

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESTIMACIÓN DE HEREDABILIDAD DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN  
GANADO DE CRÍA DE RAZA ANGUS DEL URUGUAY**

**por**

**Felipe ARTAGAVEYTIA GUILLEMETTE**

**Ricardo BARBAT RODRÍGUEZ**

**Joaquín GAONA MALDONADO**

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

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2017**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. PhD. Ana Carolina Espasandín Mederos

-----  
Ing. Agr. María Isabel Pravia Nin

-----  
Ing. Agr. Diego Gimeno Curraño

Fecha:

17 de agosto de 2017

Autores:

-----  
Felipe Artagaveytia Guillemette

-----  
Ricardo Barbat Rodríguez

-----  
Joaquín Gaona Maldonado

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, en primer lugar, por el constante apoyo en el largo transcurso de esta carrera.

A nuestra tutora Ing. Agr. PhD. Ana Espasandín, por habernos dado la oportunidad de trabajar con ella.

A Ing. Agr. PhD. Olga Ravagnolo, por habernos confiado los datos para realizar esta investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. COMPONENTES DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO.....	3
2.1.1. <u>Pasos a seguir en un programa de mejoramiento genético</u> .....	4
2.1.1.1. Definición de objetivos de selección.....	5
2.1.1.2. Elección de criterios de selección.....	6
2.1.1.3. Captura de registros .....	8
2.1.1.4. Utilización de las evaluaciones genéticas .....	8
2.1.2. <u>Herramientas para seleccionar reproductores</u> .....	9
2.1.2.1. Diferencia esperada en la progenie (DEP) .....	9
2.1.2.2. Índices de selección .....	10
2.2. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO NACIONAL .....	11
2.2.1. <u>Participantes</u> .....	11
2.2.2. <u>Antecedentes de los programas de mejoramiento nacionales</u> .....	13
2.3. CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS EN UN PROGRAMA .....	16
DE MEJORAMIENTO.....	16
2.3.1. <u>Importancia de incluir características reproductivas</u> .....	16
2.3.2. <u>Características reproductivas vs características de crecimiento</u> .....	18
2.3.3. <u>Principales características reproductivas utilizadas</u> .....	19
2.4. LA CONDICIÓN CORPORAL Y EVALUACIONES GENÉTICAS.....	20
2.4.1. <u>Ventajas de la condición corporal</u> .....	21
2.5. HIPÓTESIS .....	22
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	23

3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	24
3.1.1. <u>Estimaciones de componentes de varianza</u> .....	26
4. <u>RESULTADOS</u> .....	28
4.1. ANÁLISIS DE HEREDABILIDAD, REPETIBILIDAD Y COVARIANZA .....	35
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	38
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	41
7. <u>RESUMEN</u> .....	42
8. <u>SUMMARY</u> .....	43
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	44
10. <u>ANEXOS</u> .....	50

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Características utilizadas en evaluaciones genéticas nacionales .....	12
2. Valores económicos para características económicamente relevantes .....	17
3. Limitantes de selección en rasgos reproductivos .....	20
4. Número de datos utilizados para cada variable .....	23
5. Información de nivel de clase .....	25
6. Covariables .....	25
7. Estadísticos de ajuste. Comparación entre modelos.....	28
8. Medidas de posición, centralización y dispersión para la variable de respuesta condición corporal de vacas de cría al momento del destete .....	29
9. Modelo 3: análisis de varianza para la condición corporal al destete en vacas de cría.....	29
10. Medias y errores estándar de la condición corporal al destete para distintos años de parición.....	30
11. Medias y errores estándar de la condición corporal al destete para distintos meses de parición .....	30
12. Medias y errores estándar de la condición corporal al destete para distintos manejos de alimentación.....	31
13. Modelo 1: análisis de varianza para el peso vivo al destete en vacas de cría .....	32
14. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos años de parición.....	33
15. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos meses de parición.....	33
16. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para el sexo del ternero.....	34

17. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos lotes asignados.....	34
18. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos manejos de alimentación.....	34
19. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos números de parto .....	35
20. Medias de varianzas genético aditivas y (Co)varianza genético-aditivas para peso vivo y condición corporal .....	35
21. Medias de varianzas de ambiente permanente y residual para peso vivo y condición corporal .....	36
22. Componentes de (Co)varianzas fenotípicas .....	36
23. Heredabilidad, repetibilidad, correlación genética y fenotípica para condición corporal y peso vivo .....	36

#### Figura No.

1. Componentes de un programa de mejoramiento .....	4
2. Evolución del número de cabañas participantes de evaluaciones genéticas.....	14
3. Evolución del número de animales participantes de evaluaciones genéticas.....	14

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional, las limitantes que enfrenta el sistema criador uruguayo, se manifiestan en una tasa general de destete de alrededor del 64%, lo que es lo mismo que decir que cada 100 vacas entoradas sólo 64 logran destetar un ternero y los 36 restantes, permanecen improductivas desde el punto de vista reproductivo (Saravia et al., 2011).

Los programas de evaluación genética de nuestro país para ganado de carne se han centrado en la evaluación y selección por características de crecimiento. Sin embargo, las características asociadas a la performance reproductiva son las económicamente más importantes en muchos sistemas de producción, especialmente los netamente pastoriles (Rovira, 1996). Estas variables reproductivas están fuertemente influenciadas por el manejo y la nutrición, pero también existe una base genética que habría que explotar.

Estudios nacionales y extranjeros sugieren que la heredabilidad puede ser mayor de lo que se creía para algunas características reproductivas. Por lo tanto, rasgos de fertilidad que fueran fácilmente medibles en la mayoría de las situaciones serían muy apropiados para ser incluidas en los sistemas nacionales de evaluación de vacunos de carne (Urioste, 2008).

La utilización de la escala de condición corporal, difundida entre los criadores uruguayos, se presenta como una característica atrayente para ser utilizada en las evaluaciones genéticas. Es exhaustiva la información y estudios tanto nacionales como extranjeros sobre la relación directa entre la condición corporal y la eficiencia reproductiva de las hembras.

No obstante, escasos son los estudios en los que se propone utilizar la condición corporal en las evaluaciones genéticas, y gran parte de ellos están orientados a animales lecheros. Es alentadora la idea de utilizar esta característica como un indicador del mérito genético de las hembras para aptitudes reproductivas. Asimismo, queda bastante por conocer y la información nacional al respecto es nula.

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Al considerar esta situación y la necesidad de obtener nuevas características que reflejen el desempeño reproductivo de las vacas de cría en las evaluaciones genéticas nacionales, a partir de este trabajo se propone:

- Estimar la heredabilidad, repetibilidad y correlación genética de la condición corporal y del peso vivo al momento del destete, en vacas de cría de la raza Aberdeen Angus.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los factores ambientales que afectan la condición corporal y el peso vivo de la vaca al momento del destete para la base de datos de la población Angus del Uruguay.
- Ser el punto de partida para futuras investigaciones orientadas a encontrar características que reflejen el desempeño reproductivo de las hembras.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. COMPONENTES DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO

*"Mejoramiento genético tiene como objetivo la utilización de la variación genética para aumentar la producción de los animales domésticos. En otras palabras, se trata de cambiar genéticamente la población en una dirección deseada, generalmente determinada por las condiciones económicas de la producción"* (Cardellino y Rovira, 1987).

Los programas de mejoramiento genético de una raza tienen como objetivo identificar y promocionar los animales que mejor se adapten a las condiciones de producción existentes y que al mismo tiempo mejoren el beneficio económico de las explotaciones. Para esto es necesario valerse de información objetiva y precisa sobre los reproductores, que permita tomar decisiones de selección y hacer un uso diferencial de los mismos (Aguilar et al., 2005).

Las experiencias de distintos países han permitido concluir que los pasos de un plan de mejoramiento genético animal por lo general resultan similares en cualquier especie, independientemente del lugar donde se desarrolle y del sistema de producción (Buxadé, 1995).

Según Ponzoni (1992), idealmente las etapas a ser desarrolladas en un programa de mejoramiento genético son:

1. Definir los objetivos de selección
2. Elegir los criterios de selección
3. Organizar un servicio de captura de registros de producción
4. Utilizar la información para tomar decisiones de selección
5. Utilizar los animales seleccionados

Además, argumenta que estas etapas deben ser seguidas en el orden expuesto, si se quiere ser exitoso en la implementación de un programa de mejora.

El éxito de la mayoría de las medidas de manejo, alimenticias y reproductivas dependerá, entre otras cosas, del nivel genético de los animales sobre los que se está trabajando, ya que éstos deben tener la capacidad de responder a las mejoras que se van implementando (Ravagnolo et al., 2005).

Los rasgos biológicos de interés para la mejora genética pueden ser groseramente agrupados en aquellos relacionados a la reproducción, el

crecimiento, consumo de alimento y atributos de carcasa (Urioste, 2013), y existen dos herramientas a ser utilizadas para lograr cambios perdurables a largo plazo: selección entre y dentro de razas y cruzamientos interraciales (Espasandín y Ciria, 2008).

### 2.1.1. Pasos a seguir en un programa de mejoramiento genético

La información presentada a continuación está basada en el mejoramiento genético por selección, donde se resume qué debería incluir cada etapa de un programa de mejoramiento.



Figura 1. Componentes de un programa de mejoramiento.  
Fuente: Pravia (2004)

En el presente capítulo se describe cada etapa de un programa de mejoramiento, partiendo desde la definición de la característica que se quiere mejorar llegando al uso de la información para seleccionar los reproductores.

### 2.1.1.1. Definición de objetivos de selección

Se define como objetivo de selección aquel o aquellos caracteres que deben ser mejorados genéticamente, debido a su importancia económica (Cardellino y Rovira, 1987). La definición de un objetivo de selección es una etapa crucial en el desarrollo de programas de mejoramiento genético y debería ser el paso inicial del programa (Ponzoni y Newman, 1989).

El desarrollo de objetivos de selección supone la toma de decisiones de naturaleza económica, con poca atención a las consecuencias genéticas. En este paso importa identificar rasgos biológicos que afecten el beneficio económico de la empresa agropecuaria (ingresos, costos, o ambos). Las consideraciones genéticas se vuelven relevantes al momento de la evaluación de los animales como progenitores de la siguiente generación (Urioste, 2013).

En general, los objetivos de selección están basados en características de crecimiento. Sin embargo, Ponzoni y Newman (1989) aseguran que las decisiones de incluir las características deberían estar basadas en aquellas económicamente relevantes, sin considerar la dificultad de medición o de cambio por selección.

Los objetivos de selección dependerán de cada establecimiento en particular de acuerdo su situación productiva, donde por ejemplo no tendrá los mismos objetivos un establecimiento criador donde lo que mayormente busca es obtener la mayor cantidad de terneros por año, como lo que puede optimizar un ciclo completo que busca un animal con gran eficiencia de conversión.

Dentro de las características que tienen un gran impacto productivo y en eficiencia del sistema, y, que claramente se traducen en un impacto económico se encuentran (Pravia, 2004):

- **Fertilidad:** este es el grupo de características de mayor relevancia económica, dado que todos los ingresos se multiplican por la cantidad de terneros logrados. Por fertilidad se entiende alcanzar la pubertad a edad temprana, producir partos sin dificultades, producir un ternero todos los años. Las características que actualmente se están considerando en las evaluaciones de las razas bovinas relacionadas a la fertilidad son: peso al nacer, facilidad de parto y habilidad lechera.

