunter, 1996), 0,03 (Van der Westhuizen et al., 2001),  $0,42 \pm 0,06$  para éxito al primer parto,  $0,40 \pm 0,05$  para éxito al segundo parto, y  $0,37 \pm 0,07$  para éxito al tercer parto (Urioste et al., 2007a).

Urioste et al. (2007a) estimaron correlaciones genéticas entre el éxito al primer y segundo parto de  $0,80 \pm 0,06$ , entre el primer y tercer parto de  $0,60 \pm 0,10$ , y entre el segundo y tercer parto de  $0,56 \pm 0,12$ , entre días al parto y éxito al parto de - 0,54 a - 0,91. Johnston y Bunter (1996) también encontraron una correlación genética muy alta entre éxito al parto y días al parto de - 0,97, indicando que los componentes de varianza obtenidos pueden haber sesgado los resultados debido a la naturaleza binaria del éxito al parto que no fue considerada. Los resultados sugieren que la selección por menores días al parto conduciría a un aumento en el éxito al parto, con el beneficio de que días al parto es capaz de distinguir entre parición temprana y tardía (Johnston y Bunter, 1996).

### 2.3.7.3 Desventajas de ser incluida en un programa de mejoramiento

Una desventaja de usar éxito al parto en evaluaciones genéticas es que las vacas de parición tardía pueden ser seleccionadas inadvertidamente (Urioste, 2007c).

La característica éxito al parto parece no ser una opción inmediata para evaluación genética por fertilidad, bajo las circunstancias actuales de calidad de información en Uruguay. La calidad de los datos podría ser mejorada, a través del registro de las fechas de servicio, toros y tipo de servicio usado (inseminación artificial o monta natural), estado de preñez en vaquillonas y vacas, fecha de entrada y salida, resultado final de toda la estación de servicio (incluso si las preñeces finalmente no se confirman), y códigos de abandono del rodeo de cría (Urioste, 2008).

En el Cuadro No. 3 se presenta un resumen de heredabilidades para las demás características reproductivas analizadas en este estudio.

Cuadro No. 3. Heredabilidades en características reproductivas

<b>Característica</b>	<b>Heredabilidad</b>	<b>Referencia</b>
Edad a la pubertad	0,10 ± 0,2	Smith et al. (1989a)
	0,16 ± 0,04	Martínez-Velázquez et al. (2003)
	0,20 ± 0,16	Arije y Wiltbank (1971)
	0,27 ± 0,04	Morris et al. (2000)
	0,42	Vargas et al. (1998)
	0,64 ± 0,31	Smith et al. (1976)
Edad al primer parto	0,01 ± 0,12	Smith et al. (1989a)
	0,06 ± 0,02	Koots et al. (1994a)
	0,07 ± 0,09	Bourdon y Brinks (1982)
	0,08 ± 0,04	Martínez-Velázquez et al. (2003)
	0,22	Frazier et al. (1998)
	0,23 ± 0,02	Gutiérrez et al. (2002)
Días al parto	0,05 Hereford	Meyer et al. (1990)
	0,08 Angus	
	0,09 cruza Cebú	
	0,08 ± 0,01	Koots et al. (1994a)
	0,09 ± 0,04	Morris et al. (2000)
	días al primer parto	
	0,09 ± 0,13	Smith et al. (1989a)

	0,10	Johnston y Bunter (1996)
	0,16 ± 0,05	Rege y Famula (1993)
	0,17 ± 0,04	Meacham y Notter (1987)
	0,21 ± 0,01	Gutiérrez et al. (2002)
	0,23 ± 0,03	Urioste et al. (2007a)
	0,39 ± 0,21(*)	Buddenberg et al. (1990)
	0,20 ± 0,16 (**)	
	días al segundo parto	
	0,07 ± 0,06	Meacham y Notter (1987)
	0,11	Johnston y Bunter (1996)
	0,21 ± 0,03	Urioste et al. (2007a)
	0,36 ± 0,18	Smith et al. (1989a)
	0,13 ± 0,12 (*)	Buddenberg et al. (1990)
	0,04 ± 0,07 (**)	
Tasa de preñez	0,12 ± 0,05 (prímiparas)	Morris et al. (2000)
	0,08 ± 0,06 (2 años)	
	0,04 ± 0,05 (adultas)	
	0,14 ± 0,09	Evans et al. (1999)
	0,14 ± 0,03	Martínez-Velázquez et al. (2003)
	0,20 ± 0,01	Koots et al. (1994a)
	0,21 ± 0,12	Doyle et al. (2000)
	0,54 ± 0,01	Van Melis et al. (2010)
0,57 ± 0,01	Eler et al. (2002)	
Intervalo interparto	0,02	Frazier et al. (1999)
	0,01 ± 0,02	Koots et al. (1994a)
	0,04 ± 0,05	Meacham y Notter (1987)
	0,12 ± 0,02	Gutiérrez et al. (2002)
Éxito al parto	0,03	Van der Westhuizen et al. (2001)
	0,02 Angus	Meyer et al. (1990)
	0,08 Hereford	
	0,08 cruza Cebú	
	0,11	Johnston y Bunter (1996)
	0,42 ± 0,06 éxito 1p	Urioste et al. (2007a)

	0,40 ± 0,05 éxito2p 0,37 ± 0,07 éxito3p	
--	--	--

Referencias: (\*): incluye datos de vacas vacías; (\*\*): excluye datos de vacas vacías; éxito1p: éxito al primer parto; éxito2p: éxito al segundo parto; éxito3p: éxito al tercer parto

En el Cuadro No. 3 podemos ver que las estimaciones de heredabilidad encontradas en la literatura para características reproductivas son muy variables. Los promedios y rangos de heredabilidad fueron 0,30 (0,10-0,64) para edad a la pubertad, 0,11 (0,01-0,23) para edad al primer parto, 0,14 (0,04-0,39) para días al parto, 0,23 (0,04-0,57) para tasa de preñez, 0,05 (0,01-0,12) para el intervalo interparto, y 0,21 (0,02-0,43) para éxito al parto.

El Cuadro No. 4 muestra un resumen de correlaciones genéticas encontradas en la literatura entre características reproductivas y de crecimiento.

Cuadro No. 4. Correlaciones entre características reproductivas y de crecimiento

Características	Correlaciones		Referencia
	Fenotípicas	Genéticas	
edadpub-pesopub	0,57	0,36 ± 0,30	Arije y Wiltbank (1971)
		0,67 ± 0,24	Smith et al. (1976)
edadpub-dp		0,57 ± 0,17	Morris et al. (2000)
edadpub-ce		-0,15	Martínez-Velázquez et al. (2003)
		-0,25 ± 0,09	Morris et al. (2000)
		-0,32	Vargas et al. (1998)
edadpub-dn	-0,24		Arije y Wiltbank (1971)
edadpub-GDnd	-0,36		
edadpub-pd205	-0,35		
edad1p-dp		-0,08 ± 0,02	Gutiérrez et al. (2002)
	0,70		Smith et al. (1989a)

edad1p-IIP	0,05	0,06	Koots et al. (1994b)
edad1p-ce		0,15	Martínez-Velázquez et al. (2003)
edad1p-pn	0,12	-0,17 ± 0,38	Bourdon y Brinks (1982)
	0,05	-0,14	Koots et al. (1994b)
edad1p-pd		-0,22 ± 0,41	Bourdon y Brinks (1982)
	0,16	0,70	Koots et al. (1994b)
edad1p-p12	-0,02	-0,17 ± 0,40	Bourdon y Brinks (1982)
		-0,06	Koots et al. (1994b)
Entre registros de dp	0,28	0,85 ± 0,10	Johnston y Bunter (1996)
	0,25	0,66 ± 0,41	Meacham y Notter (1987)
		d1p-d2p 0,82 d1p-d3p 0,87 d2p-d3p 0,88	Urioste et al. (2007a)
dp-IIP	-0,58	-0,83	Koots et al. (1994b)
dp-pn	-0,04	-0,30 ± 0,10	Rege y Famula (1993)
	0,10		Koots et al. (1994b)
dp-pd	-0,13	-0,53	
dp-TGpd	-0,12	-0,64 ± 0,19	Rege y Famula (1993)
dp-p12	-0,04	-0,60 ± 0,11	
		-0,13	
TP-longevidad		0,82 ± 0,02	Van Melis et al. (2010)

TP-edadpub		-0,89 ± 0,17 (primíparas) -0,29 ± 0,30 (dos años) -0,21 ± 0,24 (adultas)	Morris et al. (2000)
PIIP-edad1p	-0,10	-0,60	Frazier et al. (1999)
SIIP-edad1p	-0,06		
MIIP-edad1p	-0,07	-0,93	
IIP-edad1p		0,23 ± 0,08	Gutiérrez et al. (2002)
IIP-dp		- 0,28 ± 0,05	
IIP-d1p	-0,58	-0,83 ± 0,37	Meacham y Notter (1987)
IIP-d2p	0,63	-0,09 ± 0,9	
Éxito entre los primeros tres partos		0,80 ± 0,06 1-2p 0,60 ± 0,10 1-3p 0,56 ± 0,12 2-3p	Urioste (2007b)
éxito al parto-dp	-0,75	-0,97	Johnston y Bunter (1996)

Referencias: ce: circunferencia escrotal; dn: días de nacimiento; dp: días al parto; d1p: días al primer parto; d2p: días al segundo parto; edadpub: edad a la pubertad; edad1p: edad al primer parto; GDnd: ganancia diaria entre nacimiento y destete; IIP: intervalo interparto; MIIP: intervalo interparto en vacas adultas; pesopub: peso a la pubertad; pd: peso al destete; pd205: peso al destete corregido a los 205 días; p12: peso al año de edad; PIIP: primer intervalo interparto; pn: peso al nacer; SIIP: segundo intervalo interparto; TGpd: tasa de ganancia posdestete; TP: tasa de preñez

## 2.4 CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS AL CRECIMIENTO

### 2.4.1 Peso al nacer

#### 2.4.1.1 Estimaciones y parámetros genéticos de peso al nacer

Las estimaciones de peso al nacer encontradas en la literatura son poco variables, para la raza Angus 32,8 kg (Bourdon y Brinks, 1982), 32,0 ± 3,8 kg (Morris et al., 2000), 34 kg (Tanida et al., 1988), en Red Angus 32,9 kg (Bourdon y Brinks, 1982), y en Hereford 34,5 kg (Bourdon y Brinks, 1982), 34 ± 3,7 kg (Arije y Wiltbank, 1971), 34 kg (Tanida et al., 1988), y un promedio multirracial de 35,1 ± 4,3 kg (Koots et al., 1994b).

Las estimaciones de heredabilidad para peso al nacer encontradas en la literatura fueron de 0,39 (Bourdon y Brinks, 1982), 0,30 (Mohíuddin, 1993), 0,31 (Koots et al., 1994a), y  $0,32 \pm 0,04$  (Morris et al., 2000). En Uruguay, Mendiondo y Saavedra (1993) de la literatura consulta obtuvieron un promedio de 0,36. Koots et al. (1994a) señalan que los principales factores que afectaban la varianza en las estimaciones de heredabilidad para peso al nacer fueron la raza y el sexo.

Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre peso al nacer y peso al destete obtenidas por Bourdon y Brinks (1982) en machos fue de  $0,63 \pm 0,08$  y 0,38, y en hembras  $0,60 \pm 0,09$  y 0,41, respectivamente, entre peso al nacer y peso al año en machos  $0,69 \pm 0,08$  y 0,41, y en hembras  $0,55 \pm 0,11$  y 0,40, respectivamente.

Koots et al. (1994b) obtuvieron correlaciones fenotípicas medias a bajas entre peso al nacer y peso al destete (0,46), peso al año (0,38) y con área de ojo de bife (0,17), y correlaciones genéticas moderadas a medias entre peso al nacer y peso al destete (0,50), con peso al año (0,55), y con área de ojo de bife (0,31). Mohíuddin (1993) reportaron rangos de correlaciones fenotípicas entre peso al nacer y peso al destete de 0,23 a 0,94 y genéticas entre -0,36-0,83, correlaciones fenotípicas entre peso al nacer y peso al año de 0,25-0,39 y genéticas entre 0,26-0,57. Morris et al. (2000) estimaron correlaciones genéticas entre peso al nacer y edad a la pubertad de  $0,21 \pm 0,12$ , y entre peso al nacer y circunferencia escrotal de  $0,08 \pm 0,10$ .

#### 2.4.2 Peso al destete

El peso al destete se corrige a los 205 días por ser una convención (BIF, 1986).

$$PDC205 \text{ (kg)} = [(PD \text{ (kg)} - PN \text{ (kg)} / \text{edad al destete (días)})] \times 205 \text{ días} + PN \text{ (kg)}$$

Los promedios de peso al destete son más variables que para peso al nacer. Bourdon y Brinks (1982) estimaron promedios de pesos al destete de 218 kg (Red Angus), 221 kg (Angus), y 202 kg (Hereford). Otros autores encontraron promedios de peso al destete de 178 kg (Arije y Wiltbank, 1971), 170 kg en Angus (Tanida et al., 1988),  $203 \pm 25$  kg (Koots et al., 1994b), 221 (Johnston y Bunter, 1996), y  $169 \pm 18$  kg (Morris et al., 2000). Las diferencias en los promedios para peso al destete varían principalmente debido a la raza y momento en que se evalúa la característica, Arije y Wiltbank (1971), Bourdon y Brinks (1982) midieron el peso al destete corregido a los 205 días, mientras que Tanida et al. (1988), Morris et al. (2000) lo hicieron a los 178 y 180 días, respectivamente.

Los valores de heredabilidad para peso al destete obtenidas de la literatura fueron de 0,66 (Bourdon y Brinks, 1982), 0,22 (Mohíuddin, 1993), 0,35 (Mendiondo y

Saavedra, 1993), 0,24 (Koots et al., 1994a), 0,35 (Johnston y Bunter, 1996),  $0,14 \pm 0,03$  (Morris et al., 2000), y  $0,55 \pm 0,01$  (Van Melis et al., 2010). Koots et al. (1994a) del análisis de los principales factores que afectaban las estimaciones de heredabilidad para peso al destete, encontraron que la raza, el método de estimación y el sexo eran los que más variabilidad generaban.

Se encontró en la literatura una correlación genética baja pero favorable entre peso al destete y longevidad de  $0,16 \pm 0,02$  (Van Melis et al., 2010). Johnston y Bunter (1996) obtuvieron una correlación fenotípica y genética entre días al primer parto y peso al destete de  $-0,05$  y  $0,10 \pm 0,20$ , respectivamente. Bourdon y Brinks (1982) estimaron correlaciones genéticas y fenotípicas entre peso al destete y peso al año de  $0,89 \pm 0,03$  y  $0,76$  (machos), y en hembras  $0,90 \pm 0,03$  y  $0,76$ , respectivamente. Koots et al. (1994b) obtuvieron correlaciones fenotípicas altas entre peso al destete y peso al año ( $0,71$ ), y baja con área de ojo de bife ( $0,23$ ), mientras que las correlaciones genéticas fueron altas con peso al año ( $0,81$ ) y medias con área de ojo de bife ( $0,49$ ). Mohíuddin (1993) estimaron rangos de correlaciones fenotípicas y genéticas entre peso al destete y peso al año de  $0,57-0,85$ , y  $0,16-0,92$ , respectivamente.

