

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**ESTUDIO DE EFECTOS AMBIENTALES FIJOS EN EL MARCO DE LA
EVALUACIÓN GENÉTICA DE LA RAZA LIMOUSIN EN URUGUAY**

por

MARTÍNEZ BOGGIO, Guillermo Luis

TESIS DE GRADO presentada como uno
de los requisitos para obtener el título de
Doctor en Ciencias Veterinarias.

Orientación: Producción Animal

MODALIDAD Ensayo experimental

MONTEVIDEO

URUGUAY

2016

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa
Ing. Agr. Mario Lema

Segundo miembro (Tutor)
Ing. Agr. Olga Ravagnolo

Tercer miembro
Dra. Rosa Gagliardi

Cuarto miembro (Co-tutor)
Dr. Fernando Macedo

Quinto miembro (Co-tutor)
Dr. Rodrigo López

Fecha 19/12/2016

Autor
Br. Guillermo Martínez Boggio

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo incondicional durante toda la carrera.

A la Ing. Agr. Olga Ravagnolo por darme la oportunidad de realizar este trabajo, y guiarme a lo largo de la elaboración del mismo aportándome todo su conocimiento.

A los Dres. Rodrigo López y Fernando Macedo por su compromiso y dedicación para llevar adelante el trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) por permitirme la utilización de la base de datos de la raza y a la Sociedad de Criadores de Limousin del Uruguay por brindarme la información necesaria correspondiente a cada cabaña.

A las funcionarias de la Biblioteca de Facultad de Veterinaria por la disposición y colaboración en la búsqueda de materiales.

A Solana González del Departamento de Educación Veterinaria por la amabilidad y tiempo brindado para consultas referentes al trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	9
SUMMARY	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA	14
2.1.1. CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO	16
2.1.1.1. PESO AL NACIMIENTO	16
2.1.1.2. PESO AL DESTETE.....	17
2.1.1.3. PESO A LOS 15 Y 18 MESES	17
2.1.2. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA CANAL	18
2.1.2.1. ÁREA DE OJO DE BIFE.....	19
2.1.2.2. ESPESOR DE GRASA DORSAL.....	20
2.2. MODELO GENÉTICO BÁSICO	21
2.3. EVALUACIONES GENÉTICAS	23
2.4. EFECTOS AMBIENTALES	23
2.4.1. SEXO	24
2.4.2. EDAD DE LA MADRE.....	25
2.4.3. ÉPOCA DE NACIMIENTO.....	25
2.4.4. AÑO	26
2.4.5. CÓDIGO DE MANEJO Y LOTE	26
2.4.6. EDAD AL DESTETE	26
2.5. HERRAMIENTAS DE CORRECCIÓN PARA EFECTOS AMBIENTALES	27
2.5.1. GRUPOS CONTEMPORÁNEOS	27
2.5.2. FACTORES DE AJUSTE	28
2.6. PARÁMETROS GENÉTICOS POBLACIONALES	29
2.7. CONEXIÓN ENTRE RODEOS.....	29
3. OBJETIVOS.....	32

3.1. OBJETIVO GENERAL	32
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4.1. GENERALIDADES.....	33
4.2. ESTUDIO DE EFECTOS AMBIENTALES.....	35
4.3. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS	38
4.4. ESTUDIO DE CONEXIÓN ENTRE RODEOS.....	39
4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	39
5. RESULTADOS.....	41
6. DISCUSIÓN	50
7. CONCLUSIÓN	56
8. BIBLIOGRAFÍA	57

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Figura 1. Evolución del porcentaje de terneros de raza Hereford, Aberdeen Angus, otras y Holando registrados por año en Uruguay	11
Figura 2. Localización de los sitios de medición por ultrasonido en el animal vivo para las características de porcentaje de grasa intramuscular en la posición 1, área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal en la posición 2 y espesor de grasa en la cadera o P8 en la posición 3	19
Figura 3. Esquema de conexión entre las cabañas 1, 2 y 3, a partir de la utilización de diferentes toros denominados A, B, C, D, E y F	30
Figura 4. Total de datos al momento del inicio del trabajo sin edición, correspondiente a los años 2012, 2013 y 2014.	33
Figura 5. Distribución de edades al destete, previo y posterior a la edición de datos.	36
Cuadro 1. Efecto de diferentes razas bovinas paternas sobre el área de ojo de bife (AOB) expresado en cm ²	20
Cuadro 2. Efecto de diferentes razas bovinas paternas sobre la grasa subcutánea a nivel de la 12 ^a costilla (EGD) expresada en mm.	21
Cuadro 3. Clasificación y características generales de los efectos ambientales.	24
Cuadro 4. Cantidad de datos por año y sexo posterior al proceso de edición para las características PN, PD, P18, AOB y EGD.	34