El peso al nacer es un indicador indirecto de la facilidad de parto. Valores muy altos generalmente están asociados a distocias u otras dificultades al parto. La habilidad lechera predice la diferencia en el peso al destete de la progenie de

las hijas del animal en cuestión, debido a la diferencia en producción de leche de esas madres, y es expresado como los kilogramos adicionales que pesa un ternero al destete.

- Crecimiento: las características asociadas al crecimiento son los diferentes pesos durante la vida del animal (peso al destete, a los 15 y 18 meses). Con ellos se busca obtener una velocidad de crecimiento que acorte el tiempo de engorde de los animales.

- Calidad y proporción de res vendible: los animales que cumplen con los requisitos de calidad y rendimientos en kilos de carne son los que retornaran en un beneficio económico mayor. Algunas de las características que se están registrando son: área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea.

Las tendencias genéticas para el ganado de carne en Uruguay indican que la selección ha sido para mayores pesos adultos, con menor atención a caracteres reproductivos como circunferencia escrotal (Ravagnolo et al., 2012).

La necesidad de definir claramente los objetivos de selección en vacunos de carne es una consecuencia del alto número de rasgos biológicos que contribuyen a la rentabilidad de un rodeo, los cuales a su vez presentan cierto antagonismo genético (Urioste, 1995).

#### 2.1.1.2. Elección de criterios de selección

Algunos rasgos biológicos en el objetivo de selección pueden ser difíciles o costosos de medir, en tanto puede haber características que estén altamente correlacionadas con los rasgos en el objetivo, pero sin estar necesariamente incluidos en él (Urioste, 2013).

La definición de un objetivo de selección no es el único factor que influye en el progreso genético y el beneficio económico logrado, los criterios de selección elegidos son también determinantes (Urioste et al., 2002).

El criterio de selección se define como el conjunto de informaciones que se utilizan para estimar el valor de cría de los individuos a ser seleccionados, compuesto por uno o varios caracteres a ser medidos en el individuo o en sus parientes y que no es necesariamente igual al objetivo de la selección (Cardellino y Rovira, 1987).

Es importante distinguir entre características en el objetivo de selección y características en el criterio de selección. Las características en el objetivo de selección determinan la rentabilidad pero tal vez no sean aquellas mismas características que están siendo registradas en la práctica y utilizadas para realizar las decisiones de selección (Charfedinne, 2003), aunque en algunos casos puede ser una misma característica.

Según Charteris (1995), cualquier característica a ser incluida en una evaluación genética, debe reunir las siguientes consideraciones:

- Debe ser económicamente relevante. El mejoramiento genético de esta característica debería aumentar los ingresos, disminuir los costos (o ambas) o reducir el riesgo financiero de la empresa ganadera. Debe tener un impacto económico.

Según Dartayete (2005), muchas de las características que son medidas en los animales no afectan directamente el beneficio o la rentabilidad de una empresa ganadera.

Las características económicamente relevantes afectan la rentabilidad al estar asociadas con un costo de producción específico o un flujo de ingresos, mientras que las características indicadoras no están directamente relacionadas con la rentabilidad, pero están correlacionadas con las características económicamente relevantes (Pravia et al., 2014).

- Debe ser al menos de heredabilidad media. El grado de heredabilidad de un carácter tiene como función principal expresar la confianza que se puede tener en el fenotipo del animal como una guía para predecir su valor de cría (Cardellino y Rovira, 1987).

- Debe tener suficiente variación genética posibilitando que los animales superiores sean identificados y seleccionados, mientras al mismo tiempo los animales inferiores son localizados y eliminados. Cuando todos los animales tienen predicciones similares para una característica, la misma no puede ser utilizada para seleccionar los animales.

Para la mayoría de los caracteres una parte de la variación observada tienen una base genética y la restante es resultado de factores ambientales. Si la mayor parte de la variación es genética, las variaciones del fenotipo serán debido a los genes que el individuo posee, los cuales podrán ser transmitidos a su progenie. En cambio, si la mayor parte de las diferencias entre los animales es de origen ambiental, esos efectos no son transmitidos a la progenie (Cardellino y Rovira, 1987).

### 2.1.1.3. Captura de registros

El registro consiste en la información de identificación individual, genealógica y productiva de los animales. En esta etapa se define la calidad potencial de las evaluaciones genéticas, siendo necesario contar con información completa y precisa para obtener resultados confiables (Ravagnolo et al., 2013a). Esta información junto con las circunstancias de producción (rodeo, grupo contemporáneo, edad de la madre, entre otros) son combinados para realizar el cálculo de los valores genéticos de los animales (Ravagnolo et al., 2012).

Los registros de un animal son la expresión de su valor genético manifestado en situaciones ambientales diferentes y posibilitan la estimación de los valores de cría de los animales a ser seleccionados. Sin embargo, la mejora de la eficiencia económica de las poblaciones comerciales depende de que los valores de cría estimados estén relacionados genéticamente con las características económicamente relevantes en la definición del beneficio económico de los sistemas de producción para los cuales se aplica la selección (Rovere, 2010).

Ravagnolo et al. (2012) sostienen que en un escenario de cambios donde la ganadería compite con otros rubros y la genética animal se globaliza, se torna importante el desarrollo continuo de herramientas que generen más competitividad, lo que refuerza el énfasis en trabajar en la implementación de sistemas de registros que permitan estimar el mérito genético para características reproductivas.

### 2.1.1.4. Utilización de las evaluaciones genéticas

La materia prima de las evaluaciones genéticas son los registros que proporcionan la información genealógica y productiva de los animales, definiéndose en este punto la calidad potencial de la evaluación.

La información genealógica, la información productiva, y las circunstancias productivas (rodeo, grupo contemporáneo, edad, manejo alimenticio, edad de la madre, etc.) son combinadas para el cálculo de los valores genéticos de cada animal. Estos valores genéticos proveen una predicción del potencial genético futuro de la progenie de un individuo, para una característica específica.

El uso de la información generada por las evaluaciones genéticas nacionales es una herramienta indispensable para el desarrollo de una ganadería moderna y competitiva. El Uruguay tiene una larga y rica tradición en las mismas, lo que ha permitido obtener progreso genético sostenible para características de importancia productiva y económica (Ravagnolo et al., 2012).

Ravagnolo (2003), destaca que el objetivo de las evaluaciones genéticas consiste en predecir el valor genético de los animales, neutralizando todos aquellos efectos ambientales que afectan la producción individual de cada animal.

El uso como reproductores de los animales genéticamente superiores para las características de interés asegurará que los mejores genes sean transmitidos a la próxima generación, logrando así una mejora que será permanente a lo largo de las generaciones y que se irá acumulando en el rodeo a medida que el proceso se reitere año tras año.

Es importante destacar que esta mejora puede y debe utilizarse no solamente al momento de seleccionar los toros o el semen, sino también al momento de seleccionar las hembras (vacas, vaquillonas y terneras, Ravagnolo et al., 2005).

### 2.1.2. Herramientas para seleccionar reproductores

En el momento de la elección de un reproductor existen dos opciones; los DEPS y los índices de selección, siendo los primeros mediciones y evaluaciones de una serie de características de interés del animal y la segunda herramienta una integración de los parámetros genéticos y económicos en un solo valor.

#### 2.1.2.1. Diferencia esperada en la progenie (DEP)

La mejor herramienta para seleccionar los reproductores es la diferencia esperada en la progenie (DEP), que estima el desempeño promedio esperado de los hijos de un determinado reproductor en relación a una base de comparación (promedio de la raza o promedio de la cabaña). Las DEP se expresan como desvíos positivos o negativos en relación a esta base y se obtienen de las evaluaciones genéticas poblacionales (Ravagnolo et al., 2013c).

Las DEP proporcionan la mejor descripción genética de un animal y permite compararlo con animales de otros rodeos, de otras edades e incluso con antepasados. Las comparaciones a través de DEP son válidas entre animales pertenecientes a la misma evaluación, no siendo válidas las comparaciones entre animales de diferentes razas (Lema y Ravagnolo, 2008).

El uso de las DEP al momento de seleccionar los reproductores, es una herramienta que permite alcanzar los objetivos propuestos por quienes toman las decisiones de selección, con el fin de obtener un progreso genético deseable y sostenible en el tiempo sobre una o más características definidas para mejorar. Esto permite que el productor que hace uso de reproductores evaluados genéticamente tenga oportunidad de beneficiarse productiva y económicamente.

Uruguay dispone actualmente de un importante abanico de características por las cuales seleccionar, y se está trabajando para generar DEP adicionales que puedan representar mejor las características reproductivas, especialmente en hembras. Esta información, sin embargo, no dice nada en cuanto al direccionamiento que se debe tener en la mejora genética y surgen preguntas en cuanto a cómo priorizar una u otra característica (Ravagnolo et al., 2013b).

#### 2.1.2.2. Índices de selección

Disponer de valores genéticos (DEP) no asegurará que se esté logrando cambios genéticos en nuestras poblaciones; el uso de los mismos, preferentemente a través de un índice en la selección de los reproductores, es la herramienta con la cual sí se podrá lograr los cambios genéticos buscados (Ravagnolo et al., 2013a). Esta herramienta permite dar un peso diferencial a los DEP disponibles, integrándolos en un solo valor.

Según Hazel (1943), los índices de selección son el método mas eficiente para maximizar el progreso genético en un objetivo de selección, ya que brinda un análisis simplificado de cual es la decisión adecuada a tomar. Este índice facilita a los productores a identificar los animales que generarán mayores retornos en su sistema de producción ya que las características son consideradas según su relevancia económica.

Urioste et al., citados por Lema y Ravagnolo (2008) señalaron la ventaja económica de seleccionar por un objetivo completo (inclusión de todos aquellos rasgos de importancia económica), comparado con la selección exclusivamente por una característica. Adicionalmente, demostraron el valor del uso de medidas

reproductivas como criterios de selección. Un índice de selección combinando características de crecimiento y reproducción produjo una respuesta más balanceada en los diferentes grupos de características, con un notable beneficio económico.

## 2.2. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO NACIONAL

Uruguay cuenta, desde sus inicios como país, con una larga historia asociada al mejoramiento genético animal. Las herramientas utilizadas han sido esencialmente tres: la introducción de nuevo germoplasma, los cruzamientos entre razas y la selección dentro de razas (Urioste, 2010). Su utilización ha ido variando con el tiempo, siendo claro que, entre ellas, la menos utilizada ha sido la herramienta de cruzamientos. Asimismo, en la última década se han dado avances significativos en el uso de la información genómica de los animales (Ravagnolo et al., 2013c).

La mejora genética de carne vacuna en el Uruguay se desarrolla a través de una estructura jerárquica: las cabañas producen toros o semen, los cuales son posteriormente vendidos a los estratos comerciales. El sector comercial produce la carne, pero depende de las cabañas para lograr una mejora genética permanente. Por esta razón, la definición de objetivos de selección en las cabañas debería estar de acuerdo con las características de importancia económica en los rodeos comerciales (Urioste et al., 2002).