Peso al destete corregido a los 205 días se correlaciona fenotípicamente en forma favorable con edad a la pubertad ( $-0,35$ ), y peso a la pubertad ( $0,37$ ) (Arije y Wiltbank, 1971). Morris et al. (2000) estimaron una correlación genética entre peso al destete y edad a la pubertad de  $0,07 \pm 0,15$ , y entre peso al destete y circunferencia escrotal de  $-0,14 \pm 0,13$ .

#### 2.4.3 Peso a los 18 meses

El peso de los terneros a los 18 meses es una característica que refleja la habilidad de crecimiento posdestete de la descendencia de un reproductor (Ravagnolo et al., 2013). Es una característica que de la que no se encuentra mucha información en la literatura nacional e internacional, siendo más común el peso al año de edad como medida de crecimiento posdestete, por este motivo se describirá información relacionada al peso al año.

Las estimaciones de peso al año, sus heredabilidades y correlaciones encontradas en la literatura son muy variables. Koots et al. (1994b), Johnston y Bunter (1996), Morris et al. (2000) obtuvieron pesos promedios al año de  $345 \pm 38$  kg,  $301$ , y  $280 \pm 24$  kg, respectivamente. Los promedios de peso al año estimados por Bourdon y Brinks (1982) fueron de  $353$  kg (Red Angus),  $354$  kg (Angus), y  $343$  kg (Hereford).

Las heredabilidades para peso al año fueron de  $0,69$  (Bourdon y Brinks, 1982),  $0,31$  (Mohíuddin, 1993),  $0,33$  (Koots et al., 1994a),  $0,48$  (Johnston y Bunter, 1996), y  $0,39 \pm 0,03$  (Morris et al., 2000). Las correlaciones genéticas entre peso al año y días al

parto fueron  $0,08 \pm 0,18$  (Johnston y Bunter, 1996),  $-0,22 \pm 0,09$  entre peso al año y edad a la pubertad y  $0,34 \pm 0,06$  entre peso al año y circunferencia escrotal (Morris et al., 2000). Koots et al. (1994b) determinaron una correlación fenotípica y genética entre peso al año y área de ojo de bife de 0,35 y 0,51, respectivamente.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A LA CANAL

Desde 2003, la Sociedad de Criadores de Angus del Uruguay, conjuntamente con el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y la Facultad de Agronomía, empleando imágenes de ultrasonido, miden el área de ojo de bife y el espesor de grasa subcutánea, dentro del programa de evaluación genética SER (Servicio de Evaluación de Reproductores). A partir de 2005, se comenzó a registrar la grasa intramuscular con el objetivo de determinar la posibilidad de realizar una evaluación genética para dicho carácter (Ravagnolo et al., 2010).

### 2.5.1 Área de ojo de bife

#### 2.5.1.1 Definición y estimaciones de área de ojo de bife

El área de ojo de bife corresponde a la superficie transversal del músculo Longissimus dorsi a nivel del cuarteo de la media res faenada, y puede ser medida en el animal vivo por ultrasonografía o en la carcasa. En el animal vivo la técnica de ultrasonografía puede ser utilizada para obtener una imagen transversal del músculo Longissimus dorsi habiéndose generalizado varios puntos de medición, siendo los principales los espacios intercostales 10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> y 12<sup>a</sup>-13<sup>a</sup> costilla, respectivamente (Dartayete, 2005).

En la carcasa, el área de ojo de bife puede ser definida como la superficie expuesta a nivel del cuarteo de la media res y corresponde al área del corte transversal del músculo Longissimus dorsi, mirando en la dirección de la cabeza de la media res colgada del garrón (Zamorano, citado por Dartayete, 2005). Existen varias formas de obtener el valor de área de ojo de bife a nivel de carcasa en el frigorífico, pudiendo medirse por análisis de imágenes de video con las tecnologías de Beef Cam o Vía Scan, por la colocación sobre la superficie del corte de una lámina plástica apuntillada en la que cada punto representa una unidad de área o bien utilizando papel plástico traslúcido y marcadores para delimitar el área del músculo Longissimus dorsi y luego ser medida por la utilización de programas de computación específicos (Dartayete, 2005).

Crews y Kemp (2002), Crews et al. (2003) estimaron en ganado Simental promedios de 63,8 y 73,6 cm<sup>2</sup> de área de ojo de bife medidas en el animal vivo, y en carcasa  $82,8 \pm 8,2$  cm<sup>2</sup> y  $86,1 \pm 10,7$  cm<sup>2</sup> medidos en carcasa, respectivamente. Dartayete (2005) en ganado multirracial obtuvo un promedio de 56,85 cm<sup>2</sup>, Koots et al.

(1994b) un promedio de  $68,9 \pm 7,0$  cm<sup>2</sup>.

#### 2.5.1.2 Parámetros genéticos

Koots et al. (1994a) encontraron un promedio de heredabilidad para área de ojo de bife de  $0,42 \pm 0,02$ . Crews y Kemp (2002), Crews et al. (2003) obtuvieron heredabilidades para área de ojo de bife medida por ultrasonido de 0,55 y 0,44, respectivamente, en carcasa los valores fueron de 0,54 (Crews y Kemp, 2002), y  $0,46 \pm 0,05$  (Crews et al., 2003). Dartayete (2005) en su estudio estimó una heredabilidad para esta característica de 0,34, y de la extensa literatura revisada encontró un valor promedio, medida sobre carcasa de  $0,41 \pm 0,13$ , y por ultrasonido de  $0,28 \pm 0,13$ .

Las correlaciones genéticas encontradas entre área de ojo de bife medida en el animal vivo y en la carcasa fue 0,71 y 0,67 en novillos y vaquillonas, respectivamente (Crews y Kemp, 2002). Crews et al. (2003) obtuvieron correlaciones genéticas de  $0,80 \pm 0,11$  en novillos y  $0,54 \pm 0,15$  en vaquillonas. Dartayete (2005) estimó una correlación genética entre área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea muy baja (- 0,08).

#### 2.5.2 Espesor de grasa subcutánea

##### 2.5.2.1 Definición y estimaciones de la característica

El espesor de grasa dorsal puede ser medido en varios puntos tanto en el animal vivo como en la carcasa. En el animal vivo se ha generalizado su medición junto a la medida de área de ojo de bife por ultrasonografía o en el punto P8 en la grupa (medida de grasa). En la carcasa se puede medir por análisis de imágenes de video con las tecnologías de Beef Cam o Vía Scan, o directamente utilizando una regla a nivel del cuarteo de la media res, realizándose una o dos mediciones (a  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  del largo mayor del AOB) o tres (a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{4}$  del largo mayor del AOB). La medida de grasa más común utilizada en la evaluación de carcasas de ganado de carne es la medida tomada en la 12<sup>a</sup> costilla (Dartayete, 2005).

Las estimaciones encontradas en la literatura para el espesor de grasa subcutánea medidas en el animal vivo fueron en promedio de 4,8 mm (promedio novillos y vaquillonas) (Crews y Kemp, 2002), 4,06 mm (Crews et al., 2003), y 7,0 mm (Dartayete, 2005). En carcasa, las estimaciones para espesor de grasa subcutánea fueron en promedio de  $8,8 \pm 2,7$  mm (Crews y Kemp, 2002), y  $9,9 \pm 4,1$  mm (Crews et al., 2003).

##### 2.5.2.2 Parámetros genéticos

Mohíuddin (1993), Crews y Kemp (2002), Crews et al. (2003) estimaron una heredabilidad para el espesor de grasa subcutánea medidos en el animal vivo de 0,41,

0,47 (promedio novillos y vaquillonas) y 0,61 (promedio novillos y vaquillonas), respectivamente. En carcasa los valores de heredabilidad fueron 0,46 (Crews y Kemp, 2002), y  $0,35 \pm 0,05$  (Crews et al., 2003). Dartayete (2005) obtuvo en su estudio una heredabilidad de 0,22, y de la revisión bibliográfica, para la misma característica medida sobre carcasa  $0,38 \pm 0,14$ , y por ultrasonido de  $0,31 \pm 0,15$ , respectivamente.

Dartayete (2005) señala que las diferencias en las estimaciones de heredabilidad en carcasa y por ultrasonido del AOB y el espesor de grasa subcutánea puede deberse en parte a las diferentes cantidades de registros considerados para las estimaciones, además del número de datos utilizados en cada registro, del método de estimación, de las diferentes fuentes error en las estimaciones, etc.

La correlación genética encontrada en la literatura entre el espesor de grasa subcutánea medido en el animal vivo y en carcasa fue de 0,23 y 0,66 en novillos y vaquillonas, respectivamente (Crews y Kemp, 2002). Crews et al. (2003) obtuvieron correlaciones genéticas para el espesor de grasa subcutánea medida en el animal vivo y en carcasa de  $0,79 \pm 0,13$  en novillos, y  $0,83 \pm 0,12$  en vaquillonas.

El Cuadro No. 5 muestra un resumen de heredabilidades para las características de crecimiento: peso al nacer, peso al destete y peso al año; y para las características asociadas a la canal: área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea.

Cuadro No. 5. Heredabilidades en características de crecimiento y canal

<b>Característica</b>	<b>Heredabilidad</b>	<b>Referencia</b>
Peso al nacer	$0,43 \pm 0,07$ (machos) $0,35 \pm 0,06$ (hembras)	Bourdon y Brinks (1982)
	0,30	Mohíuddin (1993)
	0,36	Mendiondo y Saavedra (1993)
	0,31	Koots et al. (1994a)
	$0,32 \pm 0,04$	Morris et al. (2000)
Peso al destete	$0,63 \pm 0,08$ (machos) $0,69 \pm 0,10$ (hembras)	Bourdon y Brinks (1982)
	0,22	Mohíuddin (1993)
	0,35	Mendiondo y Saavedra (1993)
	0,24	Koots et al. (1994a)
	0,35	Johnston y Bunter (1996)
	$0,14 \pm 0,03$	Morris et al. (2000)
	$0,55 \pm 0,01$	Van Melis et al. (2010)
Peso al año	$0,73 \pm 0,11$ (machos) $0,66 \pm 0,10$ (hembras)	Bourdon y Brinks (1982)
	0,31	Mohíuddin (1993)

	0,33	Koots et al. (1994a)
	0,39 ± 0,03	Morris et al. (2000)
	0,48	Johnston y Bunter (1996)
Área de ojo de bife	0,42 ± 0,02	Koots et al. (1994a)
	0,55 (animal vivo) 0,54 (carcasa)	Crews y Kemp (2002)
	0,44 (animal vivo) 0,46 ± 0,05 (carcasa)	Crews et al. (2003)
	0,38	Dartayete (2005)
	0,41 (por ultrasonido)	
	0,28 (carcasa)	
Espesor de grasa subcutánea	0,41	Mohíuddin (1993)
	0,47 (animal vivo) 0,46 (carcasa)	Crews y Kemp (2002)
	0,61 (animal vivo) 0,35 ± 0,05 (carcasa)	Crews et al. (2003)
	0,22	Dartayete (2005)
	0,38 ± 0,14 (carcasa)	
	0,31 ± 0,15 (ultrasonido)	

En primer lugar es importante recordar que la heredabilidad es un parámetro relativo a una característica y población en particular, y sus valores solo se pueden extrapolar a otras poblaciones con similar estructura genética, manejo y a un mismo ambiente. Para peso al nacer el promedio de heredabilidad es 0,34, con un rango entre 0,30-0,43, es una característica de baja heredabilidad y poco variable entre estimaciones. Para peso al destete la heredabilidad promedio es de 0,40, con un rango entre 0,14-0,69, resultando muy variable. El peso al año muestra ser una característica moderadamente heredable, promedio de 0,48 y valores entre 0,31-0,73. Koots et al. (1994a) encontraron en su revisión literaria, que los componentes que más determinaban la varianza en las estimaciones de heredabilidad para estas características eran, la raza y el sexo en el caso del peso al nacer ( $0,01 < p < 0,05$ ), la raza ( $p < 0,01$ ), el método de estimación y el sexo ( $0,01 < p < 0,05$ ) para peso al destete, y el manejo de la alimentación ( $0,01 < p < 0,05$ ) para el peso al año.

Área de ojo de bife muestra ser una característica moderadamente heredable, con valores de heredabilidad, promedio por ultrasonido de 0,47 y en carcasa 0,43, con valores entre 0,28-0,55. Para el espesor de grasa subcutánea la heredabilidad promedio por ultrasonido fue de 0,46 y en carcasa 0,40, con valores entre 0,22-0,61, resultando más heredables las mediciones por ultrasonido.

El Cuadro No. 6 muestra un resumen de correlaciones fenotípicas y genéticas en características de crecimiento y de canal.

Cuadro No. 6. Correlaciones en características de crecimiento y canal

Características	Correlaciones		
	Fenotípicas	Genéticas	Referencia
pn-edadpub		0,21 ± 0,12	Morris et al. (2000)
pn-ce		0,08 ± 0,10	Morris et al. (2000)
pn-pd	0,38 (machos)	0,63 ± 0,08 (machos)	Bourdon y Brinks (1982)
	0,41 (hembras)	0,60 ± 0,09 (hembras)	
	0,46	0,50	Koots et al. (1994b)
	0,23-0,94	-0,36-0,83	Mohíuddin (1993)
pn-p12	0,41 (machos)	0,69 ± 0,08 (machos)	Bourdon y Brinks (1982)
	0,40 (hembras)	0,55 ± 0,11 (hembras)	
	0,38	0,55	Koots et al. (1994b)
	0,25-0,39	0,26-0,57	Mohíuddin (1993)
pn-aob	0,17	0,31	Koots et al. (1994b)
pd-edadpub	-0,35		Arije y Wiltbank (1971)
		0,07 ± 0,15	Morris et al. (2000)
pd-pesopub	0,37		Arije y Wiltbank (1971)
pd-dp	-0,05	0,10 ± 0,20	Johnston y Bunter (1996)
pd-longevidad		0,16 ± 0,02	Van Melis et al. (2010)
pd-ce		-0,14 ± 0,13	Morris et al. (2000)
pd-p12	0,76 (machos)	0,89 ± 0,03 (machos)	Bourdon y Brinks (1982)
	0,76 (hembras)	0,90 ± 0,03 (hembras)	
	0,71	0,81	Koots et al. (1994b)
	0,57-0,85	0,16-0,92	Mohíuddin(1993)
pd-aob	0,23	0,49	Koots et al. (1994b)
p12-edadpub		-0,22 ± 0,09	Morris et al. (2000)
p12-dp	-0,10	0,08 ± 0,18	Johnston y Bunter (1996)

p12-ce		0,34 ± 0,06	Morris et al. (2000)
p12-aob	0,35	0,51	Koots et al. (1994b)
aob medido en el animal vivo y en carcasa		0,71 (novillos) 0,67 (vaquillonas)	Crews y Kemp (2002)
		0,80 ± 0,11 (novillos) 0,54 ± 0,15 (vaquillonas)	Crews et al. (2003)
aob-egs		-0,08	Dartayete (2005)
egs medido en el animal vivo y en carcasa		0,23 (novillos) 0,66 (vaquillonas)	Crews y Kemp (2002)
		0,79 ± 0,13 (novillos) 0,83 ± 0,12 (vaquillonas)	Crews et al. (2003)

Referencias: aob: área de ojo de bife; ce: circunferencia escrotal; dp: días al parto; edadpub: edad a la pubertad; egs: espesor de grasa subcutánea; pn: peso al nacer; pd: peso al destete; p12: peso al año

En el Cuadro No. 6 se pueden notar las diferencias en las correlaciones entre características de crecimiento y entre características de crecimiento y reproductivas, siendo las primeras mayores en valor absoluto. Las correlaciones fenotípicas como genéticas son muy variables entre características, y en general son del mismo signo, sin embargo en algunos casos la correlación fenotípica es menor a la genética, lo que implica una correlación ambiental negativa. Por eso es importante conocer el signo y magnitud de una correlación genética, porque una correlación fenotípica puede estar enmascarada por una correlación genética de signo contrario, lo que implicaría un retroceso en el esquema de mejoramiento.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados en este trabajo de tesis son parte de la base de datos productivos y genealógicos del Servicio de Evaluación de Reproductores (SER), y fueron proporcionados por la Asociación de Criadores de Aberdeen Angus del Uruguay a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). El conjunto inicial de datos estaba compuesto por 9220 registros de vacas con un primer parto identificado, nacidas entre los años 1975 y 2008, y pertenecientes a 53 criadores. Las planillas de datos contaban con información correspondiente a la identificación del criador, raza e identificación de la vaca, fecha de nacimiento, fecha de primer parto y de partos sucesivos, raza e identificación de sus progenitores, peso al nacer, peso y fecha al destete, peso y fecha a los 18 meses, área de ojo de bife, espesor de grasa subcutánea y grasa intramuscular. Si una vaca no presentaba registros en el año siguiente a su primer parto, pero continuaba presente en años posteriores, se asumió que había fallado en su segundo parto.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES ANALIZADAS

A partir de los archivos originales se crearon diversas variables indicadoras de longevidad y otras variables reproductivas, mientras que las variables de crecimiento y canal se tomaron de los datos originales.