Urioste (2010), sostiene que los métodos de selección aplicados a las especies animales existentes también han ido variando con el tiempo: desde simples criterios de estándar racial o puramente genealógicos, pasando por el desarrollo de registros productivos dentro de establecimiento, la existencia de centrales de prueba para reproductores, y culminando con el advenimiento de la tecnología de modelos mixtos (BLUP: best linear unbiased predictor), introducida en 1992 por la Facultad de Agronomía para desarrollar un sistema nacional de evaluación de reproductores en la raza Aberdeen Angus.

### 2.2.1. Participantes

Actualmente existen sistemas de registros y programas de evaluaciones genéticas para diferentes razas bovinas del Uruguay, que brindan información al

criador para ayudarlo a tomar las decisiones de selección. El objetivo final del uso de éstas herramientas es lograr tener un impacto directo sobre la producción y eficiencia de los rodeos, lo que se traducirá en mayores retornos económicos del sistema productivo (Ravagnolo et al., 2013a).

El país cuenta en la actualidad con las evaluaciones genéticas poblacionales para las razas Aberdeen Angus, Braford, Brangus y Hereford, en tanto la raza Limousin se encuentra en etapa de recolección de datos que le permitirá contar próximamente con una evaluación genética poblacional. La raza Brangus realiza su evaluación genética en conjunto con países de la región con la Universidad de Buenos Aires.

La información productiva es capturada por el Servicio de Reproductores de INIA La Estanzuela para las razas Aberdeen Angus, Braford y Hereford, llevándose en forma rutinaria registros para características de crecimiento (peso al nacer, peso al destete, peso a los 15 meses, peso a los 18 meses y peso adulto de la vaca), mediciones de ultrasonido y de circunferencia escrotal (Ravagnolo et al., 2013b).

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las principales características que son utilizadas en las evaluaciones genéticas para las principales razas del país. Como puede observarse, la gran mayoría están relacionadas al crecimiento. Aún queda un largo camino por recorrer en busca de nuevas características económicamente relevantes.

Cuadro 1. Características utilizadas en evaluaciones genéticas nacionales

<b>Característica</b>	<b>Hereford</b>	<b>Aberdeen Angus</b>	<b>Braford</b>
Peso al nacer	x	x	x
Peso al destete	x	x	x
Habilidad lechera	x	x	x
Peso a los 15 meses	x		x
Peso a los 18 meses	x	x	x
Circunferencia escrotal	x	x	
Área de ojo de bife	x	x	
Espesor de grasa subcutánea	x	x	
Grasa intramuscular		x	
Peso adulto	x	x	
Facilidad al parto directa	x		
Facilidad al parto materna	x		
Índices de selección	Índice de cría		

Fuente: adaptado de Ravagnolo et al. (2012)

### 2.2.2. Antecedentes de los programas de mejoramiento nacionales

Las evaluaciones genéticas nacionales para bovinos de carne son una herramienta ampliamente difundida y utilizada en la selección de reproductores en nuestro país. Para las principales razas de carne, Hereford y Aberdeen Angus, las evaluaciones tuvieron sus comienzos a 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 (Lema y Ravagnolo, 2008).

Desde la publicación de los primeros resultados, la cantidad de razas, el número de animales y de cabañas por raza se ha incrementado sustancialmente. Desde entonces, además, ha crecido en forma destacada el número de características evaluadas dentro de cada raza. Estos factores han determinado un aumento muy importante en el volumen de información registrada y a procesar (Ravagnolo et al., 2012).

En las figuras siguientes se presenta la evolución del número de cabañas y del número de animales que participan de las evaluaciones genéticas en bovinos para carne en Uruguay desde 1990 a 2010.

En este período, Ravagnolo et al. (2012) mencionan que las cabañas que participaron de evaluaciones genéticas se multiplicaron por 3,5 y los animales se triplicaron. Así mismo, sostienen que, si bien las características evaluadas no son las mismas para las razas, de forma general se ha cumplido un proceso similar entre ellas.

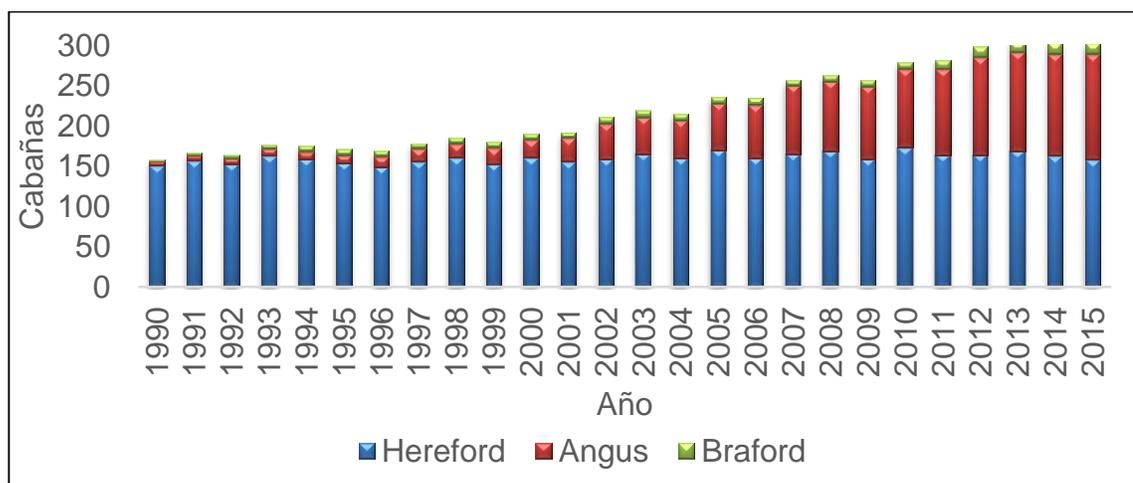


Figura 2. Evolución del número de cabañas participantes de evaluaciones genéticas. Fuente: Ravagnolo et al. (2012), Pravia<sup>1</sup>.

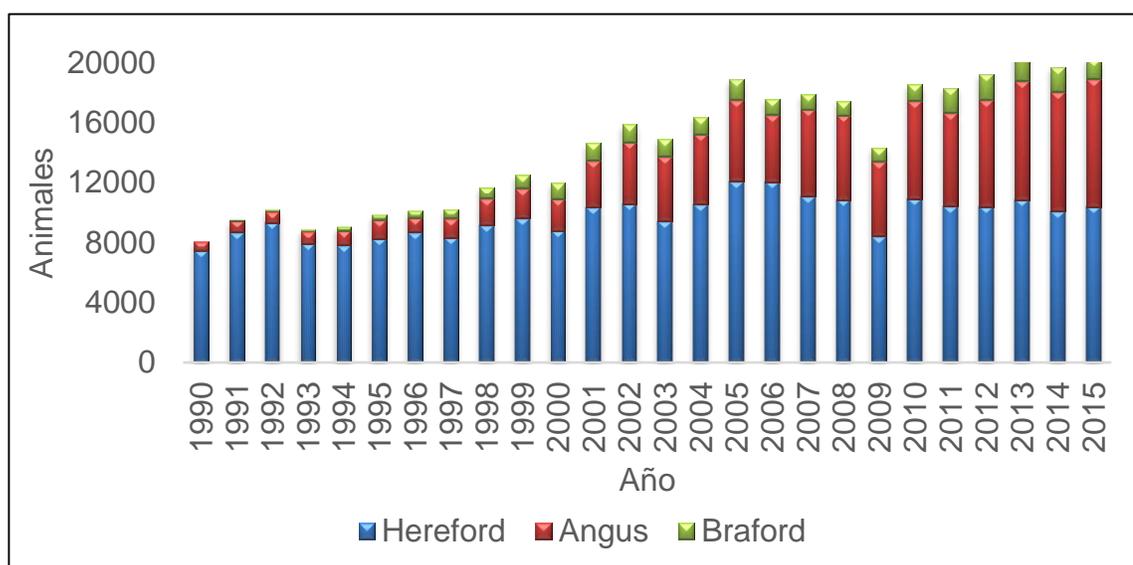


Figura 3. Evolución del número de animales participantes de evaluaciones genéticas. Fuente: Ravagnolo et al. (2012), Pravia<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Pravia, M. 2017. Com. personal.

En etapas iniciales las evaluaciones genéticas nacionales en bovinos para carne proporcionaron DEP para peso al destete, a los 15 y 18 meses y habilidad lechera.

En etapas posteriores fueron incorporados los DEP para peso al nacer, circunferencia escrotal, y más cercana en el tiempo, se generó información para características asociadas a calidad de canal, medidas por ultrasonografía, tales como el área del ojo de bife, el espesor de grasa subcutánea y en último término la grasa intramuscular del bife (Ravagnolo et al., 2012).

Ravagnolo et al. (2013b) afirman que desde 2010 se está realizando en forma no obligatoria la recolección de registros de reproducción. El objetivo es generar una base de datos que permita obtener una evaluación genética para características reproductivas de hembras, hoy muy pobremente representadas por la circunferencia escrotal.

Este aspecto ha cobrado importancia en los últimos años, siendo analizado por investigadores tanto nacionales como internacionales, argumentan que las características reproductivas son las económicamente más importantes en los sistemas de producción de carne y deberían ser consideradas en los programas, aunque reconocen que el uso de estas características presenta dificultades (Phocas et al., Urioste, citados por Lema y Ravagnolo, 2008). Así mismo, Rust y Groeneveld (2001) aseguran que aún no se ha encontrado una medida que represente completamente la eficiencia reproductiva de los animales.

Urioste et al. (2007) sostienen que las características reproductivas son difíciles de medir, registrar e interpretar, y los procedimientos para estimar el mérito genético de los animales para estas características no son sencillos. Esto se da más precisamente en los sistemas de producción de cría en pasturas tales como los de Uruguay, donde la información de las hembras es extremadamente limitada y de baja calidad.

Ravagnolo et al. (2013b) complementan lo anterior añadiendo que la ausencia de mejores estimadores de la habilidad reproductiva genética de los rodeos se debe a dos factores principales, el primero de ellos es la dificultad de recabar la información necesaria para realizar las evaluaciones genéticas de estas características y en segundo lugar la baja heredabilidad de las características reproductivas, y consecuentemente al poner énfasis en la selección de las mismas se obtiene un progreso genético lento. Aunque aclara que, no obstante, dada la relevancia productiva y económica de estas características es necesaria su inclusión en los programas de mejora genética.

En la actualidad, se están analizando distintas características para las razas participantes. Ravagnolo et al. (2012) anuncian que el peso adulto es una

característica que está siendo analizada en la raza Aberdeen Angus, y se están ejecutando proyectos de investigación para implementar también en el futuro cercano índices de selección en esta raza.

Para la raza Braford, de más reciente incorporación a la evaluación genética poblacional, las acciones se concentraron en las características de crecimiento y en breve se comenzará a tomar registros de ultrasonido para generar DEP para área del ojo de bife y espesor de grasa subcutánea.

Recientemente, la raza Limousin ha comenzado a coleccionar información pensando disponer, en un futuro cercano, de información que le permita realizar la evaluación genética de sus animales.