##### 3.1.1 VARIABLES INDICADORAS DE LONGEVIDAD

- **Días de vida productiva (dvp):** mide la duración de la vida útil completa de la vaca, expresada como días desde el primer hasta el último parto registrado
- **Habilidad de permanencia a los 5 años (hp5):** variable binaria, se define como la probabilidad de sobrevivir o permanecer una vaca en el rodeo hasta los 5 años de edad, siempre que tenga la oportunidad, y se la clasificó como “1” cuando tuvo chance pero no llegó, y “2” si estuvo presente a los 5 años. Existe un código “0” para señalar que no se cuenta con información de esta variable (no se puede deducir del archivo si la vaca está presente o ausente, por ejemplo si es el último año de registro en un rodeo determinado). Se asume que la vaca tuvo la chance de permanecer en el rodeo cuando se identificó un parto en algún año posterior.

- **Longevidad:** expresa el número de oportunidades de parto que tuvo una vaca, independientemente de si tuvo cría o no. Se contabilizan las oportunidades de parto desde el primero hasta el último registro de parto de la vaca.

### 3.1.2 Otras variables reproductivas

- **Edad al primer parto (edad1p):** se define como el período de tiempo (días) que transcurre entre la fecha de nacimiento de la vaca y la fecha de su primer parto.
- **Días al parto (días1):** es el intervalo en días entre la fecha de primer parto en la estación de parición hasta la fecha de primer parto de la vaca, registrada dentro de cada año y establecimiento (Urioste et al., 2007a).
- **Éxito en el segundo parto (preg2):** es una variable binaria que se clasifica como “1” cuando la vaca está presente pero no tuvo cría al segundo parto, “2” significa que la vaca parió (Urioste et al., 2007a).
- **Número de partos (np):** contabiliza la cantidad de partos que ha tenido una vaca durante el periodo de tiempo analizado.
- **Eficiencia:** se calculó dividiendo el número de partos entre la longevidad de cada animal, considerando un mínimo de 2 partos.
- **Éxito de tener tres partos consecutivos (éxito3):** es una codificación binaria para las vacas que tuvieron tres partos consecutivos habiendo tenido chance, y se clasificó como: “1” teniendo chance no tuvo tres partos consecutivos, y “2” tuvo tres partos consecutivos. Existe un código “0” para señalar que no se cuenta con información de esta variable (no se puede deducir del archivo si la vaca tuvo la oportunidad de expresar la característica, por ejemplo vacas paridas en el último año de registro del respectivo establecimiento).

### 3.1.3 Variables de crecimiento

- **Peso al nacer corregido (pnc, kg)**
- **Peso al destete corregido a los 205 días (pdc, kg):** se estandariza el peso por los días de nacimiento al destete, corrigiendo el peso de los terneros a los 205 días. De esta forma se hacen comparables todos los terneros, al destete, en forma independiente de la edad real.
- **Peso a los 18 meses corregido (p18c, kg):** es el peso de los terneros corregido a los 540 días, y refleja la habilidad de crecimiento posdestete de la descendencia de un reproductor.

#### 3.1.4 VARIABLES DE LA CANAL

- **Área de ojo de bife corregido (aobc, cm<sup>2</sup>):** es la sección transversal del músculo Longissimus dorsi (bife) a la altura de la 12<sup>a</sup> costilla, se mide a los 18 meses por ultrasonografía.
- **Espesor de grasa subcutánea corregido (gsc, mm):** es el espesor de grasa subcutánea a la altura de la 12<sup>a</sup> costilla, se mide a los 18 meses por ultrasonografía.

#### 3.1.5 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para garantizar una mayor precisión en la estimación de diversos parámetros se hizo una primera edición de datos, eliminando los registros de animales pertenecientes a aquellos criadores con menos de 100 vacas por establecimiento y menos de 5 años de información, quedando como resultado 7689 vacas con registro de primer parto entre los años 1978 y 2011, y pertenecientes a 23 criadores. A este primer conjunto de datos se le denominó Datos1.

A partir de este primer conjunto de datos se seleccionaron aquellos registros que incluían al menos 2 partos por vaca, para obtener mediciones válidas de las variables días de vida productiva y habilidad de permanencia a los 5 años. Cumplidos estos criterios quedaron 3289 datos. Adicionalmente se eliminaron dos criadores por presentar promedios fuera de rangos razonables, quedando como resultado 3200 registros pertenecientes a 18 criadores, en un subconjunto de datos denominado Datos2.

Datos3 incluye todos aquellos registros que cumplen con los requisitos de Datos2, eliminando aquellos que no tienen datos de los tres pesos (al nacer, al destete, y a los 18 meses), quedando 1501 registros pertenecientes a 17 criadores. Por último, Datos4 incluye todos los registros que cumplen con los requisitos de Datos3, y que además tienen registros de área de ojo de bife y grasa subcutánea, quedando como resultado 270 datos de 12 criadores. Se tomó la decisión de no incluir grasa intramuscular porque el número de registros final al incluir esta variable era muy bajo.

En el Cuadro No. 7 se presenta la frecuencia absoluta y el porcentaje de registros correspondiente a cada criador considerando los diferentes grupos de datos. En el mismo se puede observar cómo varían estas dos medidas al aumentar los requisitos a cumplir al pasar de Datos1 a los demás grupos de datos.

Cuadro No. 7. Frecuencia absoluta (FA) y porcentaje de registros (%) por criador dentro de cada grupo de datos

Datos	D1		D2		D3		D4	
Criador	FA	%	FA	%	FA	%	FA	%
1	1407	18,3	508	15,9	278	18,52		
2	421	5,5	122	3,8				
3	188	2,5	62	1,9	43	2,86		
4	145	1,9						
5	923	12,0	563	17,6	187	12,46	33	12,22
6	109	1,4	36	1,1	6	0,4	6	2,22
7	230	3,0	132	4,1	102	6,8	11	4,07
8	207	2,7	77	2,4	56	3,73		
9	140	1,8	59	1,8	30	2		
10	613	8,0	174	5,4	120	7,99	74	27,41
11	340	4,4	154	4,8	108	7,2	17	6,3
12	115	1,5						
13	117	1,5	34	1,1	2	0,13	2	0,74
14	153	2,0	66	2,1	36	2,4	22	8,15
15	157	2,0	85	2,7	29	1,93	11	4,07
16	510	6,6	329	10,3	112	7,46		
17	441	5,7	268	8,4	131	8,73	17	6,3
18	135	1,8	47	1,5	28	1,87	24	8,89
19	161	2,1						
20	243	3,2						
21	421	5,5	205	6,4	124	8,26	25	9,26
22	406	5,3	279	8,7	109	7,26	28	10,37
23	107	1,4						
Total	7689	100,0	3200	100	1501	100	270	100

Para los cálculos estadísticos se utilizó el programa Infostat, software estadístico desarrollado por docentes e investigadores de Estadística, Biometría y Diseño de Experimentos de la Universidad Nacional de Córdoba (Di Rienzo et al., 1998) y SPSS que es un programa estadístico informático muy usado en las ciencias sociales y las empresas de investigación de mercado (Norman et al., 1968).

Cada variable fue descrita en términos de medias, coeficientes de variación, mínimos y máximos, gráficas de distribución o valores de frecuencia cuando los datos fueron de variables binarias o de conteo. Para la variable días de vida productiva se estimó además la mediana debido a su distribución no normal, tomándose para esta variable y para días al parto, el logaritmo neperiano para obtener una distribución aproximadamente normal, corrigiéndose solo para días al parto donde se observó una mejor distribución. En todos los casos, la identificación de los criadores fue recodificada para preservar la confidencialidad de los mismos.

Para analizar la asociación entre variables continuas se estimaron correlaciones fenotípicas a partir del Coeficiente de Correlación de Pearson (R), que mide el grado de asociación lineal entre dos variables. Para relacionar una variable continua y una discreta se consideró conveniente describir el promedio de la variable continua con respecto a la discreta, y en el caso de variables discretas se utilizaron tablas de contingencia, donde los porcentajes (frecuencias) aparecen organizados en casillas que contienen información sobre la relación existente entre ambos criterios. Se utilizaron diferentes grupos de datos para estimar las asociaciones según fueran las variables involucradas en el análisis: Datos 1 para la asociación entre edad al primer parto y días al parto, Datos2 entre variables de longevidad y demás variables reproductivas, Datos3 entre variables de longevidad y variables de crecimiento, y Datos4 entre variables de longevidad y características de la canal.

Se calcularon regresiones lineales utilizando una regresión STEPWISE (paso a paso) para analizar y cuantificar fenotípicamente la relación entre una variable llamada dependiente o criterio, y una o más variables llamadas independientes o predictoras.  $R^2$  es el coeficiente de determinación que expresa la proporción de la varianza de la variable dependiente que está explicada por la/s variable/s independiente/s. Las variables dependientes analizadas fueron días de vida productiva y longevidad. Para la variable habilidad de permanencia a los 5 años se calculó una regresión logística por tratarse de una variable discreta.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 LONGEVIDAD

En primer lugar se presenta una caracterización inicial de los resultados de las variables de longevidad: días de vida productiva, habilidad de permanencia a los 5 años y longevidad, elaborado con estadística descriptiva a partir de Datos2 (3200 registros).

#### 4.1.1 Días de vida productiva

Para esta variable se estimó un promedio de 1492 (4,1 años)  $\pm$  756 días, la mitad de los registros se ubica por debajo de 1472 días de vida productiva, y entre el animal que registra menos y el que registra más días de vida productiva existe una diferencia de 2829 (entre 312 y 3141) días, con un coeficiente de variación de 51%.

El Cuadro No. 8 muestra la frecuencia absoluta, relativa, y acumulada para la variable días de vida productiva, estimados a partir de Datos2. El criterio de definición de las clases es de intervalos cerrados por la derecha.

Cuadro No. 8. Frecuencias de cada clase para la variable días de vida productiva, calculado a partir de Datos2

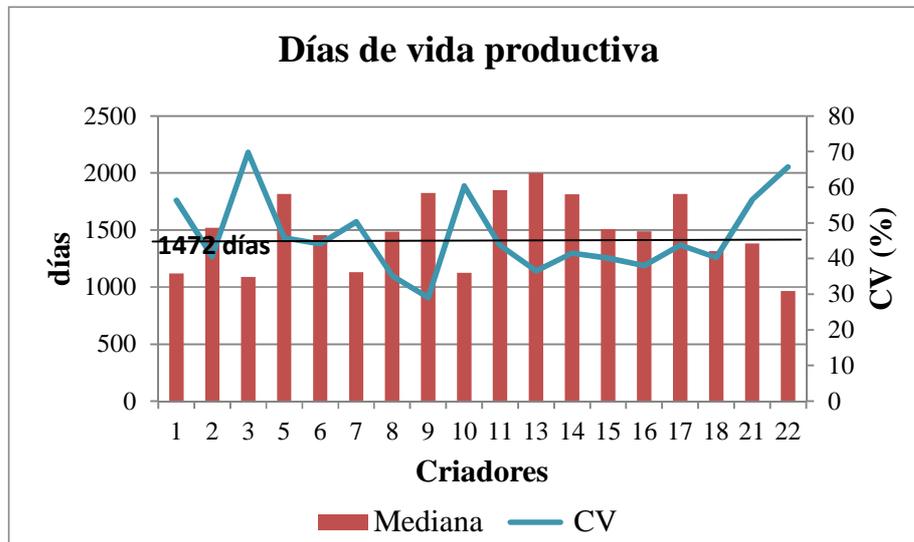
Clase	LI (días)	LS (días)	MC (días)	FA	FR	FRA
1	[ 312,00	877,80 ]	453,45	467	0,15	0,15
2	( 877,81	1443,60 ]	736,35	399	0,12	0,27
3	( 1443,61	2009,40 ]	1019,25	408	0,13	0,40
4	( 2009,41	2575,20 ]	2150,85	319	0,1	0,84
5	( 2575,21	3141,00 ]	2716,65	172	0,05	0,94

Referencias: LI: límite inferior de la clase (días); LS: límite superior de la clase (días); MC: valor promedio de la clase (días); FA: frecuencia absoluta; FR: frecuencia relativa; FRA: frecuencia relativa acumulada

El valor de la mediana se ubica dentro de la clase 3, a partir de la cual se produce un descenso en el porcentaje de las demás clases.

En el Gráfico No. 1 se puede observar la mediana y coeficiente de variación para la variable días de vida productiva por establecimiento, calculado a partir de Datos2.

Gráfico No. 1. Mediana y coeficiente de variación para la variable días de vida productiva según establecimiento, calculados a partir de Datos2



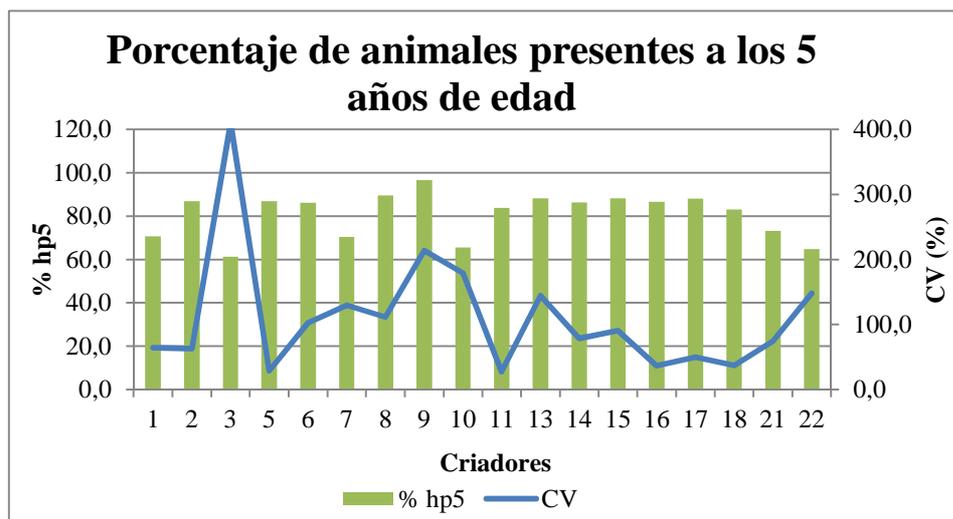
Podemos observar para la característica días de vida productiva una importante variación dentro de establecimientos, generando en consecuencia importantes diferencias entre criadores. El promedio mínimo es de 1199 días y el máximo de 1899 días de vida productiva, mientras que el coeficiente de variación promedio mínimo es de 29%, y el máximo de 70%. Los establecimientos que superan el valor de la mediana (1472 días) son los que tienen menores coeficientes de variación y viceversa.