## 2.3. CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO

### 2.3.1. Importancia de incluir características reproductivas

En las últimas décadas, el mejoramiento genético de las razas de vacunos de carne ha estado centrado en características de crecimiento. Sin embargo, altas tasas reproductivas en un rodeo vacuno están directamente relacionadas con la rentabilidad de la producción de carne. Los caracteres reproductivos han mostrado ser las características económicamente más importantes en muchos sistemas de producción (Newman et al., 1991)

Lema y Ravagnolo (2008) indican que el desempeño reproductivo es un componente importante de los beneficios de los sistemas de producción. (Garrick, citado por Lema y Ravagnolo, 2008) sostiene que la tasa de preñez de las vaquillonas, la longevidad y los requerimientos nutricionales de la vaca adulta son determinantes del ingreso económico de los productores. Estas tres características han sido incorporadas a las evaluaciones genéticas de algunas razas en Estados Unidos y Australia.

Garrick, citado por Lema y Ravagnolo (2008) afirma que sólo realizar énfasis en los componentes de crecimiento puede determinar una sobreestimación de su impacto en el ingreso de los sistemas cuando es comparado con visiones más integrales que contemplen crecimiento y reproducción.

En Uruguay, Urioste et al., citados por Lema y Ravagnolo (2008) resaltan los altos valores económicos encontrados para algunas características reproductivas, y confirman que se debe poner un énfasis sustancial en la selección para mejorar rasgos reproductivos en los sistemas uruguayos de producción. Resultados de investigación de los valores económicos relativos de reproducción y crecimiento en una serie de estudios en diversos países (Ponzoni y Newman, Phocas et al., Fernández-Perea y Alenda Jiménez, citados por Lema y Ravagnolo, 2008) también proponen que las tasas reproductivas sean consideradas al menos tan importantes como las características de crecimiento desde un punto de vista económico.

Cuadro 2. Valores económicos para características económicamente relevantes.

ERTs <sup>a</sup>	VE <sup>b</sup> (U\$S)	DGF <sup>c</sup>	$\sigma g^d$		EV <sub>DGF</sub> <sup>e</sup> (U\$S)	EV <sub>DGF x <math>\sigma g</math></sub> <sup>f</sup> (U\$S)
Tasa de destete (%)	237.2	0.4	9.3	a	96	892.3
Facilidad de parto (unidad subyacente)	30.9	0.7	0.4	b	20.4	9
Peso al destete individual (Kg)	-1.7	0.7	11.7	c	-1.1	-12.8
Peso al destete maternal (Kg)	-9.3	0.4	10.8	c	-3.8	-40.8
Peso de carcasa (Kg)						
Novillos	87.7	0.2	12.5	d	21.4	267.5
Vacas	33.4	0.1			2.5	31.3
Consumo MS (Kg/animal)						
Vacas	-1.7	0.4	131.9	e	-0.7	-92.9
Vaquillonas	-1.9	0.3			-0.5	-65.2
Novillos	-2.88	0.256			-0.7	-97.2

<sup>a</sup> ERTs-Características económicamente relevantes.

<sup>b</sup> VE-Valores económicos de cada característica expresada en U\$S

<sup>c</sup> DGF-Número de expresiones genéticas

<sup>d</sup>  $\sigma g$ -Desviación estándar aditiva.

<sup>e</sup> EVDGF-Valor económico corregido por DGF

<sup>f</sup> EVDGF x  $\sigma g$ -Valor económico corregido por DGF y  $\sigma g$ .

Fuente: adaptado de Pravia et al. (2014)

Pravia et al. (2014) simularon un sistema de producción uruguayo, donde determinaron el valor económico de las características económicamente relevantes, tales como tasa de destete, peso de carcasa, facilidad de parto, consumo de materia seca y peso al destete. Como resultado obtuvieron que las características reproductivas fueron tres veces más importantes que las de

crecimiento y consumo; y sostienen que algunas de las características más importantes no tienen DEP que les permita seleccionar por ellas, por lo que los esfuerzos deberían estar puestos en generar tal información.

Realizar evaluaciones genéticas para características asociadas a la reproducción permitiría conocer las relaciones genéticas entre éstas y las demás características evaluadas. El conocimiento de estas relaciones genéticas para las condiciones productivas de Uruguay es relevante al momento de estudiar y definir objetivos de selección y al momento de elaborar índices de selección para las evaluaciones genéticas nacionales de bovinos de carne (Lema y Ravagnolo, 2008).

### 2.3.2. Características reproductivas vs características de crecimiento

Las características reproductivas en ganado de carne son difíciles de medir, reportar e interpretar, y los procedimientos para estimar el mérito genético de estas características no son sencillos (Morris, citado por Lema y Ravagnolo, 2008).

Según Carriquiry y Meikle (2008), la selección de reproductores por crecimiento acelerado y mayores pesos vivos ha generado un incremento en el peso vivo a madurez y por lo tanto un incremento del tamaño adulto promedio de las diferentes razas y de sus requerimientos de mantenimiento, determinando mayores costos de producción, una menor eficiencia en uso de los recursos alimenticios, y un aumento potencial en problemas ambientales (heces, emisión de gases).

Por otro lado, este avance genético en caracteres de crecimiento ha incidido en forma negativa en los indicadores reproductivos de los rodeos de cría, traduciéndose en el estancado porcentaje de destete, en promedio de 63% (Pereira y Soca, citados por Lema y Ravagnolo, 2008).

Este tipo de características presentan valores medios de heredabilidad, lo que asociado a su facilidad de medición determinan que el progreso genético logrado por selección sea más rápido y visible que para otras características de difícil y costosa medición y menor heredabilidad (Ravagnolo et al., 2012).

Las características reproductivas se encuentran dentro de este último grupo, siendo afectadas en forma importante por el ambiente (nutrición, manejo, sanidad, etc.) por lo que presentan heredabilidad baja. Ello determina menores progresos genéticos potenciales al seleccionar por ellas. Estos últimos factores

constituyeron los principales motivos por los que programas de mejoramiento en bovinos en todo el mundo se centraron primero en características de crecimiento, antes que en las reproductivas (Garrick, citado por Lema y Ravagnolo, 2008)

Las características reproductivas son más sujetas a estas variaciones ambientales respecto a caracteres de crecimiento y terminación, dada su baja heredabilidad (Espasandín y Ciria, 2008).

### 2.3.3. Principales características reproductivas utilizadas

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. (Lema y Ravagnolo, 2008).

Ravagnolo et al. (2013a), indican que actualmente se dispone de DEP para circunferencia escrotal como variable relacionada a la reproducción. Si bien esta característica es de fácil medición, la misma es de uso limitado en cuanto a la mejora genética reproductiva de las hembras, siendo necesaria la generación de DEP para otras características reproductivas de mayor relevancia económica. Añade que, en el país, hasta el momento no se dispone de mejores estimadores de la habilidad reproductiva genética de los rodeos y que esta limitante está asociada a dos factores principales:

1. Las características reproductivas son de heredabilidad baja, y consecuentemente se obtiene un lento progreso genético de la misma.
2. La dificultad de recabar información necesaria para realizar las evaluaciones genéticas de características reproductivas. Para ello, se necesita un sistema de registros especializado que facilite el relevamiento de esta información.

En la actualidad y en otras partes del mundo gracias al avance de metodologías y sistemas de registro en diversos programas de evaluación genética, se están utilizando diferentes características reproductivas registradas en las hembras como criterios de selección para mejorar la fertilidad. Algunos ejemplos son días al parto, largo de gestación, edad al primer parto, intervalo entre el primer y segundo parto, intervalo entre otros partos, probabilidad de la vaca de permanecer en el rodeo y probabilidad de preñez precoz (Quintans et al., 2008).

Rust y Groeneveld (2001) han resumido y discutido ventajas y desventajas de diferentes componentes, tales como tiempo al primer celo,

número de servicios por concepción, tasa de preñez, largo de gestación, edad al primer parto, días al parto, fecha de parto e intervalo interpartos. Algunos ejemplos de dificultades con las diferentes variables se enumeran a continuación.

Cuadro 3. Limitantes de selección en rasgos reproductivos

Indicador	Dificultad de variable considerada
Días al primer celo	Difícil de medir en condiciones de campo. Implica la observación detallada de todo el rodeo de una manera regular
Número de servicios por concepción	Requiere el registro de cada servicio, raramente posible en condiciones de monta natural
Tasa de preñez	Es un carácter binario, y requiere detección de preñez en todo el rodeo
Largo de gestación	Requiere observación y registro del servicio y el parto, tiene poca variación genética
Edad al primer parto	Refleja mayoritariamente decisiones de manejo, que pueden confundirse con distinto merito genético. Adicionalmente, solo representa un componente inicial en la vida reproductiva de la vaca
Intervalo interpartos	Solo existente para vacas con 2° parto y más; es solo útil en estaciones de parto no restringidas

Fuente: Urioste (2013)

Información sobre algunas de las características indicadoras de fertilidad, tales como intervalo interparto o edad al primer parto es obtenida en el marco de sistemas de registro en producción de carne. Sin embargo, un número importante de investigadores han sugerido el uso de fecha de parto como una medida reproductiva más adecuada, especialmente cuando se practica el apareamiento restringido (Urioste, 2013). Bourdon y Brinks, citados por Lema y Ravagnolo (2008) definieron “fecha de parto” como el número de días (a partir de una fecha arbitraria) en el cual la vaca tuvo el parto dentro de la estación de parto correspondiente.

#### 2.4. LA CONDICIÓN CORPORAL Y EVALUACIONES GENÉTICAS

Urioste (2013) sugiere que, en principio, para que una característica sea útil en un esquema de evaluación genética nacional, debe ser heredable y poco costosa de medir y registrar. Añade que normalmente se cree que las características reproductivas tienen baja heredabilidad, y por esa razón son difíciles de mejorar a través de la selección dentro de una raza.

Sin embargo, estudios nacionales y extranjeros sugieren que la heredabilidad puede ser mayor de lo que se creía para algunas características reproductivas. Por lo tanto, rasgos de fertilidad en vacunos de carne que fueran fácilmente medibles en la mayoría de las situaciones serían muy apropiados para ser incluidas en los sistemas nacionales de evaluación de vacunos de carne.

La condición corporal aparece como una alternativa interesante para incluir en las evaluaciones genéticas. La posibilidad de agregar una nueva característica que sea la referencia del desempeño reproductivo de las hembras sería de gran utilidad tanto para productores como cabañeros.

#### 2.4.1. Ventajas de la condición corporal

Varios autores han propuesto la inclusión de la condición corporal en las evaluaciones genéticas para bovinos de carne, algunos pocos con simples suposiciones y otros con fuertes fundamentos.

Pryce et al. (2000) sugieren que como la fertilidad es difícil de medir y tiene baja heredabilidad, la condición corporal podría ser útil para seleccionar indirectamente animales con fertilidad superior. Jones et al. (1999) agregan que esto sería posible siempre y cuando la correlación genética entre ambas características sea alta.

Si se obtienen evaluaciones genéticas precisas para la condición corporal, se debería considerar registrar las mediciones para esta característica (Pryce et al., 2000).

Veerkamp et al. (2001) indican que la condición corporal es usada en muchos lugares para determinar el balance energético de los animales, siendo fácil de medir y lo suficientemente precisa para indicar variaciones en las reservas energéticas.