#### 4.1.2 Habilidad de permanencia a los 5 años

El porcentaje de habilidad de permanencia a los 5 años se calculó dividiendo el total de vacas con habilidad de permanencia a los 5 años sobre el total de vacas presentes en el rodeo a esa edad, resultando en un valor promedio de 81%, y un coeficiente de variación de 110%.

El Gráfico No. 2 muestra la variabilidad dentro y entre establecimientos para el porcentaje de habilidad de permanencia a los 5 años.

Gráfico No. 2. Porcentaje de habilidad de permanencia a los 5 años y coeficiente de variación según establecimiento, calculados a partir de Datos2



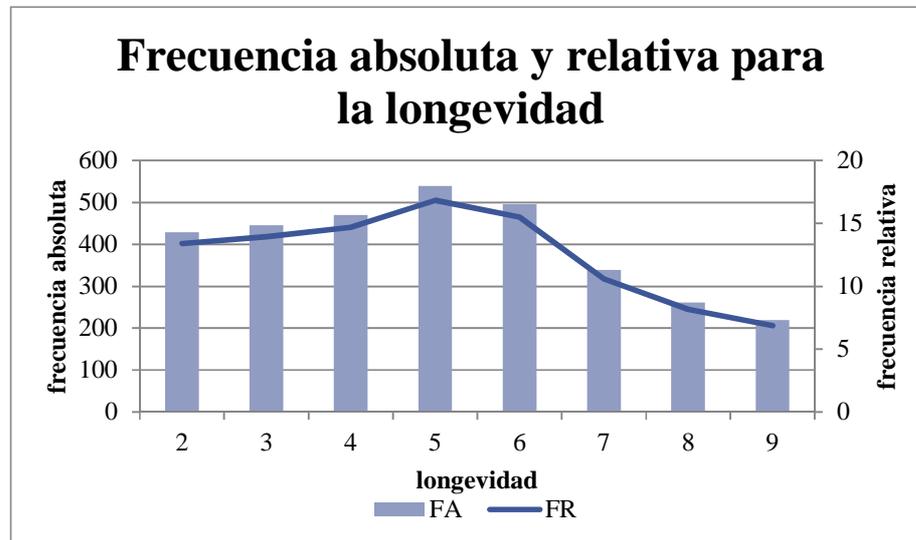
Los establecimientos con menores % hp5 son los que tienen mayores coeficientes de variación, registrándose porcentajes mínimos de 61% y máximos de 97%, y coeficientes de variación promedio mínimo y máximo de 28 y 410%, respectivamente.

#### 4.1.2.1 Longevidad

Se estimó un promedio de 5 oportunidades de parto por vaca, un mínimo de 2 y un máximo de 9 oportunidades de parto, con un coeficiente de variación de 41%.

El Gráfico No. 3 muestra la frecuencia absoluta y relativa para la variable longevidad, medida como el número de oportunidades de parto que tiene una vaca, calculado a partir de Datos2.

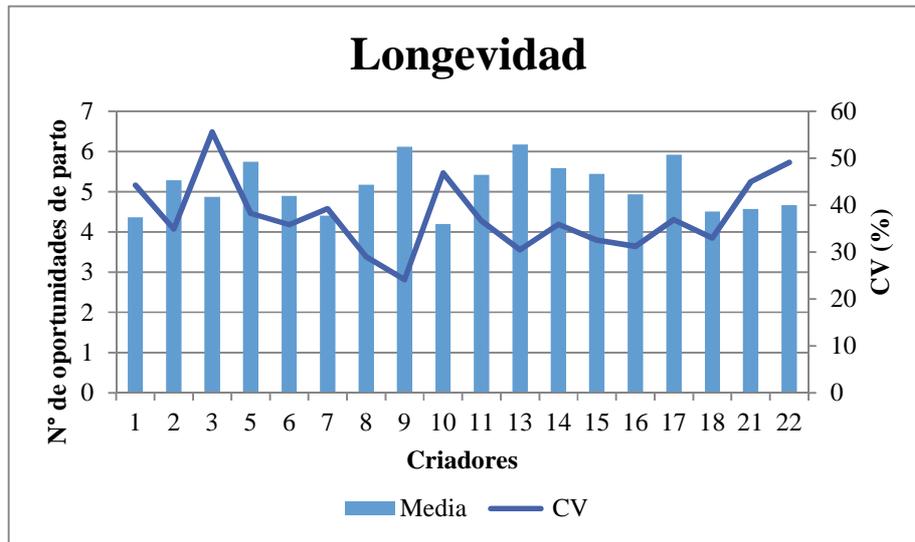
Gráfico No. 3.Frecuencia absoluta y relativa para la variable longevidad, calculados a partir de Datos2



La longevidad medida a través del número de oportunidades de parto, aumenta hasta 5 oportunidades de parto (16,8%), y a partir de este valor descienden las frecuencias de las demás clases.

El Gráfico No. 4 muestra que existe una importante variación dentro y entre establecimientos.

Gráfico No. 4. Media y coeficiente de variación para la variable longevidad según establecimiento, calculado a partir de Datos2



El Gráfico No. 4 muestra la variabilidad dentro y entre establecimientos para esta característica. Se registró un promedio mínimo de 4,2 y un máximo de 6,2 oportunidades de parto, y promedio de coeficiente de variación mínimo y máximo de 24 y 55,6%, respectivamente.

#### 4.1.3 Otras características: reproductivas, de crecimiento y canal

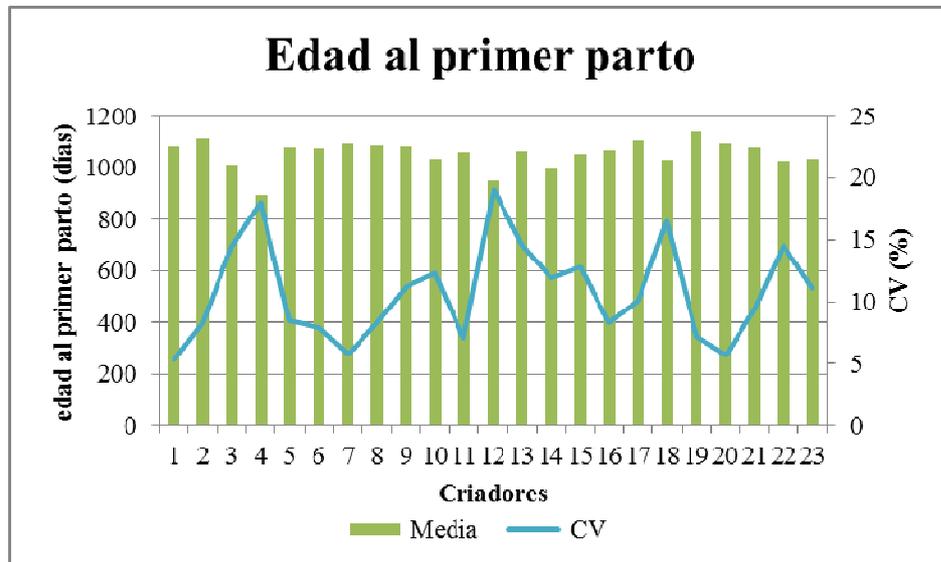
En primer lugar se realiza una caracterización inicial de las variables reproductivas edad al primer parto y días al parto, estimadas a partir de Datos1 (7689 registros pertenecientes a 23 criadores).

##### 4.1.3.1 Edad al primer parto

El promedio de edad al primer parto calculado fue de  $1066 \pm 108$  días (2,9 años), un mínimo de 606 días y un máximo de 1338 días, y un coeficiente de variación bajo (10%).

En el Gráfico No. 5 se puede observar para la edad al primer parto la variación dentro y entre establecimientos al considerar la media y el coeficiente de variación.

Gráfico No. 5. Media y coeficiente de variación para la variable edad al primer parto según establecimiento, calculado a partir de Datos 1



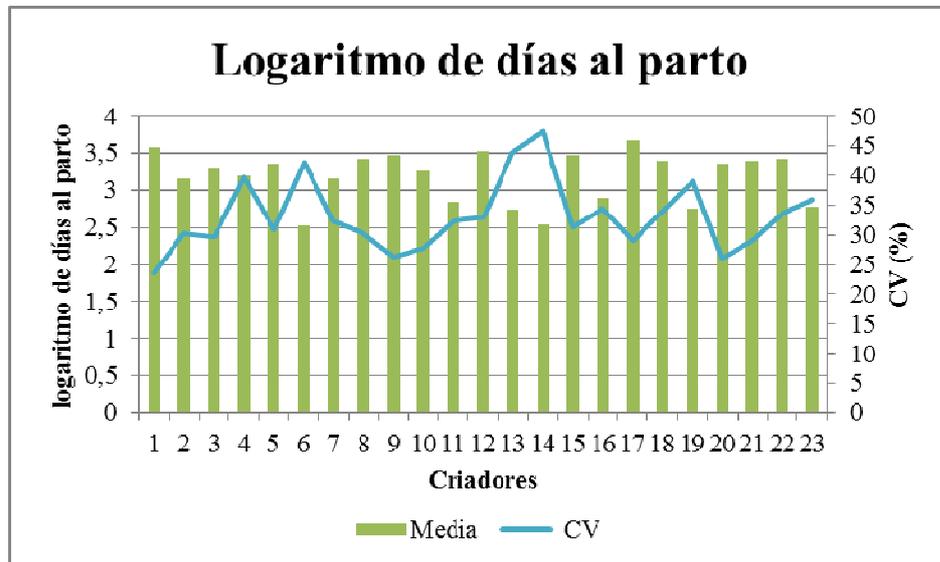
Los valores promedios de edad al primer parto son muy variables entre establecimientos, con mínimo de 894 días (2,4 años) y un máximo de 1139 días (3,1 años). Si bien el coeficiente de variación dentro de cada establecimiento muestra valores por debajo del 20%, es muy variable entre establecimientos, registrándose un mínimo de 5,3 y un máximo de 19%.

#### 4.1.3.2 Días al parto

Se estimó para esta variable un promedio de  $39 \pm 31$  días al parto, mínimo de 1 y máximo de 177 días al parto, con un coeficiente de variación muy alto de 80%.

El Gráfico No. 6 muestra el logaritmo neperiano de la variable días al parto donde se observa una mejor distribución de la variable.

Gráfico No. 6. Media y coeficiente de variación para el logaritmo de días al parto según establecimiento, calculado a partir de Datos1



En el Gráfico No. 6 podemos observar diferencias dentro y entre establecimientos, sin embargo para el análisis resulta más conveniente describir los resultados de la variable días al parto sin la transformación logarítmica. De este modo, el promedio mínimo y máximo por establecimiento fue de 19 y 58 días al parto, respectivamente, mientras que el coeficiente de variación promedio mínimo y máximo registrado fue de 61 y 105%, respectivamente.

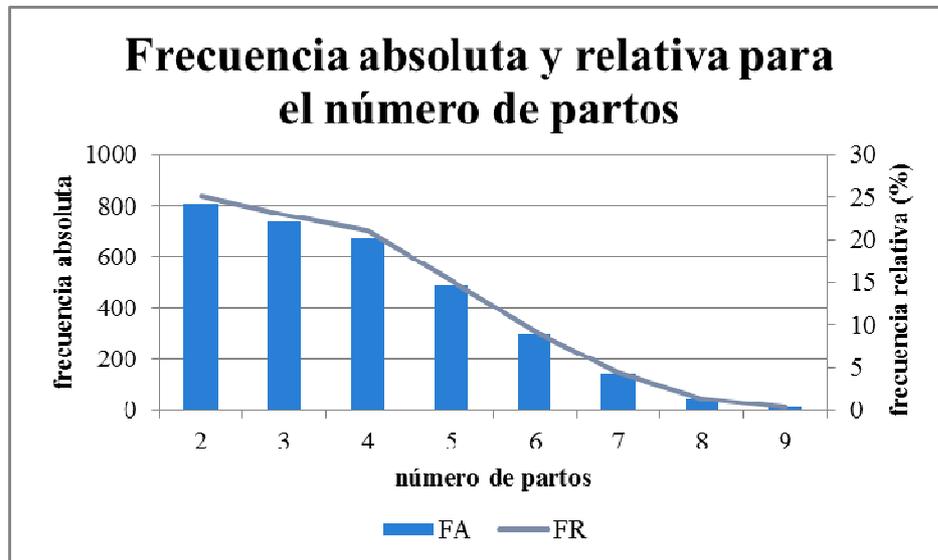
Para realizar la caracterización de las demás variables reproductivas: número de partos, eficiencia, éxito al segundo parto y éxito de tener tres partos consecutivos, se utilizaron los registros de Datos2 (3200 registros pertenecientes a 18 criadores).

#### 4.1.3.3 Número de partos

Se estimó para el número de partos un promedio de  $3,8 \pm 1,6$  partos, un mínimo de 2 y un máximo de 9 partos, con un coeficiente de variación promedio de 41%. El mínimo de partos corresponde a un valor de 2 porque el subconjunto de Datos2 debe cumplir que los animales deben tener al menos 2 partos para obtener mediciones válidas de las variables días de vida productiva y habilidad de permanencia a los 5 años.

El Gráfico No. 7 muestra la frecuencia absoluta y relativa para la variable número de partos, calculados a partir de Datos2.

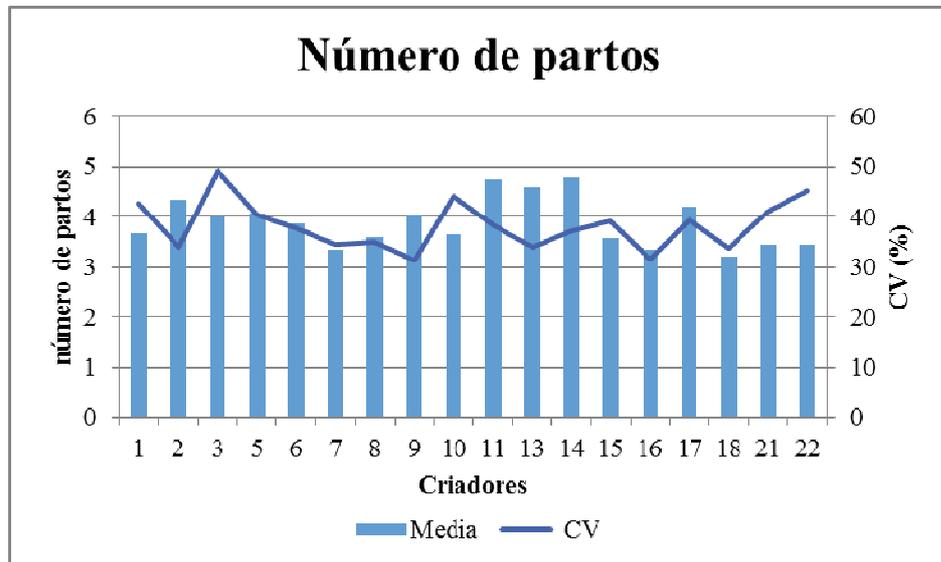
Gráfico No. 7. Frecuencia absoluta y relativa del número de partos promedio, calculado a partir de Datos2



Predominan las vacas con registro de 2 (25%), 3 (23%) y 4 (21%) partos, disminuyendo la frecuencia de las demás clases a medida que aumenta el número de partos, registrándose menos de un 10% de vacas con 6 partos.

El Gráfico No. 8 muestra que para el número de partos existe una importante variación dentro y entre establecimientos cuando analizamos el promedio y el coeficiente de variación.

Gráfico No. 8. Media y coeficiente de variación para el número de partos según establecimiento, calculado a partir de Datos2



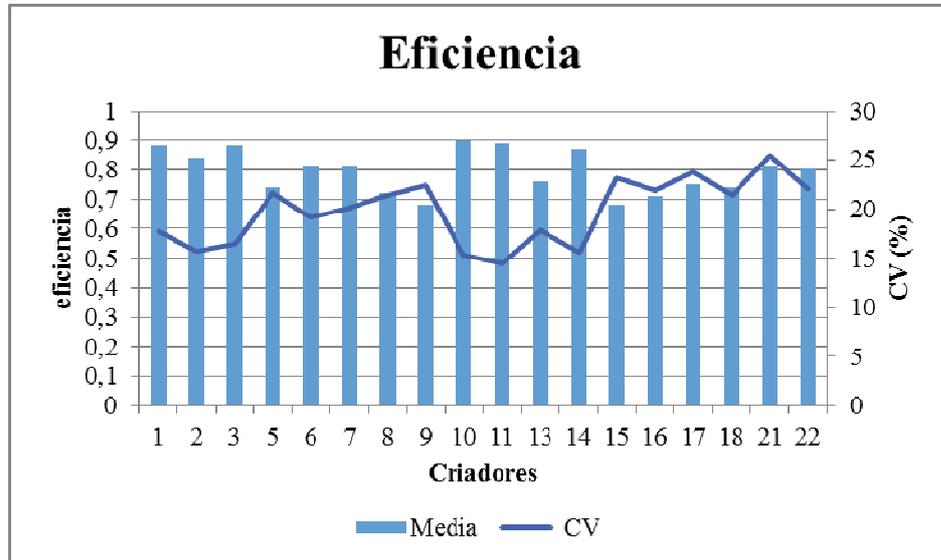
El promedio mínimo fue de 3,2 y el máximo de 4,8 partos, y promedios de coeficientes de variación mínimos y máximos de 31,2 y 49%, respectivamente.

#### 4.1.3.4 Eficiencia

El promedio estimado para esta característica fue de  $0,8 \pm 0,17$ , con un mínimo de 0,3 y un máximo de 1, y un coeficiente de variación en torno a 22%.

El Gráfico No. 9 muestra como varía el promedio y el coeficiente de variación para esta característica dentro y entre establecimientos.

Gráfico No. 9. Media y coeficiente de variación para la variable eficiencia según establecimiento, calculado a partir de Datos2



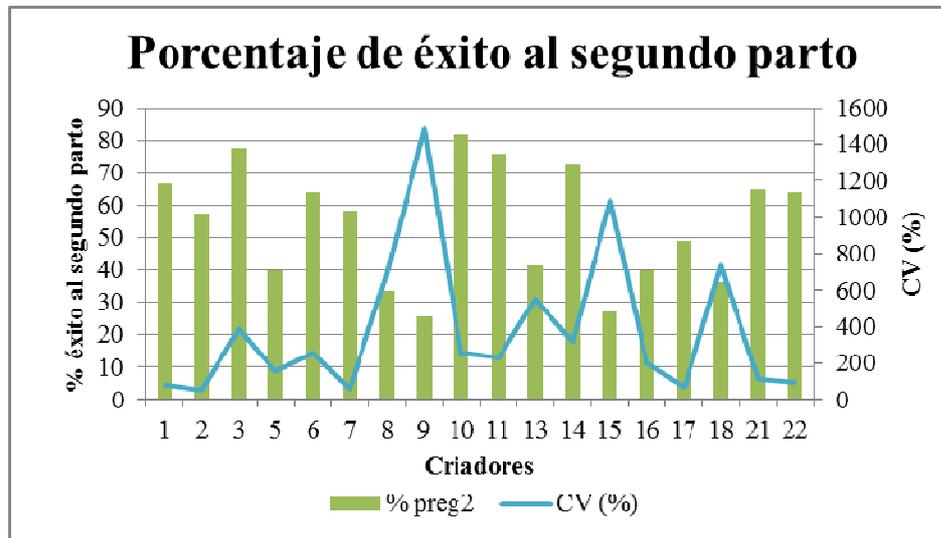
Ninguno de los establecimientos registra en promedio una eficiencia menor a 0,5, con valores entre 0,68 y 0,90. El promedio de coeficiente de variación mínimo fue 14,4%, y el máximo 25,5%.

#### 4.1.3.5 Éxito al segundo parto

En promedio solo un 54,8% de los animales lograron éxito en el segundo parto, con un coeficiente de variación promedio de 378%.

En el Gráfico No. 10 se puede observar el porcentaje de éxitos al segundo parto y el coeficiente de variación por establecimiento.

Gráfico No. 10. Porcentaje de éxito al segundo parto y coeficiente de variación según establecimiento, calculado a partir de Datos2



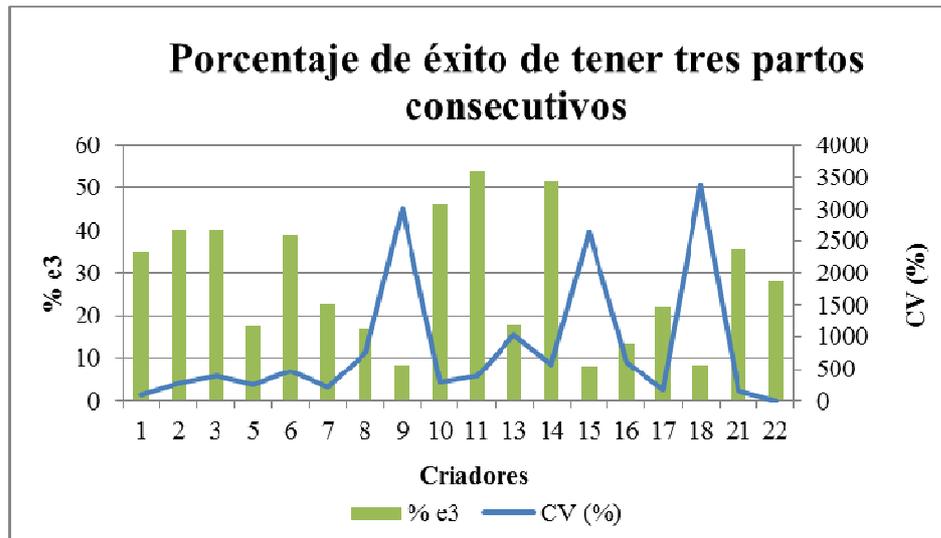
El promedio de éxito al segundo parto mínimo fue de 25,4% y el máximo de 81,6%. Valores muy bajos no parecen tener sentido biológico, probablemente la causa sea que los establecimientos reportan información incompleta.

#### 4.1.3.6 Éxito de tener tres partos consecutivos

Se obtuvo un valor promedio para esta característica de 27,5% de éxito, y un coeficiente de variación promedio de 816%.

El Gráfico No. 11 ilustra la gran variación que existe dentro y entre establecimientos en el porcentaje de éxito de tener tres partos consecutivos, al analizar el porcentaje y coeficiente de variación.

Gráfico No. 11. Porcentaje de éxito de tener tres partos consecutivos y coeficiente de variación según establecimiento, calculado a partir de Datos2



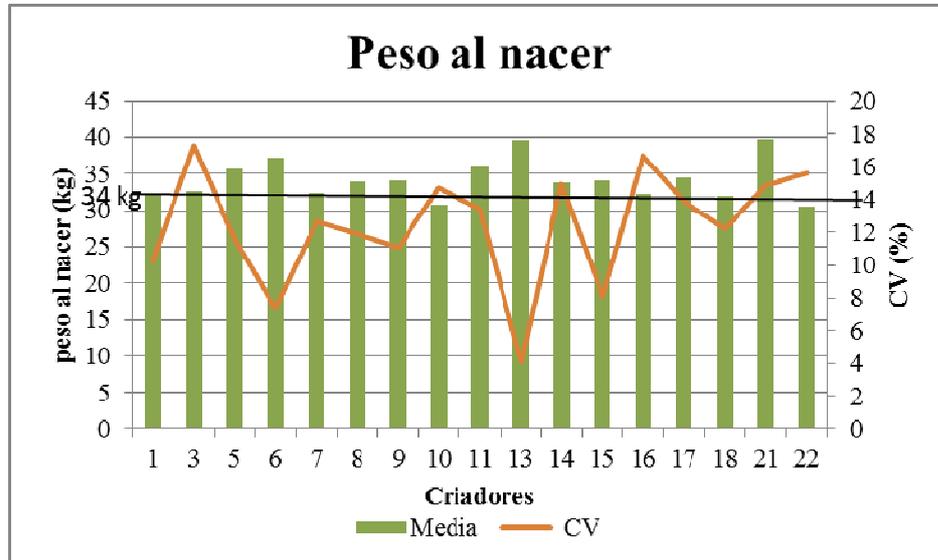
El gráfico No. 11 muestra las grandes variaciones dentro y entre establecimientos. El promedio mínimo de éxito de tener tres partos consecutivos fue de 8,2% y el máximo de 53,9%, sólo dos establecimientos lograron superar el 50%, y tres no alcanzaron el 10% de éxito de tener tres partos consecutivos.

#### 4.1.3.7 Peso al nacer corregido

El peso al nacer corregido presentó una media de  $34 \pm 5$  kg, con un bajo coeficiente de variación (15%). Se registró para esta característica un peso mínimo y máximo de 19 y 53 kg, respectivamente.

El Gráfico No. 12 muestra la media y el coeficiente de variación para el peso al nacer corregido según establecimiento, calculado a partir de Datos3. La línea ilustra el peso al nacer promedio de 34 kg.

Gráfico No. 12. Media y coeficiente de variación para el peso al nacer según establecimiento, calculados a partir de Datos3



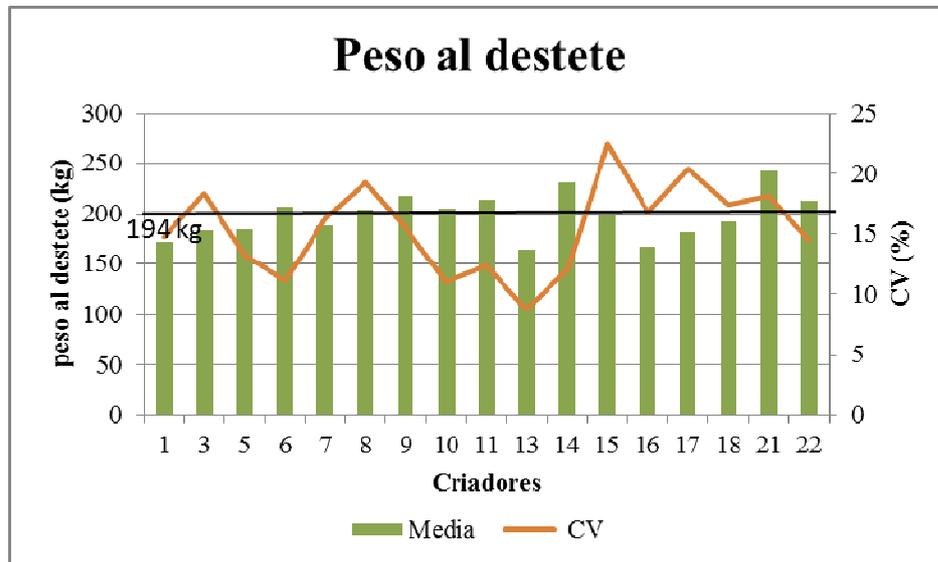
El peso al nacer es una característica poco variable, registrándose las mayores diferencias dentro de establecimientos. El promedio de peso al nacer mínimo fue de 30,5 kg y el máximo de 39,7 kg, con un coeficiente de variación mínimo y máximo de 4,1 y 17,3%, respectivamente (Gráfico No. 12).

#### 4.1.3.8 Peso al destete corregido

Se estimó para el peso al destete corregido a los 205 días un promedio de  $194 \pm 37$  kg, un mínimo de 91 y un máximo de 379 kg, respectivamente. El coeficiente de variación promedio fue de 19%.

El Gráfico No. 13 muestra la media y el coeficiente de variación para peso al destete corregido según establecimiento, calculado a partir de Datos3. La línea ilustra el peso al destete promedio de 194 kg.

Gráfico No. 13. Media y coeficiente de variación para peso al destete según establecimiento, calculado a partir de Datos3



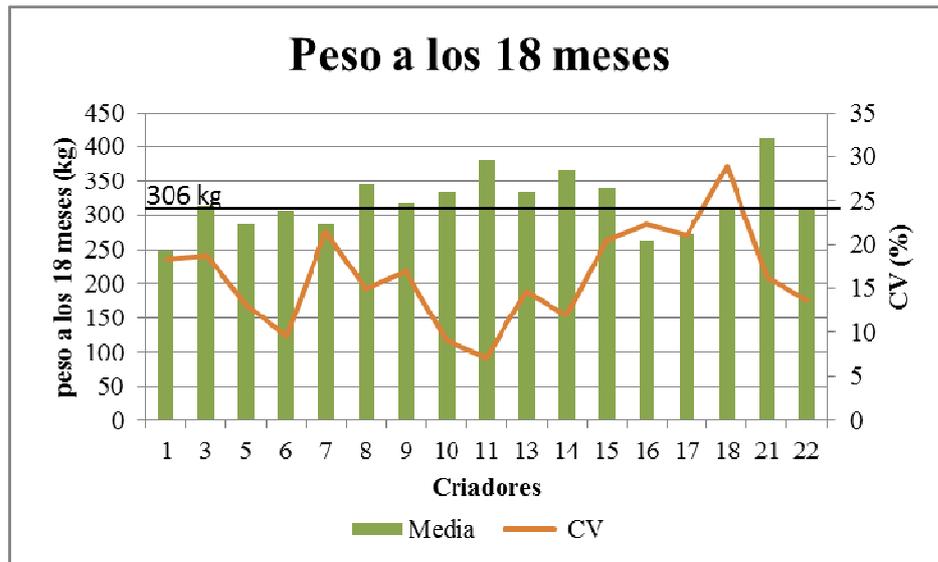
Existen importantes diferencias dentro y entre establecimientos en peso al destete corregido a los 205 días, registrándose un promedio mínimo de 164,7 kg y máximo de 242,0 kg, y un coeficiente de variación promedio mínimo y máximo de 9 y 22%, respectivamente, de baja magnitud pero muy variable.

#### 4.1.3.9 Peso a los 18 meses corregido

El peso a los 18 meses presentó un promedio de  $306 \pm 71$  kg, con un mínimo y un máximo de 144 y 617 kg, respectivamente. El coeficiente de variación se ubicó en torno al 23%.

En el Gráfico No. 14 se puede observar que para el peso a los 18 meses existen variaciones tanto en los valores promedios como en los coeficientes de variación por establecimiento. La línea ilustra el peso promedio a los 18 meses de 306 kg.