Según Machado et al. (2008), la medición de la condición corporal es fácil, rápida, sin costo y no invasiva, y debido a estas ventajas se ha utilizado como una medida indirecta de las reservas energéticas de los animales así como de su potencial reproductivo. Por esta razón, insinúa que si la condición corporal presenta suficiente variabilidad genética aditiva, podría ser utilizada para elegir las hembras más eficientes.

Pryce et al. (2000) sostienen que la producción de carne podría ser optimizada mejorando la eficiencia reproductiva y habilidad materna de las vacas.

No obstante, agrega que estas características son difíciles de medir directamente y tienen baja heredabilidad, y que por lo tanto, seleccionar animales a partir de ellas produciría una baja respuesta. Así mismo, recomiendan que se evalúe la condición corporal como una alternativa a ser utilizada como indicadora de fertilidad en hembras.

Fernandes et al. (2015) en un trabajo sobre ganado de cría Nelore, determinaron que la condición corporal presenta suficiente variabilidad (0,24) y debido a su fuerte asociación con algunas características reproductivas apoyan la idea de incluir esta escala como criterio de selección de hembras.

Otras investigaciones tales como las de Johnston et al. (1996b), concluyen que la condición corporal presenta heredabilidad de 0,14 y 0,21 para vacas de las razas Angus, Hereford y Polled Hereford. Asimismo, Arango et al. (2002) estimaron una heredabilidad de 0,2 y 0,51 para vacas de diferentes razas de 2 y 8 años, respectivamente.

Meyer (1993), con sus trabajos en Australia obtuvo una heredabilidad de 0,12 y 0,16 para las razas Hereford y Wokalpus, añadiendo que esta característica presentó una repetibilidad de 0,20 y 0,25.

Si bien las investigaciones son escasas, son un fundamento suficiente para continuar buscando resultados que sean prometedores a la hora de establecer que la condición corporal presenta suficiente heredabilidad para poder ser incluida en los programas de mejoramiento genético en busca de un incremento en el porcentaje de preñez de las hembras de cría del país.

## 2.5. HIPÓTESIS

- Es posible estimar la heredabilidad, repetibilidad y correlación genética de la condición corporal y el peso vivo de la vaca a partir de registros de datos de vacas de la raza Aberdeen Angus del Uruguay.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo realizado para llevar a cabo la investigación, consistió en el estudio y procesamiento de un conjunto de datos de rodeo de cría Aberdeen Angus perteneciente a la Asociación Rural del Uruguay (ARU).

Los mismos fueron trabajados en planillas electrónicas en el período comprendido entre 1985 y 2016, con igual formato y estructura. Los registros de condición corporal y peso vivo al destete están disponibles desde el año 2007, siendo la información de los años precedentes referentes al manejo de la vaca como datos de sus parientes.

De dichas planillas se obtuvieron los datos de: identificación, mes y año de nacimiento, edad de la madre, peso al nacimiento, mes y año de destete, edad al destete, peso al destete, alimentación y lote asignado hasta el destete, mes y año a los 18 meses, edad a los 18 meses, alimentación y lote asignado hasta los 18 meses, número de partos, mes y año de parición, edad de la vaca al parto, mes y año de destete del ternero, edad de la vaca al destete, edad del ternero al destete, alimentación y lote asignado desde el parto al destete, peso del ternero al destete, sexo del ternero y condición corporal de la vaca al destete.

Cuadro 4. Número de datos utilizados para cada variable

<b>VARIABLE</b>	<b>NÚMERO</b>
Número de vacas	63.333
Número de padres	34.386
Número de madres	53.819
Identificación	22.233
Mes de nacimiento	22.233
Año de nacimiento	22.233
Edad de la madre	20.530
Peso al nacimiento	19.971
Mes de destete	20.654
Año de destete	20.654
Edad al destete	20.654
Peso al destete	20.653
Mes a los 18 meses	19.669
Año a los 18 meses	19.669
Edad a los 18 meses	19.669
Peso a los 18 meses	19.659

Alimentación asignada al destete	20.672
Lote asignado al destete	20.672
Número de parto	22.233
Mes de destete del ternero	22.233
Año de destete del ternero	22.233
Edad de la vaca al destete del ternero	22.233
Edad del ternero al destete	22.233
Alimentación asignada desde parto a destete	22.233
Lote asignado desde el parto al destete	22.231
Peso de la vaca al destete del ternero	21.247
Condición corporal al destete	22.172
Sexo del ternero	22.233
Peso del ternero al destete	22.224
Mes de parto	22.233
Año de parto	22.233
Edad al parto	22.233

Se utilizaron un total de 22.233 registros individuales de animales, representando un parto por registro, correspondientes a 11.358 vacas. A fin de homogeneizar la información, fueron eliminados los datos fuera de rango (media  $\pm$  desvío estandar  $\times 3$ ).

### 3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se clasificaron los datos de manera tal que la condición corporal y el peso vivo de la vaca al destete fueron las variables de respuesta, con el fin de obtener las medias y comparaciones de las mismas, para ser analizadas junto al resto de las variables.

Las variables consideradas como “efectos fijos” fueron año y mes de parto, sexo del ternero, lote de destete, alimentación al destete, número de parto; y como “covariables” fueron edad de la vaca al destete, edad del ternero al destete, peso de la vaca y peso del ternero al destete, resumidas en el siguiente modelo:

CC = media + año de parto + mes de parto + sexo del ternero + lote al destete + alimentación de la vaca al destete + número de parto + edad de la vaca

al destete + edad del ternero al destete + peso de la vaca al destete + peso del ternero al destete + error.

En el cuadro siguiente se presentan los valores y rangos de valores asignados para los efectos fijos.

Cuadro 5. Información de nivel de clase

CLASE	NÚMERO DE NIVELES	DESCRIPCIÓN DE NIVELES													
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016				
Año de parto	10														
Mes de parto	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Sexo del ternero	2							1	2						
Lote al destete	4					1	2	3	4						
Alimentación al destete	8							1	2	3	4	5	6	7	8
Número de parto	5							1	2	3	4	5			

Las variables de “efecto fijo” se presentaron en distintas clases. Se consideraron 10 años de partos correlativos analizando todos los meses de cada año. Cada valor de lote asignado representa un potrero de la zona de estudio, así como los valores de alimentación son resultado de distintas ofertas de forraje (campo natural, pradera, ración o combinaciones de estas). Se consideró hasta un máximo de 5 partos por animal.

En el cuadro 6 se presentan los valores y rangos de valores asignados para las covariables.

Cuadro 6. Covariables

COVARIABLE	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO
Edad de la vaca al destete	2040	±784	698	7608
Edad del ternero al destete	196	±32	60	398
Peso de la vaca al destete	459	±70	2	860
Peso del ternero al destete	190	±46	59	442
Condición corporal	3.89	±0.78 <sup>0</sup>	1	9

Una vez definidas las variables consideradas, se evaluó cuáles de ellas tenían un efecto significativo sobre la condición corporal y el peso de la vaca al destete. Se estableció la siguiente hipótesis:

si  $Pr > F$ , es  $\leq 0,05$ ; el efecto es significativo.

si  $Pr > F$ , es  $> 0,05$ ; el efecto no es significativo.

Se utilizó el procedimiento MIXED del programa SAS (SAS, 2014), para realizar el análisis de varianza a modo de conocer el efecto de cada variable sobre la condición corporal al destete.

Se corrieron tres modelos descartando para la estimación de los componentes de varianza aquellas variables que no tenían efectos significativos, se trabajó con las variables; año de parto, mes de parto, alimentación de la vaca al destete, peso de la vaca al destete, edad de la vaca al destete y edad del ternero al destete.

### 3.1.1. Estimaciones de componentes de varianza

Los componentes de (Co)varianza fueron estimados mediante muestreo de Gibbs (Gibbs sampling) usando el software MTGSAM (Van Tassel y Van Vleck, 1995)

Se estimaron en forma simultánea las varianzas y covarianza entre peso vivo y condición corporal al destete, usando el modelo:

$$PV = XB + Zu + Wp + Re$$

$$CC = XB + Zu + Wp + Re$$

En donde:

$XB$  son los efectos fijos considerados en el modelo: año-estación de parto; nivel de alimentación, lote asignado, edad de la vaca y peso y edad del ternero al momento del destete.

$Zu$  corresponde a la matriz de incidencia ( $Z$ ) y vector ( $u$ ) de los efectos genético-aditivos de cada animal.

$Wp$  corresponde a la matriz de incidencia ( $W$ ) y vector ( $p$ ) de los efectos de ambiente permanente de cada vaca

$Re$  corresponde a la matriz de incidencia y vector de los errores de cada modelo.

Este análisis bivariado utilizado permitió estimar las varianzas genético-aditivas, de ambiente permanente de cada vaca y los residuos por separado para PV y CC, así como las covarianzas genético-aditivas entre ambas variables.

Los residuos y efectos de ambiente permanente de ambos modelos se consideraron independientes.

En un análisis preliminar (1.000 muestras) se definieron las condiciones del muestreo de Gibbs a través del programa Gibanal (xx y XX). El burn-in (muestreo inicial a descartar) utilizado fue de 1000 muestras, en tanto la frecuencia de muestreo (skipparameter) resultó en 100 (1 muestra cada 100 rondas).

En total el análisis consistió en 101.000 muestreos, totalizando 1.000 estimaciones de cada uno de los parámetros considerados en el modelo.

Luego de contar con la información de las varianzas (genético-aditivas, ambiental permanente y residual) se estimaron los siguientes parámetros.

- a) Heredabilidad (o porción de la varianza aditiva debida a la variación genética aditiva).
- b) Repetibilidad (relación entre las varianzas genética + varianza de ambiente permanente del animal y varianza fenotípica).
- c) Correlación genética y fenotípica entre las variables peso vivo y condición corporal (PV-CC)

Los cálculos de los parámetros heredabilidad y repetibilidad se realizaron para las dos variables (condición corporal y peso vivo), por ultimo se estimó la correlación entre ambas variables.

Para estimar la heredabilidad se utilizò la formula  $h^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2$ , siendo  $\sigma_a^2$  la varianza genético aditiva y  $\sigma_p^2$  la varianza fenotípica.

Para estimar la repetibilidad se usó la formula  $\sigma_a^2 + \sigma_{ap}^2 / \sigma_p^2$ , siendo  $\sigma_{ap}^2$  la varianza ambiental permanente.

La correlación genética se estimó utilizando las varianzas y co-varianzas, a partir de la fórmula  $r_G = \text{COV}_{PV-CC} / \sqrt{S_{PV} \cdot S_{CC}}$ .

#### 4. RESULTADOS

En el cuadro 7 se presenta una comparación entre los tres modelos, evaluados a través de los estadísticos de bondad de ajuste.

Cuadro 7. Estadísticos de ajuste. Comparación entre modelos.

<b>Modelo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Verosimilitud (-2 Res Log)	41422.4	41390.2	41380.1
AICC (mejor más pequeño)	41424.4	41392.2	41382.1
BIC (mejor más pequeño)	41432.3	41400.2	41390.1

El resultado del análisis del primer modelo indicó que el sexo del ternero, número de parto de la vaca y peso del ternero al destete no tenían efectos significativos sobre la variable de respuesta ( $Pr > F$ ;  $> 0,05$ ), mientras que el lote asignado desde el parto de la vaca al destete del ternero era cercano a ser significativo ( $Pr > F$ ;  $0,0735$ ).