Gráfico No. 14. Media y coeficiente de variación para el peso a los 18 meses según establecimiento, calculado a partir de Datos3



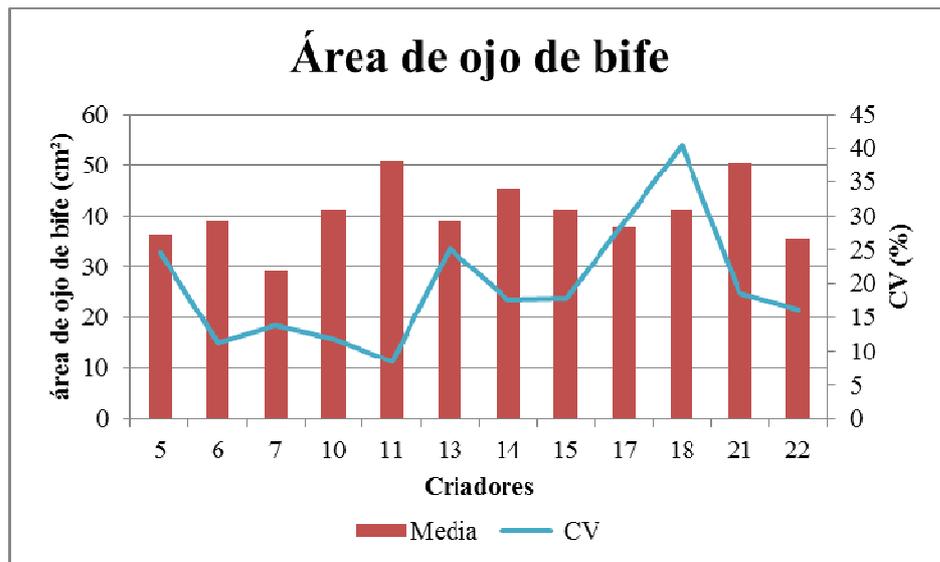
El peso a los 18 meses es de las tres variables de crecimiento analizadas la que presentó mayor coeficiente de variación, pudiéndose observar en el Gráfico No. 14 diferencias en los promedios y coeficientes de variación dentro y entre establecimientos. El promedio mínimo de peso a los 18 meses fue de 247,5 kg y el máximo de 411,2 kg, y un coeficiente de variación mínimo y máximo de 7,2 y 29%, respectivamente.

#### 4.1.3.10 Área de ojo de bife

Para la característica área de ojo de bife se estimó un promedio de  $41 \pm 10 \text{ cm}^2$ , un mínimo de 23 y máximo de  $90 \text{ cm}^2$ , y un coeficiente de variación de 24%.

El Gráfico No. 15 muestra importantes variaciones en el promedio y coeficiente de variación por establecimiento.

Gráfico No. 15. Media y coeficiente de variación para la variable área de ojo de bife según establecimiento, calculado a partir de Datos4



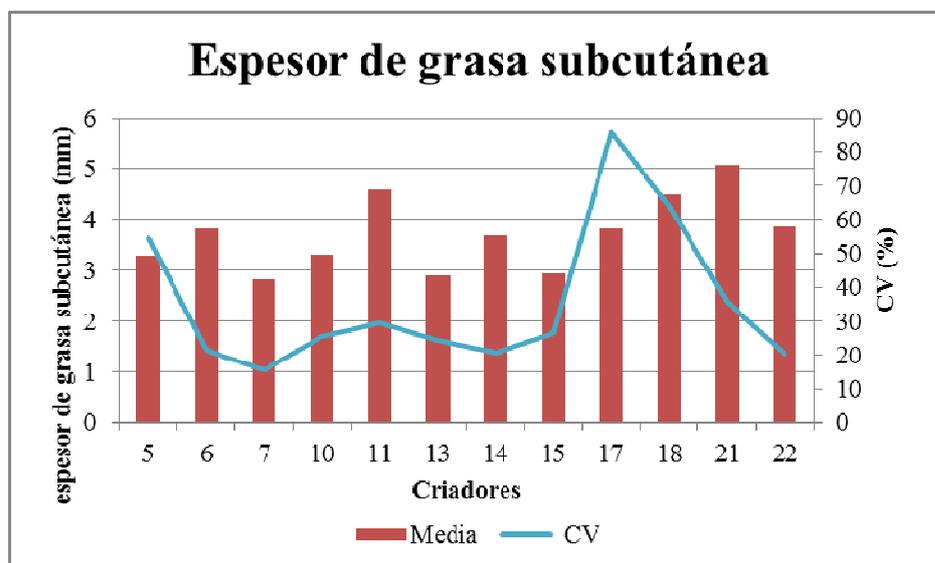
El gráfico No. 15 muestra para la característica área de ojo de bife que existen importantes diferencias dentro y entre establecimientos, registrándose un promedio mínimo de 29,2 y máximo de 51 cm<sup>2</sup>, y un coeficiente de variación promedio mínimo y máximo de 8,5 y 40,5%, respectivamente.

#### 4.1.3.11 Espesor de grasa subcutánea

Para la característica espesor de grasa subcutánea se estimó un promedio de 3,75  $\pm$  1,7 mm, un rango entre 1,7 y 16,2 mm. De las características asociadas a la canal, el espesor de grasa subcutánea resultó la más variable, alcanzando un coeficiente de variación de 45%.

En el Gráfico No. 16 se puede observar para la variable espesor de grasa subcutánea las variaciones en el valor promedio y en el coeficiente de variación por establecimiento.

Gráfico No. 16. Media y coeficiente de variación para la variable espesor de grasa subcutánea según establecimiento, calculado a partir de Datos4



El Gráfico No. 16 muestra para la característica espesor de grasa subcutánea el promedio y coeficiente de variación por establecimiento, observándose importantes variaciones dentro y entre establecimientos. Esta característica registró un promedio mínimo de 2,8 mm y un máximo de 5,1 mm, mientras que el coeficiente de variación promedio mínimo y máximo fue de 15 y 85%, respectivamente.

#### 4.1.4 Asociación entre variables

##### 4.1.4.1 Asociación entre variables indicadoras de longevidad

Estas asociaciones fueron positivas y muy fuertes. Los animales que no estaban presentes en el rodeo a los 5 años de edad tuvieron un promedio de 507 días de vida productiva y 2,4 oportunidades de parto ( $p < 0,0001$ ), y los que estaban presentes tuvieron 1749 días de vida productiva y 5,8 oportunidades de parto ( $p < 0,0001$ ). La correlación fenotípica entre días de vida productiva y longevidad fue positiva y de magnitud muy alta (0,99).

##### 4.1.4.2 Asociación entre variables de longevidad y variables reproductivas, de crecimiento y canal

Se obtuvieron correlaciones fenotípicas muy bajas entre días de vida productiva y edad al primer parto (- 0,05), peso al nacer (0,13), peso a los 18 meses (0,07) y área de ojo de bife (0,15), moderada con la eficiencia (- 0,41), y muy alta con el número de

partos (0,84). No se encontraron correlaciones significativas entre días de vida productiva y días al parto, peso al destete, y espesor de grasa subcutánea.

El Cuadro No. 9 muestra el promedio de días de vida productiva y de longevidad según codificación de las variables discretas: éxito al segundo parto y éxito de tener tres partos consecutivos.

Cuadro No. 9. Promedio de días de vida productiva (días) y de longevidad (n° de oportunidades de parto) según codificación de las variables discretas

Característica	Promedio de días de vida productiva (días)	Chi cuadrado	Promedio de longevidad (no. oportunidades de parto)	Chi cuadrado
preg2 "1"	1627	significativo	5,5	significativo
preg2 "2"	1380		4,7	
e3 "1"	1438	significativo	5,0	significativo
e3 "2"	1633		5,4	

Referencias: preg2 "1": animales que no lograron tener éxito al segundo parto; preg2 "2": animales que lograron éxito al segundo parto; e3 "1": animales que no tuvieron tres partos consecutivos; e3"2": animales que tuvieron tres partos consecutivos

Se estimó una asociación positiva de días de vida productiva y longevidad con el éxito de tener tres partos consecutivos, y negativa con el éxito al segundo parto, resultando todas con un valor de Chi cuadrado significativo.

Se obtuvieron correlaciones fenotípicas bajas entre longevidad y edad al primer parto (- 0,04), peso al nacer (0,12), peso a los 18 meses (0,06) y área de ojo de bife (0,12), moderada con la eficiencia (- 0,44), y muy alta con el número de partos (0,83). No se encontraron correlaciones significativas con días al parto, peso al destete y espesor de grasa subcutánea.

A continuación se muestra en el Cuadro No. 10 los promedios de variables reproductivas, de crecimiento y canal cuando los animales están o no presentes en el rodeo a los 5 años de edad. Las únicas asociaciones que resultaron significativas fueron entre habilidad de permanencia a los 5 años y número de partos, y habilidad de permanencia a los 5 años y eficiencia.

Cuadro No. 10. Promedios de características continuas según codificación de la variable habilidad de permanencia a los 5 años

<b>Característica</b>	<b>hp5 "1"</b>	<b>hp5 "2"</b>	<b>Chi cuadrado</b>
edad al primer parto (días)	1070	1074	no significativo
días al parto (días)	38	37	no significativo
número de partos	2,1	4,3	significativo
eficiencia	0,92	0,76	significativo
peso al nacer corregido (kg)	33,2	34,0	no significativo
peso al destete corregido (kg)	193,6	194,6	no significativo
peso a los 18 meses corregido (kg)	303,7	307,0	no significativo
área de ojo de bife (cm <sup>2</sup> )	40,0	41,5	no significativo
espesor de grasa subcutánea (mm)	3,6	3,8	no significativo

Referencias: hp5 "1": animales que no estuvieron presentes en el rodeo a los 5 años de edad; hp5 "2": animales que estuvieron en el rodeo a los 5 años de edad

El Cuadro No. 11 muestra los porcentajes de cada variable discreta según cómo codifique otra variable discreta con la que se compara. Los valores de Chi cuadrado entre habilidad de permanencia a los 5 años, éxito al segundo parto y éxito de tener tres partos consecutivos fueron significativos.

Cuadro No. 11. Porcentaje y frecuencia de una variable discreta con respecto a otra variable discreta

Variablen	Número de registros	%hp5 "2" (FA)	%preg2 "2" (FA)	%e3 "2" (FA)	Chi cuadrado
hp5 "1"	662	-----	75 (498)	10 (69)	significativo
hp5 "2"	2538	-----	49 (1257)	32 (811)	
preg2 "1"	1445	89 (1281)	-----	0 (0)	significativo
preg2 "2"	1755	72 (1257)	-----	50 (880)	
e3 "1"	2320	74 (1727)	38 (875)	-----	significativo
e3 "2"	880	92 (811)	100 (880)	-----	

Referencias: hp5 "1": animales que no estuvieron presentes en el rodeo a los 5 años de edad; hp5 "2": animales que estuvieron en el rodeo a los 5 años de edad; preg2 "1": animales que no lograron tener éxito al segundo parto; preg2 "2": animales que lograron éxito al segundo parto; e3 "1": animales que no tuvieron tres partos consecutivos; e3"2": animales que tuvieron tres partos consecutivos

Cuando pasamos de hp5 "1" a hp5 "2", el % de éxito al segundo parto baja de 75 a 49% (negativo), y el % e3 aumenta de 10 a 32% (positivo). Al pasar de preg2 "1" a preg2 "2", el % de hp5 baja de 89 a 72% (negativo), y el % e3 aumenta de 0 a 50%. Por último, cuando pasamos de e3 "1" a e3 "2", tanto el % hp5 como el % preg2 aumentan, de 74 a 92%, y 38 a 100%, respectivamente.

#### 4.1.4.3 Otras correlaciones

Se obtuvieron correlaciones fenotípicas de Pearson significativas y muy bajas de edad al primer parto con días al parto (0,05), número de partos (- 0,05), peso al nacer (0,08) y peso al destete (- 0,17), y bajas con peso a los 18 meses (- 0,28), área de ojo de bife (- 0,33) y espesor de grasa subcutánea (- 0,29). Días al parto se correlacionó fenotípicamente en forma significativa con la eficiencia (- 0,08), el peso a los 18 meses (- 0,07), y con el espesor de grasa subcutánea (0,14).

El número de partos se correlacionó con la eficiencia (0,10), el peso al nacer corregido (0,09), peso a los 18 meses corregido (0,06), y con área de ojo de bife (0,19). La eficiencia no se correlacionó fenotípicamente con ninguna de las variables de crecimiento y canal.

La correlación fenotípica entre peso al nacer y peso al destete fue de 0,30, y de igual valor fue la correlación con peso a los 18 meses. No se obtuvieron correlaciones fenotípicas significativas entre peso al nacer y las características asociadas a la canal. Las correlaciones entre las características posdestete fueron moderadas a altas, peso al destete y peso a los 18 meses (0,71), peso al destete y área de ojo de bife (0,53), peso al destete y espesor de grasa subcutánea (0,39), peso a los 18 meses y área de ojo de bife

(0,81), y peso a los 18 meses y espesor de grasa subcutánea (0,65). Entre área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea la correlación fue alta (0,67).

#### 4.1.4.4 Análisis de regresión múltiple

- Días de vida productiva como variable dependiente

Las variables número de partos, éxito al segundo parto y éxito de tener tres partos consecutivos explican un 82,0 % ( $R^2$  ajustado) de la variabilidad de la variable días de vida productiva. La relación entre días de vida productiva y las variables independientes consideradas en la ecuación es significativa,  $F = 413,5$ , sig. = 0,000. La variable número de partos tiene más importancia (en valor absoluto) porque su coeficiente de regresión estandarizado es mayor ( $Beta = 1,044$ ), y le siguen en orden de importancia éxito al segundo parto ( $Beta = -0,202$ ), y éxito de tener tres partos consecutivos ( $Beta = -0,186$ ). Observando el nivel crítico asociado al modelo,  $t$ , vemos que las tres variables independientes utilizadas poseen coeficientes significativamente distintos de cero. Todas ellas, por tanto, contribuyen de forma significativa a explicar lo que ocurre con la variable días de vida productiva.

- Longevidad como variable dependiente

Las variables número de partos, éxito al segundo parto, y éxito de tener tres partos consecutivos, explican un 83,3 % ( $R^2$  ajustado) de la variabilidad de la variable longevidad. La relación entre la variable longevidad y las variables independientes consideradas es significativa,  $F = 449,3$ , sig. = 0,000. La variable número de partos tiene más importancia (en valor absoluto) porque su coeficiente de regresión estandarizado es mayor ( $Beta = 1,051$ ), y le siguen en orden de importancia éxito al segundo parto ( $Beta = -0,310$ ), y éxito de tener tres partos consecutivos ( $Beta = -0,200$ ). Observando el nivel crítico asociado al modelo,  $t$ , vemos que las tres variables independientes utilizadas poseen coeficientes significativamente distintos de cero. Todas ellas, por tanto, contribuyen de forma significativa a explicar lo que ocurre con la variable longevidad.

- Habilidad de permanencia a los 5 años como variable dependiente

El modelo que incluye las variables número de partos ( $B = 8,685$ ), éxito al segundo parto ( $B = -4,653$ ), éxito de tener tres partos consecutivos ( $B = -3,662$ ), espesor de grasa subcutánea ( $B = -0,630$ ), días al parto ( $B = -0,012$ ), y edad al primer parto ( $B = 0,010$ ) (en orden de importancia) es significativo, y explican entre el 54,0% ( $R^2$  de Cox y Snell) y el 85,0% ( $R^2$  de Nagelkerke) de la variabilidad en la variable habilidad de permanencia a los 5 años.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 IMPORTANCIA DEL TRABAJO

Varios aspectos se deben considerar en forma conjunta para mejorar los bajos índices reproductivos que caracterizan la cría vacuna, entre ellos: la nutrición, sanidad, manejo, y genética del rodeo en general. Mejorar la longevidad de las vacas de cría conduciría a aumentar la eficiencia del rodeo a través de una reducción de la proporción de hembras de reemplazo (aumentando la proporción de animales disponibles para la venta), se produce un menor costo de depreciación anual y aumenta el número de terneros nacidos por vaca (Forabosco, 2005).