En el segundo modelo se descartaron dichas variables manteniendo aquella cercana a la significancia. El resultado no cambió, indicando que el lote asignado desde el parto de la vaca al destete del ternero no tenía efectos significativos ( $Pr > F$ ;  $0,0761$ ).

En la tercera oportunidad se corrió el programa sin la variable mencionada, dando como resultado los valores mínimos de estadísticos de ajuste. Esto determinó que era el más adecuado a utilizar, llegando al siguiente modelo:

$CC_{\text{destete}} = \text{media} + \text{año de parto} + \text{mes de parto} + \text{alimentación de la vaca al destete} + \text{peso de la vaca al destete} + \text{edad de la vaca al destete} + \text{edad del ternero al destete} + \text{error}$ .

En el cuadro 8 se presentan el número de datos utilizados en el análisis, así como las medidas de posición, centralización y dispersión en relación a la variable dependiente condición corporal al destete, obtenidas mediante el método de estimación REML.

Cuadro 8. Medidas de posición, centralización y dispersión para la variable de respuesta condición corporal de vacas de cría al momento del destete.

<b>VARIABLE: condición corporal</b>	
Número	22172
Media	3.89
Mediana	4
Moda	4
Desvío estándar	0.78
CV	20.13
Varianza	0.61
Mínimo	2
Máximo	8

De un total de 22.172 datos observados, que corresponden a 11.358 vacas, el promedio aritmético de la condición corporal al destete fue de 3,89. El valor que más se repitió fue de 4, que coincide con la Mediana, que es el valor que separa por la mitad las observaciones. El valor de desvío estándar de 0,78 representa el promedio de diferencia que hay entre el total de los datos estudiados y la media. Con respecto a la varianza, la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a la media es de 0,61, indicando que existe variabilidad entre los datos analizados.

En el cuadro 9 se presenta el análisis de varianza del tercer modelo evaluado para la condición corporal al destete en vacas de cría.

Cuadro 9. Modelo 3: análisis de varianza para la condición corporal al destete en vacas de cría.

<b>Efecto</b>	<b>Núm. DF</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Año de parto	9	55.31	<.0001
Mes de parto	11	17.81	<.0001
Alimentación de la vaca al destete	7	9.81	<.0001
Peso de la vaca al destete	1	8050.71	<.0001
Edad de la vaca al destete	1	455.93	<.0001
Edad del ternero al destete	1	16.31	<.0001

En el cuadro 10 se presenta el valor obtenido de las medias y errores estándar de la condición corporal al destete para las variables de “efecto fijo”.

Cuadro 10. Medias y errores estándar de la condición corporal al destete para distintos años de parición.

<b>Efecto: año de parto de la vaca</b>			
Año de parto	Estimador	Error estándar	Tukey
2011	3.97	0.03	A
2009	3.90	0.03	B
2012	3.85	0.03	BC
2007	3.84	0.03	BC
2013	3.83	0.03	CD
2008	3.77	0.03	DE
2014	3.71	0.03	EF
2010	3.69	0.03	F
2015	3.66	0.03	F
2016	3.54	0.29	ABCDEF

La condición corporal se ve afectada tanto por las condiciones climáticas de cada año como por el tipo de manejo en particular de la cabaña.

En el cuadro 11 se presenta información de las medias para los distintos meses de parición con el análisis de Tukey.

Cuadro 11. Medias y errores estándar de la condición corporal al destete para distintos meses de parición.

<b>Efecto: mes de parto de la vaca</b>			
Mes de parto	Estimador	Error estándar	Tukey
12	3.93	0.05	AB
8	3.92	0.04	A
7	3.89	0.05	AB
9	3.87	0.04	AB
10	3.87	0.04	AB
11	3.87	0.04	AB
6	3.83	0.08	ABCD
4	3.81	0.05	BC

3	3.68	0.05	CD
5	3.62	0.06	DE
1	3.53	0.07	DE
2	3.50	0.06	E

El mes de parto de la vaca presenta un efecto sobre la condición corporal al destete. Las vacas que tuvieron su parto en el período comprendido entre julio y diciembre se les detectó una mayor condición corporal al momento de separar la cría, ya que es el período en que la disponibilidad de forraje es máxima. Prácticamente no existen diferencias entre los animales que parieron en esta época.

Aquellas vacas que parieron en meses posteriores presentaron una menor condición corporal explicada posiblemente por un menor tiempo de recuperación entre el parto y el destete, así como una menor calidad en la oferta de forraje. Estas vacas destetan el ternero habiendo enfrentado la baja calidad de las pasturas en el inicio de la lactación, así como las altas temperaturas de verano. A esto se le agrega el efecto del invierno y la poca disponibilidad de forraje en la pérdida de reservas corporales, dedicando tal energía a la lactación y mantenimiento.

En el cuadro 12 se presenta las medias de la CC en función de los distintos tipos de alimentación asignadas desde el parto hasta el destete.

Cuadro 12. Medias y errores estándar de la condición corporal al destete para distintos manejos de alimentación.

<b>Efecto: alimentación asignada desde el parto al destete</b>			
Alimentación	Estimador	Error estándar	Tukey
8	3.91	0.15	ABC
6	3.90	0.08	AB
2	3.85	0.03	A
5	3.82	0.08	ABC
1	3.76	0.03	BC
3	3.71	0.04	BC
4	3.67	0.05	BC
7	3.58	0.08	C

El tipo de alimentación recibido también incide en las reservas corporales del animal. Si bien no se cuenta con información sobre el tipo de dietas que recibía cada animal, se puede asumir que aquellas dietas con una mejor calidad y balance entre energía y proteína resultan en una mayor condición corporal de los animales, satisfaciendo tanto sus requerimientos de mantenimiento como los de lactación.

Para la variable peso vivo de la vaca al destete del ternero, todos los efectos asignados al modelo presentaron significancia estadística ( $Pr F < 0.05$ ).

Cuadro 13. Modelo 1: análisis de varianza para el peso vivo al destete en vacas de cría.

<b>Efecto</b>	<b>Núm. DF</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Año de parto de la vaca	9	15.3	<.0001
Mes de parto de la vaca	11	2.9	0.0008
Sexo del ternero	1	83.15	<.0001
Lote del ternero	3	57.01	<.0001
Alimentación del ternero	7	21	<.0001
Número de partos	4	25.4	<.0001
Edad de la vaca al destete	1	1667.07	<.0001
Edad del ternero al destete	1	322.27	<.0001
Peso al destete	1	3132.54	<.0001
Condición corporal de la vaca al destete	1	6254.48	<.0001

Cuadro 14. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos años de parición.

<b>Efecto: año de parto</b>			
Año de parto	Estimador	Error estándar	Tukey
2016	526.66	24.76	ABC
2014	482.71	2.67	A
2015	477.71	2.68	B
2009	476.5	2.93	B
2007	474.2	3.04	BC
2010	474.14	2.80	BC
2013	471.04	2.66	C
2012	470.16	2.79	C
2011	470.06	2.81	C
2008	469.63	2.98	C

Cuadro 15. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos meses de parición.

<b>Efecto: mes de parto de la vaca</b>			
Mes de parto de la vaca	Estimador	Error estándar	Tukey
1	490.45	5.92	ABC
5	486.5	5.03	AB
12	482.04	4.37	ABC
2	479.58	5.20	ABC
10	479.51	3.52	A
4	478.56	4.23	ABC
3	478.34	4.22	ABC
11	477.92	3.65	ABC
9	475.71	3.55	BC
7	475.16	4.18	ABC
6	473.94	6.55	ABC
8	473.65	3.65	C

Cuadro 16. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para el sexo del ternero.

<b>Efecto: sexo del ternero</b>			
Sexo del ternero	Estimador	Error estándar	Tukey
2	482.68	3.55	A
1	475.88	3.54	B

Cuadro 17. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos lotes asignados.

<b>Efecto: lote asignado desde el parto al destete</b>			
Lote del ternero	Estimador	Error estándar	Tukey
2	488.87	3.62	A
3	485.41	5.012	A
4	472.07	3.63	B
1	470.76	3.42	B

Cuadro 18. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos manejos de alimentación.

<b>Efecto: alimentación asignada desde el parto al destete</b>			
Alimentación del ternero	Estimador	Error estándar	Tukey
7	507.68	6.64	A
4	495.5	4.38	AB
3	477.59	3.51	C
5	476.31	6.29	BCD
8	474.69	13.04	ABCD
1	474.66	2.82	C
2	465.14	3.012	D
6	462.67	7.00	CD

Cuadro 19. Medias y errores estándar del peso vivo al destete para distintos números de parto.

<b>Efecto: número de parto</b>			
Número de parto	Estimador	Error estándar	Tukey
2	483.04	3.51	A
3	482.9	3.63	A
4	479.15	3.83	A
5	477.7	4.24	AB
1	473.61	3.48	B

#### 4.1. ANÁLISIS DE HEREDABILIDAD, REPETIBILIDAD Y COVARIANZA

En el cuadro 20 se presentan las medias de los valores observados para las varianzas genético-aditivas para peso vivo y condición corporal al destete y para la (Co)varianza genética entre ambas.

Cuadro 20. Medias de varianzas genético aditivas y (Co)varianza genético-aditivas para peso vivo y condición corporal

<b>Variables</b>	<b>(Co)varianzas genético-aditivas</b>
Peso vivo	2080.57
Peso vivo – condición corporal	16.17
Condición corporal	0.17

En el cuadro 21 se presentan los valores observados de las medias para las varianzas de ambiente permanente y residuales de las variables peso vivo y condición corporal al destete.

Cuadro 21. Medias de varianzas de ambiente permanente y residual para peso vivo y condición corporal

<b>Variable</b>	<b>Varianza ambiental permanente(<math>\sigma^2_{ap}</math>)</b>	<b>Varianza residual</b>
Peso vivo	298.39	1079
Condición corporal	0.048	0.29

En el cuadro 22 se muestran los componentes de (Co)varianza para las varianzas fenotípicas observadas.

Cuadro 22. Componentes de (Co)varianzas fenotípicas

<b>Variables</b>	<b>(Co)varianzas fenotípicas (<math>\sigma^2_p</math>)</b>
Peso vivo ( $V_a$ )	3457.97
Peso vivo - condición corporal (Cov. aditiva)	16.16
Condición corporal ( $V_a$ )	0.51

En el cuadro 23 se presentan los valores de heredabilidad y repetibilidad para la condición corporal y peso vivo al destete, como también la correlación genética y fenotípica entre ambas, a partir de los datos anteriormente mostrados.

Cuadro 23. Heredabilidad, repetibilidad, correlación genética y fenotípica para condición corporal y peso vivo

<b>Variable</b>	<b>Medias</b>	<b>Desvío estándar</b>
Heredabilidad de la condición corporal ( $h^2$ )	0.33	0.008
Heredabilidad del peso vivo ( $h^2$ )	0.60	0.010
Repetibilidad de la condición corporal ( $r$ )	0.66	0.016
Repetibilidad del peso vivo ( $r$ )	0.68	0.004
Correlación genética ( $r_G$ ) condición corporal-peso vivo	0.14	0.004

El valor de heredabilidad de la condición corporal se ubica en la escala media, según la clasificación del rango de valores de heredabilidad presentado en el cuadro 27, mientras que para el peso vivo la heredabilidad fue alta. Tanto la correlación genética y fenotípica son muy cercanos a 0, determinando que no existe correlación entre ellos.

## 5. DISCUSIÓN

La clasificación de los animales a partir de la condición corporal, con el fin de evaluar el estado del animal tiene como principal ventaja su fácil medición, pudiendo ser realizada a campo, contando solamente con una cartilla orientativa o incluso sin ella dependiendo de la experiencia del que evalúa. Se las clasifica mediante la observación de algunas áreas claves de la vaca, como la inserción de la cola y sus alrededores y zona lumbar de las costillas cortas (Rovira, 1996).

Machado et al. (2008) afirman que la medición de la condición corporal es fácil, rápida, sin costo y no invasiva. Debido a estas ventajas se ha utilizado como una medida indirecta de las reservas energéticas de los animales y en determinados momentos clave del ciclo de cría, como indicadora de su potencial reproductivo.

Por lo tanto, si la condición corporal al destete presentara suficiente variabilidad genética aditiva, y se encuentra genéticamente asociada a la eficiencia reproductiva, podría ser utilizada como un criterio para elegir aquellas hembras más eficientes, surgiendo como alternativa a otras características en estudio pero con mayor dificultad de medición.

Con respecto a la falta de DEP en caracteres reproductivos, Ravagnolo et al. (2013b), indican que actualmente se dispone de DEP para circunferencia escrotal como criterio de selección en precocidad y fertilidad. Si bien esta característica es de fácil medición, la misma es de uso limitado en cuanto a la mejora genética reproductiva de las hembras, siendo necesaria la generación de DEP para otras características reproductivas de mayor relevancia económica.

Dicho esto, a partir de este trabajo se propone evaluar si es posible usar la escala de condición corporal como indicadora de fertilidad de las vacas, y determinar si pueden generarse DEP's para seleccionar aquellos reproductores que mejor reflejen esta característica, adicionada a las características ya conocidas como peso adulto, peso al nacer, habilidad lechera y circunferencia escrotal, entre otras.

En cuanto a la heredabilidad de la condición corporal al destete, el valor observado es de magnitud media ( $h^2= 0.32$ ). Este dato es mayor al encontrado en publicaciones realizadas por Meyer (1993), en trabajos realizados en Australia, donde obtuvo una heredabilidad de 0.12 y 0.16 para las razas Hereford y Wokalpus, respectivamente.

Se superaron valores obtenidos en investigaciones realizadas por Johnston et al. (1996b), llegando a rangos de heredabilidad de 0.14 y 0.21 para vacas de las razas Angus, Hereford y Polled Hereford.

Resultados presentados por Arango et al. (2002), coinciden con los obtenidos, estimando una heredabilidad de 0.2 y 0.51 para vacas de diferentes razas de 2 a 8 años. El autor concluyó que hubo una gran variación encontrada según las distintas estaciones del año, lo que podría estar confirmando la incidencia del ambiente para los valores obtenidos de heredabilidad.

La heredabilidad obtenida, alienta a seguir con investigaciones orientadas a poder utilizar a la condición corporal al destete, para seleccionar aquellos animales superiores, obteniendo progresos genéticos a corto plazo, buscando mejorar el resultado económico de los predios.

Con respecto a la repetibilidad de la condición corporal al destete, es importante obtener valores altos para poder predecir con mayor exactitud el probable valor de cría de un individuo. La repetibilidad obtenida fue alta ( $r = 0.66$ ), siendo útil para estimar los valores de futuras producciones de los animales.

Si bien la heredabilidad estimada del peso vivo es alta ( $h^2 = 0,60$ ), la baja correlación genética entre ambas características ( $r_G = 0.14$ ) permitiría seleccionar animales por su alta performance reproductiva sin elevar demasiado el peso vivo de los animales.

Según Carriquiry y Meikle (2008), la selección de animales para mejorar caracteres de crecimiento trajo aparejado aumentos de requerimientos de mantenimiento, determinando mayores costos de producción, una menor eficiencia en uso de los recursos alimenticios, y un aumento potencial en problemas ambientales (heces, emisión de gases).

Pereira y Soca, citados por Lema y Ravagnolo (2008) indican que el avance genético en caracteres de crecimiento ha incidido en forma negativa en los indicadores reproductivos de los rodeos de cría, traduciéndose en el estancado porcentaje de destete, en promedio de 63%, por lo que esta baja correlación genética es de gran importancia para poder continuar con investigaciones.

A nivel nacional, se está trabajando en un programa llamado `cond Corp`, creado por Arotxarena e Irazabal de la Peña (2014) y mejorado por Azambuja et al. (2015), en el auxilio del diagnóstico de las condiciones corporales para las razas Angus, Hereford y sus cruza, siendo de gran importancia para la ganadería del país.

Dicho programa trabaja con imágenes tomadas de la vaca, permitiendo clasificar su condición corporal en el momento que el usuario le parezca oportuno.

De esta manera sería posible analizar las condiciones corporales de las vacas y tomar las decisiones, desde cualquier lugar. Este programa podría ser una excelente herramienta para poder obtener registros de condición corporal que sirvan para poder elegir aquellos mejores reproductores.

## 6. CONCLUSIONES

Fue posible estimar la heredabilidad y repetibilidad de la condición corporal y del peso vivo al destete, así como la correlación genética entre ambas características para las vacas de cría de la raza Aberdeen Angus del Uruguay.

Se logró determinar aquellas variables ambientales que inciden sobre la condición corporal: año de parto, mes de parto, alimentación de la vaca al destete, peso de la vaca al destete, edad de la vaca al destete y edad del ternero al destete

Los resultados de heredabilidad media para la condición corporal al destete obtenidos, así como su alta repetibilidad, sumado a la baja correlación genética con el peso vivo al destete, invitan a seguir realizando investigaciones para incluir la a esta característica dentro de los programas de mejoramiento genético nacional.

Esta investigación es útil como un punto de partida y, si bien aún queda un largo camino por recorrer, el uso de nuevas características que reflejen el desempeño reproductivo de los animales está cada vez más próximo.

## 7. RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estimar la heredabilidad y repetibilidad de la condición corporal al destete y la correlación genética de esta con el peso vivo al destete de las vacas, a partir de un registro de datos de la raza Aberdeen Angus del Uruguay. Los mismos fueron trabajados en planillas electrónicas en el período comprendido entre 1985 y 2016, con igual formato y estructura. Se utilizaron un total de 22.233 registros individuales de animales, representando un parto por registro, correspondientes a 11.358 vacas. Las variables estudiadas fueron: identificación, mes y año de nacimiento, edad de la madre, peso al nacimiento, mes y año de destete, edad al destete, peso al destete, alimentación y lote asignado hasta el destete, mes y año a los 18 meses, edad a los 18 meses, alimentación y lote asignado hasta los 18 meses, número de partos, mes y año de parición, edad de la vaca al parto, mes y año de destete del ternero, edad de la vaca al destete, edad del ternero al destete, alimentación y lote asignado desde el parto al destete, peso del ternero al destete, sexo del ternero y condición corporal de la vaca al destete. Se utilizó el procedimiento MIXED del programa SAS para realizar el análisis de varianza a modo de conocer el efecto de cada variable sobre la condición corporal al destete. Se corrieron tres modelos descartando para la estimación de los componentes de varianza aquellas variables que no tenían efectos significativos. Se trabajó con las variables; año de parto, mes de parto, alimentación de la vaca al destete, peso de la vaca al destete, edad de la vaca al destete y edad del ternero al destete. Los componentes de (Co)varianza fueron estimados mediante muestreo de Gibbs (Gibbs sampling) usando el software MTGSAM. La heredabilidad de la condición corporal y peso vivo al destete fue de 0.33 y 0.60, respectivamente. La repetibilidad fue de 0.66 para la condición corporal, siendo 0.68 para el peso vivo. La correlación genética entre ambas variables fue de 0.14. Estos resultados son alentadores y servirían como punto de partida para futuras investigaciones orientadas a encontrar características reproductivas que puedan ser incluidas dentro de un programa de mejoramiento genético.

Palabras clave: Condición corporal; Peso vivo destete; Heredabilidad; Características reproductivas.

## 8. SUMMARY

The objective of this research was to estimate the heritability and repeatability of the body condition score at weaning and the genetic correlation with live weight at weaning for cows from a data record of the Aberdeen Angus breed from Uruguay. Data was worked on electronic payrolls in the period between 1985 and 2016, with the same format and structure. A total of 22,233 individual records of animals were used, representing one birth per record, corresponding to 11,358 cows. The variables studied were: identification, month and year of birth, mother's age, birth weight, weaning month and year, weaning age, weaning weight, heard asignation and feeding until weaning, month and year at 18 months, age at 18 months, heard asignation and feeding up to 18 months, number of calving, month and year of calving, cow's age at calving, month and year of calf weaning; cow's age at weaning, calf's age at weaning, heard asignation and feeding from calving to weaning, calf's weight at weaning, calf's sex, body condition score of cow at weaning. The MIXED procedure of the SAS program was used to perform the analysis of variance in order to know the effect of each variable on body condition score at weaning. Three models were used for the estimation of the components of variance, discarding those variables that did not have significant effects over body condition score. The variables used where: year of calving, month of calving, feeding of cow at weaning, weight of cow at weaning, cow's age at weaning and calf's age at weaning. The (Co) variance components were estimated by Gibbs sampling using the MTGSAM software. The heritability of body condition score and live weight at weaning was 0.33 and 0.60, respectively. The repeatability was 0.66 for the body condition score, being 0.68 for the live weight. The genetic correlation between the two variables was 0.14. These results are encouraging and would serve as a starting point for future research aimed at finding reproductive traits that can be included in a breeding program.