La herramienta genética es una de las alternativas. Las organizaciones de criadores tienen que tomar muchas decisiones cuando quieren incluir la longevidad en su objetivo de selección. En primer lugar, qué características incluir en un índice de longevidad. En segundo lugar, qué modelo estadístico se va a utilizar para analizar los datos y estimar el valor genético. Según como se defina la longevidad será el modelo estadístico óptimo (lineal o no lineal). En tercer lugar, el esquema óptimo de cría a utilizar. Es importante considerar además la cantidad y tipo de información a recoger en relación con la longevidad (y otras características), y el peso que debe darse a las diferentes características en el objetivo de selección. Finalmente, determinar los tiempos e intensidades de selección (Forabosco, 2005).

Longevidad medida indistintamente a través de cualquiera de las tres variables indicadoras, es fácil de registrar, pero se demora mucho tiempo en disponer de la información completa de la característica, siendo indispensable contar con información de varios años para su estimación. La literatura consultada señala que si la selección se basa en la medición directa de la característica, aumentaría el intervalo generacional del rodeo y en consecuencia disminuiría el progreso genético anual de la longevidad. Una alternativa sería el uso de características que se miden temprano en la vida del animal y que estén correlacionadas con la característica longevidad.

No existen en Uruguay estudios de este tipo. Este trabajo de tesis realizó una primera aproximación en lo que refiere a longevidad, considerando tres variables indicadoras: días de vida productiva, habilidad de permanencia a los 5 años y longevidad, analizando conjuntamente posibles asociaciones fenotípicas con otras variables reproductivas, de crecimiento y canal, que podrían ser consideradas como indicadoras tempranas de longevidad.

## 5.2 PRINCIPALES RESULTADOS DE LONGEVIDAD

Este estudio ha producido las primeras indicaciones sobre longevidad en bovinos de carne, y sus resultados fueron: un promedio de 1492 días de vida productiva (aproximadamente 4 años), 81% de los animales analizados permanecen en el rodeo a los 5 años de edad, y un promedio de 5 oportunidades de parto por vaca. Comparando con los valores encontrados en la literatura, días de vida productiva solo se aproxima a las estimaciones realizadas por Tanida et al. (1988), que obtuvieron para un rodeo Hereford y Angus una producción promedio de 1537 y 1639 días, respectivamente. Las diferencias entre estimaciones sugieren la existencia de variabilidad fenotípica en esta característica, que podría ser considerada en futuros estudios. El 81% estimado de habilidad de permanencia a los 5 años difiere mucho a las estimaciones de 38 y 69% realizadas por Van der Westhuizen et al. (2001), Martínez et al. (2005), respectivamente. Por otro lado el promedio estimado de longevidad no puede ser comparado con otros valores citados en la literatura, al no considerar los mismos criterios en su definición, que en este caso corresponde al número de oportunidades de parto que tiene un animal.

La variación detectada en las características de longevidad fue importante. Habilidad de permanencia a los 5 años resultó ser la que presentó mayor coeficiente de variación promedio (110%), seguido de días de vida productiva (51%), y longevidad (41%). Las tres características de longevidad analizadas mostraron, tanto a nivel de establecimiento como entre establecimientos, una importante variación fenotípica que puede ser utilizada en futuros trabajos de investigación.

La correlación fenotípica entre días de vida productiva y longevidad fue positiva y muy alta (0,99), indicando que se podrían usar indistintamente, mientras que los promedios de días de vida productiva y longevidad aumentaron (1749 días y 5,8 oportunidades de parto, respectivamente) cuando los animales estaban presentes en el rodeo a los 5 años en comparación con los que no estaban presentes a esa edad en el rodeo (507 días y 2,4 oportunidades de parto, respectivamente). Los resultados muestran que existe una fuerte asociación fenotípica entre las variables indicadoras de longevidad. La variable habilidad de permanencia a los 5 años, a pesar de que no tiene en cuenta el total de vida productiva de la vaca, puede ser un criterio de selección adecuado ya que se puede obtener más temprano en la vida del animal que las otras variables mencionadas.

## 5.3 OTRAS VARIABLES Y SU ASOCIACIÓN CON LONGEVIDAD

Las referencias en la bibliografía sobre relaciones de diversas características con medidas de longevidad son casi inexistentes. En este estudio no se dispone de correlaciones genéticas, y las correlaciones fenotípicas son apenas un indicativo de relaciones generales, que incluyen tanto componentes genéticos como ambientales.

Se estimó un promedio de edad al primer parto de 2,9 años, valor que se aproxima al estimado por Dákay et al. (2006) de 2,8 años en la raza Angus. Fenotípicamente se obtuvieron correlaciones muy bajas entre edad al primer parto y días de vida productiva (-0,05) y longevidad (-0,04), y la asociación con habilidad de permanencia a los 5 años no fue significativa. Los resultados indican que fenotípicamente esta variable no resultaría un indicador temprano de longevidad.

El promedio de  $39 \pm 31$  días al parto se aproxima al obtenido por Urioste et al. (2007a) de  $36,4 \pm 28$  días. No se encontró una correlación fenotípica significativa entre días al parto y días de vida productiva, con longevidad la correlación fue muy baja (0,03), y la asociación con habilidad de permanencia a los 5 años no fue significativa. Fenotípicamente esta variable no resulta un buen indicador temprano de longevidad.

El promedio estimado de 3,8 partos es menor al obtenido por Forabosco et al. (2003) de 5,2 partos. Las correlaciones fenotípicas entre el número de partos y días de vida productiva y longevidad fueron altas y positivas (0,84 y 0,83, respectivamente), mientras que el número de partos paso a ser el doble (4,3) en animales que estaban presentes en el rodeo a los 5 años de edad comparado a los que no lo hicieron. Como el número de partos se determina considerando el total de vida productiva de una vaca, no podría ser utilizado como indicador temprano de longevidad.

La eficiencia promedio estimada de 0,8 no puede ser comparada con otras estimaciones de la literatura por no considerarse los mismos criterios en su definición. Esta variable se correlacionó fenotípicamente en forma negativa con días de vida productiva (-0,41), y longevidad (-0,44), y disminuyó en aquellos animales presentes a los 5 años de edad en el rodeo comparado a los que no estaban presentes a esa edad (0,76 vs 0,92, respectivamente). La eficiencia no podría ser considerada como indicador temprano de longevidad porque para su estimación es necesario que el animal complete el total de vida productiva.

Solo un 55% de los animales lograron éxito al segundo parto. Este valor es un porcentaje biológicamente bajo, y difiere del estimado por Urioste et al. (2007a) de 66%. El promedio de días de vida productiva y de longevidad disminuyó cuando los animales tuvieron éxito en el segundo parto (1380 días y 4,7 partos, respectivamente) comparado a los que no tuvieron éxito (1627 días y 5,5 años, respectivamente), y el porcentaje de animales presentes en el rodeo a los 5 años disminuyó cuando los animales tuvieron éxito al segundo parto (72%) con respecto a los que no lo lograron (89%). La asociación fenotípica entre éxito al segundo parto y las variables de longevidad no resultó favorable. No obstante, debe tenerse en cuenta que esta variable es estimada y no reportada por el criador, por lo cual los resultados son de limitada calidad.

Un 27% de los animales analizados tuvieron tres partos consecutivos. Solo la mitad de los animales que tuvo éxito al segundo parto logró tener tres partos

consecutivos. El promedio de días de vida productiva (1633) y de longevidad (5,4) fue mayor en los animales que tuvieron tres partos consecutivos comparado a los que no lo lograron (1438 días y 5 oportunidades de parto, respectivamente), y el porcentaje de habilidad de permanencia a los 5 años fue mayor en aquellos animales que tuvieron tres partos consecutivos (92%) comparado a los que no (74%). El éxito de tener tres partos consecutivos se asoció fenotípicamente en forma positiva con las variables de longevidad, y se puede medir antes en la vida del animal. Esperar a que un animal logre tres partos consecutivos es más o menos equivalente a habilidad de permanencia a los 5 años, aunque da una mejor idea de la productividad de la vaca, por otro lado el registro de hp5 es más sencillo.

En el presente trabajo se obtuvo un promedio de 34 kg de peso al nacer y un peso al destete corregido a los 205 días de 194 kg, valores que se encuentran dentro de los citados en la literatura, mientras que los promedios de área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea, 41 cm<sup>2</sup> y 3,75 mm respectivamente, están por debajo de los rangos encontrados. El número de registros utilizados para estimar estas dos últimas variables (270 registros) puede haber disminuido la precisión en las estimaciones. Las características de crecimiento y canal no parecen estar asociadas fenotípicamente a las variables de longevidad (algunas correlaciones fenotípicas muy bajas, y otras no significativas). Tanida et al. (1988) señalan que la eficiencia del uso del peso al nacer, peso y condición corporal al destete son criterios de selección dudosos de usar como características indicadoras de longevidad, porque las correlaciones con estas características que se expresan temprano en la vida del animal son demasiadas bajas para lograr una predicción precisa de longevidad.

### 5.3.1 Análisis de regresión

Los resultados de los análisis de regresión lineal utilizando registros fenotípicos para las variables dependientes días de vida productiva y longevidad, y de regresión logística para habilidad de permanencia a los 5 años, lograron coeficientes de determinación importantes.

## 6. CONCLUSIONES

- 1) En términos fenotípicos, las tres variables de longevidad analizadas mostraron una importante variación dentro y entre establecimientos. Esta variación podría ser analizada con mayor profundidad en futuros estudios de longevidad en ganado de carne a nivel nacional.
- 2) Las variables de longevidad están muy asociadas entre sí. Por lo tanto, el uso de cualquiera de ellas daría resultados similares, usar la más sencilla de medir.
- 3) Las variables número de partos, éxito al segundo parto, éxito de tener tres partos consecutivos, días al parto, y edad al primer parto parecen estar asociadas a las variables de longevidad, pero algunos resultados varían según el tipo de análisis:
  - número de partos y éxito al segundo parto son coherentes entre análisis de correlación y regresión múltiple
  - días al parto muestra una correlación cercana a 0, pero una regresión negativa y favorable con habilidad de permanencia a los 5 años (un primer parto temprano está asociado con la presencia en el rodeo a los 5 años de edad)
  - edad al primer parto muestra una relación negativa y favorable en el análisis de correlación, y positiva y desfavorable en el análisis de regresión
  - éxito de tener tres partos consecutivos muestra una relación positiva y favorable en el análisis de correlación, pero negativa en el de regresión
- 4) No están relacionadas con los pesos (correlaciones muy bajas o cercanas a 0), no hay relación con área de ojo de bife, y el espesor de grasa subcutánea no se correlaciona con las variables de longevidad, pero es significativo en el modelo de regresión para habilidad de permanencia a los 5 años. Esto surge tanto de las correlaciones como del análisis de regresión.

En futuros estudios de longevidad sería conveniente realizar estimaciones de correlaciones genéticas entre las características indicadoras de longevidad y otras características productivas. Sería importante continuar con esta línea de trabajo no solo en lo que se refiere a las variables que mejor describan la longevidad en las vacas de cría sino profundizar en alternativas para en el mediano plazo estimar valores de cría para estos caracteres.

## 7. RESUMEN

En el presente trabajo se describen asociaciones entre longevidad y caracteres de reproducción y crecimiento en ganado Aberdeen Angus. Los objetivos fueron: i) presentar un marco conceptual sobre las posibilidades de selección en características de longevidad y otras variables reproductivas posibles de ser incluidas en los programas de mejoramiento genético en ganado de carne; ii) hacer un análisis descriptivo de las variables días de vida productiva, habilidad de permanencia a los 5 años y longevidad, y otras variables reproductivas, de crecimiento y canal; iii) analizar posibles asociaciones fenotípicas entre las variables de longevidad y otras características que podrían ser consideradas como indicadores tempranos de longevidad. Los datos utilizados son parte de la base de datos productivos y genealógicos del Servicio de Evaluación de Reproductores (SER), proporcionados por la Asociación de Criadores de Aberdeen Angus del Uruguay a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). El conjunto de datos inicial estaba compuesto por 9220 registros de vacas con un primer parto identificado, nacidas entre los años 1975 y 2008, pertenecientes a 53 criadores, a partir del cual se crearon cuatro grupos de datos: Datos1 con 7689 registros de criadores con más de 100 vacas/establecimiento y más de 5 años de información; Datos2 con 3200 registros de vacas con al menos dos partos; Datos3 con 1501 registros de vacas que cumplen con los requisitos de Datos2 y con datos de pesos; por último Datos4 con 270 registros cumple con los requisitos de Datos3 y con datos de canal. Las variables indicadoras de longevidad y otras variables reproductivas se crearon a partir de los datos originales, mientras que las de crecimiento y canal se tomaron de los datos originales. Cada variable fue descrita en términos de medias, coeficientes de variación, mínimos y máximos, gráficos de distribución o valores de frecuencia cuando los datos fueron de variables binarias o de conteo. Para los cálculos estadísticos se utilizaron los programas estadísticos Infostat y SPSS. Se analizaron asociaciones (correlaciones, promedios, frecuencias, y regresiones) entre las variables de longevidad y con las demás variables reproductivas, de crecimiento y canal. Para la variable días de vida productiva se estimó un valor promedio de 1492 (4 años)  $\pm$  756 días, un promedio de 5 oportunidades de parto por vaca, y un 81% de los animales que permanecen en el rodeo a los 5 años de edad. En términos fenotípicos, las tres variables de longevidad analizadas mostraron una importante variación dentro y entre establecimientos. Las variables número de partos, éxito al segundo parto, éxito de tener tres partos consecutivos, días al parto, edad al primer parto, parecen estar asociadas a las variables de longevidad, pero los resultados varían según el tipo de análisis: número de partos y éxito al segundo parto son coherentes entre análisis de correlación y regresión múltiple; edad al primer parto muestra una correlación negativa y favorable, y una regresión positiva y desfavorable;

días al parto muestra una correlación cercana a cero pero una regresión negativa y favorable con habilidad de permanencia a los 5 años; éxito de tener tres partos consecutivos muestra una relación positiva y favorable en el análisis de correlación, pero negativa en el de regresión. No están relacionadas con los pesos y con área de ojo de bife, y el espesor de grasa subcutánea aparece como significativo en el modelo de regresión para habilidad de permanencia a los 5 años. En futuros estudios de longevidad sería conveniente realizar estimaciones de correlaciones genéticas entre las características indicadoras de longevidad y otras características reproductivas.

Palabras clave: Días de vida productiva; Habilidad de permanencia a los 5 años; Longevidad.