Key words: Body condition score; Live weight weaning; Heritability; Reproductive characteristics.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, I.; Ravagnolo, O.; Pravia, M. I. 2005. Mejoramiento genético de ganado de carne. Revista ARU. no. 68: 50-53.
2. Arango, J.; Cundiff, L.; Van Vleck, L. 2002. Comparisons of Angus-, Braunvieh-, Chianina-, Hereford-, Gelbvieh-, Maine Anjou-and Red Poll-sired cows for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score. Journal of Animal Science. 80 (12): 3133-3141.
3. Arotxarena, A.; Irazabal, P. 2014. Clasificación guiada de imágenes para la determinación de la condición corporal en ganado Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 47 p.
4. Azambuja, N.; Carriquiry, G.; Pérez, M.; Sicardi, I. 2015. Validación y clasificación guiada de imágenes para la determinación de la condición corporal de ganado Aberdeen Angus y cruce Angus-Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 39 p.
5. Bourdon, R. 1997. Understanding animal breeding. New Jersey, Prentice Hall. 538 p.
6. Buxadé, C. 1995. Zootecnia; bases de producción animal. Madrid, Mundi-Prensa. t. 3, 362 p.
7. Cardellino, R.; Rovira, J. 1987. Mejoramiento genético animal. Montevideo, Hemisferio Sur. 253 p.
8. Carriquiry, M.; Meikle, A. 2008. Nuevas oportunidades para el área de cría: biotecnología molecular aplicada a la producción animal. In: Seminario de Actualización Técnica Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Genética y reproducción. Montevideo, INIA. pp. 47-51 (serie técnica no. 174).
9. Charfedinne, N. 2003. Economic aspects of defining breeding objectives in selection programmes. (en línea). Zaragoza, CIGEAM. pp. 9-17. Consultado 05 jun. 2016. Disponible en <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a43/00600461.pdf>

10. Charteris, P. 1995. Selection for beef cattle carcass and meat quality traits. Thesis Master of Agricultural Science in Animal Science. Massey, New Zealand. Massey University. 89 p.
11. 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. 191 p.
12. Dechow, C.; Rogers, G.; Klei, L.; Lawlor, T. 2003. Heritabilities and correlations among body condition score, dairy form and selected linear type traits. *Journal of Dairy Science*. 86 (6): 2235-2242.
13. Espasandin, A.; Ciria Ruggiero, M. 2008. Recursos genéticos y ambientes de producción en la cría vacuna. *In: Seminario de Actualización Técnica Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Genética y reproducción*. Montevideo, INIA. pp. 25-39 (serie técnica no. 174).
14. Fernandes, A.; Neves, H.; Carvalheiro, R.; Oliverira, J.; Queiroz, S. 2015. Body condition score of Nellore beef cows; a heritable measure to improve the selection of reproductive and maternal traits. *The Animal Consortium*. 9 (8): 1278-1284.
15. Hazel, L. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*. 28 (6): 476-490.
16. Johnston, D.; Bunter, K. 1996a. Days to calving in Angus cattle; genetic and environmental effects, and covariances with other traits. *Livestock Production Science*. 45: 13-22.
17. \_\_\_\_\_; Chandler, H.; Greaser, H. 1996b. Genetic parameters for cow weight and condition score in Angus, Hereford and Poll Hereford cattle. *Australian Journal Agricultural Research*. 47 (8): 1251-1260.
18. Jones, H. 1999. Genetic evaluation of Holstein Friesian sires for daughter condition score changes using a random regression model. *Animal Science*. 68: 467-476.
19. Koots, K.; Gibson, J.; Smith, C.; Wilton, J. 1994. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. *Heritability. Animal Breeding*. 62: 309-338.

20. 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). Genética y reproducción. Montevideo, INIA. pp. 40-46 (Serie Técnica no. 174).
21. Machado, R.; Correa, R.; Bergamaschi, M. 2008. Escore de condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. São Carlos, Brazil EMBRAPA Pecuária Sudeste. INFOTECA-E 16 p. (Circular Técnica no. 57).
22. Meyer, K. 1993. Estimates of direct and maternal correlations among growth traits in Australian beef cattle. *Livestock Production Science*. 38 (2): 91-105.
23. Newman, S.; Morris, N.; Baker, R. 1991. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand; breeding objectives. *Livestock Production Science*. 32 (2): 111-130.
24. Orcasberro, R. 1991. Estado corporal, control del amamantamiento y performance reproductiva en rodeos de cria. 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).
25. Piñeiro, J. 1992. Genetic improvement of hair sheep in the tropics. Rome, FAO. 168 p. (FAO Animal Production and Gealth Paper no. 101).
26. \_\_\_\_\_; Riveros, J. L. 2009. Herramientas de última generación para mejoramiento genético animal. *INIA Tierra Adentro*. no. 28: 42-45.
27. Ponzoni, R.; Newman, S. 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production*. 49: 35-47.
28. Pravia, M. I. 2004. Mejoramiento genético y selección en ganado de carne. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 10 abr. 2016. Disponible en [http://www.inia.org.uy/prado/2004/mejoramiento\\_genetico\\_y\\_seleccio.htm](http://www.inia.org.uy/prado/2004/mejoramiento_genetico_y_seleccio.htm)
29. \_\_\_\_\_; Ravagnolo, O.; Urioste, J.; Garrick, D. 2014. Identification of breeding objectives using a bioeconomic model for a beef cattle production system in Uruguay. *Livestock Science*. 160: 21-28.

30. Pryce, J.; Coffey, M.; Simm, G. 2000. The relationship between body condition score and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*. 84 (6): 1508-1515.
31. Quintans, G.; Velazco, J. I.; Roig, G. 2008. Genética y fertilidad; transitando un camino común. *In: Seminario de Actualización Técnica Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres)*. Genética y reproducción. Montevideo, INIA. pp. 9-10 (Serie Técnica no. 174).
32. Ravagnolo, O. 2003. Grasa y proteína en evaluación genética nacional Holando. *El País Agropecuario*. no. 9: 25-28.
33. \_\_\_\_\_; Ciappesoni, G.; Aguilar, I.; Pravia, M. I. 2005. Mejoramiento genético animal; herramienta para un crecimiento permanente. *Revista INIA*. no. 2: 6-9.
34. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; Montossi, F. 2012. Tecnologías de la información al servicio de la mejora genética animal; INIA desarrolló software SRGen para la cabaña nacional. *Revista INIA*. no. 31: 14-18.
35. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; Soares de Lima, J. 2013a. Avances en herramientas de selección para la cría; peso adulto, características reproductivas e índices de selección. *In: Seminario de Actualización Técnica Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres)*. Genética y reproducción. Montevideo, INIA. pp. 27-34 (serie técnica no. 208).
36. \_\_\_\_\_; Lema, M.; Goldberg, V. 2013b. Información objetiva para la selección de reproductores en razas carniceras. *Revista INIA*. no. 35: 9-13.
37. \_\_\_\_\_; Lema, M.; Soares de Lima, J.; Pravia, M. I.; Montossi, F. 2013c. Nuevas herramientas, nuevas decisiones de selección. *In: Seminario de Actualización Técnica Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres)*. Genética y reproducción. Montevideo, INIA. pp. 27-34 (Serie Técnica no. 208)
38. Rovere de Maio, G. A. 2010. Derivación de valor económico para características de producción y fertilidad en sistemas lecheros de base pastoril. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.
39. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 288 p.

40. Rust, T.; Groeneveld, E. 2001. Variance components estimation of female fertility traits in beef cattle. *South African Journal of Animal Science*. 31: 131-141.
41. Saravia, A.; César, D.; Montes, E.; Taranto, V.; Pereira, M. 2011. Manejo del rodeo de cría sobre campo natural. Montevideo, Plan Agropecuario. 74 p.
42. Silveira, D.; Souza, F.; Brauner, C.; Ayres, D.; Silveira, F.; Dionello, N.; Boligon, A. 2015. Body condition score of Nelore cows and its relation with mature size and gestation length. *Livestock Science*. 175: 10-17.
43. Simm, G.; Conington, J.; Bishop, S.; Dwyer, C.; Pattison, S. 1996. Genetic selection for extensive conditions. *Applied Animal Behaviour Science*. 49 (1): 47-59.
44. Urioste, J. 1995. Bases para la definición de objetivos de selección en ganado de carne. Facultad de Agronomía (Montevideo). *Notas Técnicas*. no. 37. 36 p.
45. \_\_\_\_\_.; Ponzoni, R.; Aguirrezabala, M.; Rovere, G.; Saavedra, D. 2002. Objetivos de selección para vacunos de carne en el Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 115-128.
46. \_\_\_\_\_.; Misztal, I.; Bertrand, J. 2007. Fertility traits in spring-calving Aberdeen Angus cattle; 1. Model development and genetic parameters. *Journal of Animal Science*. 85: 2854-2860.
47. \_\_\_\_\_. 2008. Evaluación genética por fertilidad; ¿es posible?. *Cangüé*. no. 30: 64-65.
48. \_\_\_\_\_. 2010. Programas de mejoramiento genético animal en Uruguay; logros y desafíos. *Agrociencia* (Montevideo). 14 (3): 3-10.
49. \_\_\_\_\_. 2013. Selección y reproducción en bovinos de carne. In: Seminario de Actualización Técnica Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Genética y reproducción. Montevideo, INIA. pp. 11-24 (Serie Técnica no.174).
50. Van Tassel, C. P.; Van Vleck, L. D. 1995, A manual for use of MTGSAM, a set of fortran programs to apply Gibbs sampling to animal models for variance component estimation. Lincoln, USDA. Agricultural Research Service. 86 p.

51. Veerkamp, R.; Koenen, E.; De Jong, G. 2001. Genetic correlations among body condition score, yield, and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. *Journal of Dairy Science*. 84 (10): 2327-2335.

10. ANEXOS

## ANEXO No. 1

Los siguientes cuadros presentan el análisis de varianza de los tres modelos evaluados para la condición corporal al destete en vacas de cría.

Cuadro 1. Modelo 1: análisis de varianza para la condición corporal al destete en vacas de cría.

<b>Efecto</b>	<b>Num DF</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
AÑOPARV	9	54.57	<.0001
MESPARV	11	17.5	<.0001
SEXOTER	1	0.17	0.6842
LOTEDTER	3	2.32	0.0735
ALIMDTER	7	9.51	<.0001
NUMPARTO	4	0.51	0.7277
PESOVDTT	1	6254.48	<.0001
EDADVDTT	1	304.23	<.0001
EDADTERDTT	1	15.55	<.0001
PDEST	1	0.1	0.7574

Cuadro 2. Modelo 2: análisis de varianza para la condición corporal al destete en vacas de cría.

<b>Efecto</b>	<b>Num DF</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
AÑOPARV	9	54.64	<.0001
MESPARV	11	17.74	<.0001
LOTEDTER	3	2.29	0.0761
ALIMDTER	7	9.66	<.0001
PESOVDTT	1	7586.48	<.0001
EDADVDTT	1	451.5	<.0001
EDADTERDTT	1	16.02	<.0001

Cuadro 3. Modelo 3: análisis de varianza para la condición corporal al destete en vacas de cría.

<b>Efecto</b>	<b>Num DF</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
AÑOPARV	9	55.31	<.0001
MESPARV	11	17.81	<.0001
ALIMDTER	7	9.81	<.0001
PESOVDTT	1	8050.71	<.0001
EDADVDTT	1	455.93	<.0001
EDADTERDTT	1	16.31	<.0001

A partir de los tres cuadros presentados, puede observarse como se fueron descartando aquellas variables cuyo efecto no era significativo sobre la condición corporal al destete de las vacas, llegando al modelo 3 que fue el utilizado para el resto del análisis.

Se muestra a continuación los rangos de valores de los parámetros de heredabilidad, repetibilidad y correlaciones genéticas estudiados.

Cuadro 4. Rangos de valores de heredabilidad

<b>Características</b>	<b>Heredabilidad</b>	
Reproductivas	Menor a 0.15	BAJA
Productivas	0.15 a 0.40	MEDIA
Calidad de producto	0.40 a 0.60	ALTA
Esqueléticas y anatómicas	Mayor a 0.60	MUY ALTA

Fuente: adaptado de Cardellino y Rovira (1987), Bourdon (1997)

Cuadro 5. Rangos de valores de repetibilidad

<b>Repetibilidad</b>	
Menor a 0.2	BAJA
0.2 – 0.40	MEDIA
> 0.40	ALTA

Fuente: adaptado de Cardellino y Rovira (1987), Bourdon (1997)

Cuadro 6. Valores de correlación genética

<b>Correlación</b>	
0	NO HAY CORRELACIÓN
0.4	CORRELACIÓN MEDIA
0.8	CORRELACIÓN ALTA

Fuente: adaptado de Cardellino y Rovira (1987), Bourdon (1997)