## 8. SUMMARY

In this paper associations between longevity and reproduction and growth characteristics in Aberdeen Angus cattle are described. The objectives were: i) present a conceptual framework about selection options in longevity characteristics and other potential reproductive variables to be included in breeding programs in beef cattle; ii) to do a descriptive analysis of the variables days of productive life, stayability at 5 years and longevity, and other reproductive variables, growth and carcass; iii) to analyze possible phenotypic associations between variables of longevity and other characteristics that might be considered as early indicators of longevity. The data used are part of the productive and genealogical data base of the Servicio de Evaluación de Reproductores (SER), provided by the Association of Aberdeen Angus Breeders of Uruguay through the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). The initial data set consisted of 9220 records of cows with first calving identified, born between 1975 and 2008, that belong to 53 farmers, from which four data sets were created: Data1 with 7689 records breeders more 100 cows / establishment and more than 5 years of data; Data2 with 3200 records of cows with at least two parts; Data.3 cows with 1501 records that meet the requirements of Data2 and weight data; Finally data4 registers 270 meets the requirements data3 and channel data. Indicator variables longevity and other reproductive variables were created from the original data, while the growth and carcass ones were taken from the original data. Each variable was described in terms of averages, coefficients of variation, minimum and maximum values, distribution graphs or frequency values when the data were binary variables or counting ones. For statistical calculations, SPSS and Infostat programs were used. Associations (correlations, averages, frequencies, and regressions) between variables of longevity and other reproductive, growth and carcass variables were analyzed. For the variable days of productive life, an average value of 1492 (4 years)  $\pm$  756 days, an average of 5 chances of calving per cow, and 81% of animals remaining in the herd at 5 years of age was estimated. In phenotypic terms, longevity three variables analyzed showed significant variation within and between establishments. The variables parity, success at second calving, success of having three consecutive calving, days to calving, age at first calving, seem to be associated with longevity variables, but the results vary depending on the type of analysis: parity and success at second calving are coherent between correlation analysis and multiple regression; age at first calving shows a negative and favorable correlation, and positive and unfavorable regression; days to calving shows a correlation close to zero but a negative and positive regression with stayability to 5 years; success of having three consecutive calving shows a positive and favorable association in the

correlation analysis, but a negative one in the regression analysis. They are not related to the weights and longissimus muscle area, and the thickness of subcutaneous fat appears as significant in the regression model for stayability to 5 years. In future studies of longevity it would be desirable to estimate genetic correlations between longevity indicator characteristics and other reproductive characteristics.

**Key words:** Days of productive life; Stayability to 5 years; Longevity.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Arije, G. F.; Wiltbank, J. N. 1971. Age and weight at puberty in Hereford heifers. *J Anim. Sci.* 33 (2): 401-406.
2. Bourdon, R. M.; Brinks, J. S. 1982. Genetic, environmental and phenotypic relationships among gestation length, birth weight, growth traits and age at first calving in beef cattle. *J Anim. Sci.* 55: 543–553.
3. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1983. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. *J Anim. Sci.* 57:1412-1417.
4. Buddenberg, B. J.; Brown, C. J.; Brown, A. H. 1990. Heritability estimates of calving date in Hereford cattle maintained on range under natural mating. *J Anim. Sci.* 68 (1): 70-74.
5. Cammack, K. M.; Thomas, M. G.; Enns, R. M. 2009. Review; Reproductive traits and their heritabilities in beef cattle. *The Prof. Anim. Sci.* 25: 517-528.
6. Crews Jr, D. H.; Kemp, R. A. 2002. Genetic evaluation of carcass yield using ultrasound measures on young replacement beef cattle. *J Anim. Sci.* 80:1809-1818.
7. \_\_\_\_\_.; Pollak, E. J.; Weaver, R. L.; Quaas, R. L.; Lipsey, R. J. 2003. Genetic parameters for carcass traits and their live animal indicators in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.* 81: 1427-1433.
8. Dákay, I.; Márton, D.; Keller, K.; Fordos, A.; Torok, M.; Szabó, F. 2006. The age at first calving at the longevity of beef cows in Hungary. *J Centr. Europ. Agric.* 3: 377-388.
9. Dartayete, A. 2005. Estimaciones de heredabilidades y correlaciones genéticas en características de peso vivo y carcasa en bovinos de carne. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 133 p.
10. Dekkers, J. C. M. 1993. Theoretical basis for genetic parameters of herd life and effects on response to selection. *J Dairy Sci.* 76:1433-1443.

11. Díaz, C.; Chirinos, Z.; Moreno, A.; Carabaño, M. J. 2002. Preliminary analysis for functional longevity in the avileña negra ibérica beef cattle breed. In: World Congress on Genetic Applied to Livestock Production. Communication (7<sup>th</sup>., 2002, Montpellier, France). Breeding ruminants for meat production. Montpellier, France, s.e. pp. 1-4.
12. Di Rienzo, J.A.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Casanoves, F.; Tablada, M. 1998. Infostat (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. s.p. Consultado 20 mar. 2014. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
13. Doyle, S. P.; Golden, B.L.; Green, R.D.; Brinks, J.S. 2000. Additive genetic parameter estimates for heifer pregnancy and subsequent reproduction in Angus females. *J. Anim. Sci.* 78:2091–2098.
14. Eler, J. P.; Silva, J. A.; Ferraz, J. B.; Días, F.; Olivera, H. N.; Evans, J. L.; Golden, B. L. 2002. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nellore heifers. *J Anim. Sci.* 80:951-954.
15. Evans, J. L.; Golden, B. L.; Bourdon, R. M.; Long, K. L. 1999. Additive genetic relationships between heifer pregnancy and scrotal circumference in Hereford cattle. *J Anim. Sci.* 77:2621-2628.
16. Fernández Abella, D. 1995. Temas de reproducción ovina e inseminación artificial en bovinos y ovinos. Montevideo, Universidad de la República. 206 p.
17. Forabosco, F.; Bozzi, R.; Franci, O.; Groen, A. F. 2003. Preliminary study on longevity in Chianina beef cattle. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Communication (7<sup>th</sup>., 2002, Montpellier, France). Breeding ruminants for meat production. Montpellier, France. s.e. pp. 17-24.
18. \_\_\_\_\_; Groen, A. F.; Bozzi, R.; Van Arendonk, J. A. M.; Filippini, F.; Boettcher, P.; Bijma, P. 2004. Phenotypic relationships between longevity, type traits and production in Chianina beef cattle. *J Anim. Sci.* 82:1572-1580.
19. \_\_\_\_\_. 2005. Breeding for longevity in Italian Chianina cattle. Doctoral thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen University. 162 p.

20. Frazier, E. L.; Sprott, R. L.; Sanders, J. O.; Dahm, P. F.; Crouch, J. R.; Turner, J. W. 1999. Sire marbling score expected progeny difference and weaning weight maternal expected progeny difference associations with age at first calving and calving interval in Angus beef cattle. *J Anim. Sci.* 77: 1322-1328.
21. Gasser, C. L. 2013. Considerations on puberty in replacement beef heifers. (en línea). *J Anim. Sci.* 91 (3): 1336-1340. Consultado 29 nov. 2014.  
Disponible en  
<https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/91/3/1336?search-result=1>
22. Gutiérrez, J. P.; Alvaréz, I.; Fernández, I.; Royo, L. J.; Díez, J.; Goyache, F. 2002. Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Liv. Prod. Sci.* 78:215- 222.
23. Johnston, D. J.; Bunter, K. L. 1996. Days to calving in Angus cattle; genetic and environmental effects, and covariances with other traits. *Anim. Gen. Breed.* 45 (1): 13-22.
24. Koots, K. R.; Gibson, J. P.; Smith, C.; Wilton, J. W. 1994a. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Anim. Breed. Abst.* 5 (62): 309-338.
25. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Wilton, J. 1994b. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 2. Phenotypic and genetic correlations. *Anim. Breed. Abst.* 11 (62): 825-853.
26. Lema, M.; Ravagnolo, O. 2008. Reporte total del rodeo; una nueva etapa de las evaluaciones genéticas de bovinos para carne. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 40-46 (Serie Técnica no. 174).
27. Martínez, G. E.; Koch, R. M.; Cundiff, L.V.; Gregory, K. E.; Van Vleck, L. D. 2004a. Genetic parameters for six measures of length of productive life and three measures of lifetime production by 6 yr after calving for Hereford cows. *J Anim. Sci.* 82:1912-1918.
28. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2004b. Number of calves born, number of calves weaned, and cumulative weaning weight as

measures of lifetime production for Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 82: 1903-1911.

29. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2005. Genetic parameters for stayability at calving, and stayability at weaning to specified age for Hereford cows. *J Anim. Sci.* 83:2033-2042.
30. Martínez-Velázquez, G.; Gregory, K. E.; Bennet, G. L.; Van Vleck, L. D. 2003. Genetic relationships between scrotal circumference and female reproductive traits. *J Anim. Sci.* 81: 395-401.
31. Meacham, N. A.; Notter, D. R. 1987. Heritability estimates for calving date in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.* 64:701-705.
32. Medina, W.; Ríos, I.; Rubial, L. 2010. Evolución de indicadores y pérdidas reproductivas en los rodeos de cría de las Estaciones Experimentales EEMAC y EEBR de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
33. Menciondo, J.; Saavedra, D. 1993. Estimación de heredabilidades en características de crecimiento predestete en ganado de carne. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 117 p.
34. Menéndez, J. A.; Quincken, J. A. 1995. Variación ambiental del intervalo interparto y del día de parto en un rodeo Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 93 p.
35. Meyer, K.; Hammond, K.; Parnell, P. F.; Mackinnon, M. J.; Sivarajasingam, S. 1990. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. *Liv. Prod. Sci.* 25: 15-30.
36. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2009. Encuesta de preñez. Ganadería vacuna de carne; años 2007 y 2008. Montevideo. 27 p. (Trabajos especiales no. 269).
37. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2013. Anuario estadístico agropecuario 2013. Montevideo, Uruguay. 270 p.
38. Mohíuddin, G. 1993. Estimates of genetic and phenotypic parameters of some performance traits in beef cattle. *Anim. Breed. Abst.* 8 (61): 495-522.

39. Morris, C. A.; Wilson, C. A.; Bennet, G. L.; Cullen, N. G.; Hickey, S. M.; Hunter, J. C. 2000. Genetic parameters for growth, puberty, and beef cow reproductive traits in a puberty selection experiment. *NZ J. Agr. Res.* 43: 83-91.
40. Norman, H.; Nie, C.; Hadlai Hull, Dale, H. Bent. 1968. SPSS. (en línea). Chicago, Universidad de Chicago. s.p. Consultado 29 abr. 2015. Disponible en <http://www.ibm.com/software/uy/analytics/spss>
41. Orcasberro, R 1994. Estado corporal, control del amamantamiento y performance reproductiva de rodeos de cría. *In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 158-169 (Serie Técnica no.13).*
42. Pigurina, G. 2000. Situación de la cría en Uruguay. *In: Quintans, G. ed. Estrategia para acortar el anestro postparto en vacas de carne. Montevideo, INIA. pp. 1- 6.*
43. Quintans, G. 2002. Control del amamantamiento; una alternativa para aumentar el porcentaje de preñez en vacunos. *In: Jornada Anual de Producción Animal (2002, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 56-57 (Actividades de Difusión no. 294).*
44. \_\_\_\_\_. 2004. La productividad del rodeo de cría: nuestro gran desafío. *Revista INIA no. 1: 10-12.*
45. Ravagnolo, O.; Aguilar, I.; Brito, G. 2010. Parámetros genéticos de caracteres de canal por ultrasonido para Uruguay. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30 (2): 159-166.
46. \_\_\_\_\_.; Lema, M.; Urioste, J.; Pravia, M. I.; Aguilar, I.; Calistro, A. 2013. Evaluaciones genéticas bovinas (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. s.p. Consultado 20 nov. 2014. Disponible en [http://www.geneticabovina.com.uy/eval\\_raza.php?r=2&](http://www.geneticabovina.com.uy/eval_raza.php?r=2&)
47. Rege, J. E. O.; Famula, T. R. 1993. Factors affecting calving date and its relationship with production traits of Hereford dams. *J. Anim. Sci.* 57: 385-395.

48. Rovira, J. 1974. Reproducción y manejo de los rodeos de cría. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 296 p.
49. \_\_\_\_\_. 2008. Reproducción y manejo del rodeo de cría. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 336 p.
50. Scaglia, G. 1997. Nutrición y reproducción de la vaca de cría; uso de la condición corporal. Montevideo, INIA. 18 p. (Serie Técnica no. 91).
51. Short, R. E.; Randel, R. D.; Bellows, R. A. 1974. Factors affecting reproduction in the postpartum cow. *J Anim. Sci.* 39: 226.
52. \_\_\_\_\_.; Bellows, R. A.; Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Custer, E. E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J Anim. Sci.* 68: 799-816.
53. Smith, B. A.; Fitzhugh, H. A.; Cundiff, L.V.; Cartwright, T. C.; Gregory, K. E. 1976. A genetic analysis of maturing patterns in straight bred and crossbred Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *J. Anim. Sci.* 43: 389-395.
54. \_\_\_\_\_.; Brinks, J. S.; Richardson, G. V. 1989a. Estimation of genetic parameters among reproductive and growth traits in yearling heifers. *J Anim. Sci.* 67: 11: 2881-2885.
55. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1989b. Relationships of sire scrotal circumference to offspring reproduction and growth. *J Anim. Sci.* 67: 11: 2881-2885.
56. Sobrero, T. 2006. Manejo extensivo de ganado vacuno y lanar; aspectos pocos difundidos. Montevideo, Uruguay. Hemisferio Sur. 624 p.
57. Sölkner, J.; Ducrocq, V. 1999. The survival kit; a tool for analysis of survival data. In: International Workshop on Genetic Improvement on Functional Traits in Cattle (4<sup>th</sup>, 1999, s. l.). Communications. s.n.t. pp. 11-16.
58. Tanida, H.; Hohenboken, H.D.; Denise, S.K. 1988. Genetic aspects of longevity in Angus and Hereford cows. *J Anim. Sci.* 66: 640-647.

59. Urioste, J. I.; Misztal, I.; Bertrand, J. K. 2007a. Fertility traits in spring-calving Aberdeen Angus cattle. 1. Model development and genetic parameters. *J Anim. Sci.* 85:2854-2860.
60. \_\_\_\_\_; Chang, Y. M.; Naya, H.; Gianola, D. 2007b. Genetic variability in calving success in Aberdeen Angus cows under extensive recording. *The Anim. Cons.* 1 (8): 1081- 1088.
61. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 2007c. Modelos y parámetros genéticos para caracteres reproductivos en ganado de carne. Tesis doctoral. Montevideo, Uruguay. PEDECIBA. 94 p.
62. \_\_\_\_\_. 2008. Selección y reproducción en bovinos de carne. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-24 (Serie Técnica no. 174).
63. Van der Westhuizen, R. R.; Schoeman, S. J.; Jordaan, G. F.; Van Wyk, J. B. 2001. Heritability estimates derived from threshold analyses for reproduction and stayability traits in a beef cattle herd. *J Anim. Sci.* 2001. 31(1): 25-32.
64. Van Melis, M. H.; Eler, J. P.; Olivera, H. N.; Rosa, G. J. M.; Silva II, J. A. V.; Ferraz, J. B. S.; Pereira, E. 2007. Study of stayability in Nellore cows using a threshold model. *J Anim. Sci.* 85:1780-1786.
65. \_\_\_\_\_; Olivera, H. N.; Eler, J. P.; Ferraz, J. B. S.; Casellas, J.; Varona, L. 2010. Additive genetic relationship of longevity with fertility and production traits in Nellore cattle based on bivariate models. *Genet. Mol. Res.* 9: 176-187.
66. Vargas, C. A.; Elzo, M. A.; Chase Jr, C. C.; Chenoweth, P. J.; Olson, T. A. 1998. Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. *J Anim. Sci.* 76: 2536-2541.
67. Vollema, A. R. 1998. Selection for longevity in dairy cattle. Doctoral thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen University. s.p.
68. Werth, L. A.; Azzam, S. M.; Kinder, J. E. 1996. Calving intervals in beef cows at 2, 3, and 4 years of age when breeding is not restricted after calving. *J Anim. Sci.* 74:593-596.