Cuadro 5. Descripción de datos por año y sexo, posterior al proceso de edición para las características PN (kg), PD (kg), P18 (kg), AOB (cm ²) y EGD (mm), cada una con su correspondiente valor de media (\bar{x}) y desvío estándar (ds).....	34
Cuadro 6. Cantidad de datos agrupados en función de la edad de la madre al parto para las características PN, PD, P18, AOB y EGD.	37
Cuadro 7. Cantidad de datos agrupados en función de la edad de la madre al parto para las características PN (kg), PD (kg), P18 (kg), AOB (cm ²) y EGD (mm) con su correspondiente valor de media (\bar{x}) y desvío estándar (ds).....	37
Cuadro 8. Cantidad de datos aportados por cada cabaña y por año, correspondientes a las características PN, PD, P18 y AOB.	38
Cuadro 9. Análisis de varianza para la característica peso al nacimiento realizado mediante el procedimiento GLM.	41
Cuadro 10. Análisis de varianza para la característica peso al destete realizado mediante el procedimiento GLM.	42
Cuadro 11. Análisis de varianza para la característica peso a los 18 meses realizado mediante el procedimiento GLM.	43
Cuadro 12. Análisis de varianza para la característica área de ojo de bife realizado mediante el procedimiento GLM.	44
Cuadro 13. Análisis de varianza para la característica espesor de grasa dorsal realizado mediante el procedimiento GLM.	45
Cuadro 14. Estimaciones de h^2 para las características PN, PD y P18 obtenidas de la literatura.	47
Cuadro 15. Estimaciones de h^2 para las características AOBc y EGDc obtenidas de la literatura.	48

Cuadro 16. Estimaciones de correlaciones genéticas entre las características PN y PD, AOBc y EGDc obtenidas de la literatura.	48
Cuadro 17. Estimaciones de correlaciones genéticas entre las características PD y AOBc y EGDc, obtenidas de la literatura.	48
Cuadro 18. Estimaciones de correlaciones genéticas entre la característica AOBc y EGDc, obtenidas de la literatura.	49
Cuadro 19. Distribución de la progenie de toros con hijos en más de una de las cabañas participantes del estudio para los años 2012, 2013 y 2014.	49
Cuadro 20. Estimaciones de parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas) recomendados para realizar la evaluación genética de la raza Limousin.	54

RESUMEN

En Uruguay la carne bovina es uno de los principales productos agropecuarios de exportación, y es por ello que los programas de mejoramiento genético en razas carniceras han tomado relevancia. La raza Limousin desde el año 2012 se encuentra en proceso de desarrollo de su evaluación genética poblacional. Por dicho motivo, el objetivo general de este trabajo fue determinar el modelo de análisis a utilizar para realizar la evaluación genética de la raza Limousin. Para ello se plantearon cuatro objetivos específicos: 1) determinar los efectos ambientales fijos más relevantes para las características peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD), peso a los 18 meses (P18), área de ojo de bife (AOB) y espesor de grasa dorsal (EGD), 2) establecer la mejor forma de definir los grupos contemporáneos para realizar una correcta evaluación genética, 3) establecer los parámetros genéticos a utilizar en la evaluación genética, a partir de revisión bibliográfica, 4) determinar la existencia de conexión entre las cabañas participantes. El estudio fue realizado en el marco de la evaluación genética de la raza Limousin en Uruguay, llevada a cabo por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Facultad de Veterinaria (UdelaR) y la Sociedad de Criadores de Limousin del Uruguay (SCLU). Los datos fueron mediciones objetivas de las características PN (605 datos), PD (548 datos), P18 (229 datos), AOB (231 datos) y EGD (231 datos) para los años 2012, 2013 y 2014 y que correspondieron a cinco cabañas integrantes de la SCLU. El análisis estadístico fue realizado mediante el programa SAS (SAS, 2007). Con respecto a los resultados obtenidos, únicamente el modelo planteado para la característica PN explicó en bajo porcentaje su variabilidad, ya que las demás características presentaron valores de R^2 medios a altos (0,30 a 0,57). Todos los efectos ambientales fijos considerados presentaron un valor significativo ($p < 0,05$) al menos para una de las características estudiadas (PN, PD, P18, AOB y EGD). A partir del estudio se pudo concluir que 1) los efectos ambientales fijos más relevantes fueron sexo, cabaña, edad al destete y edad a los 18 meses, 2) los grupos contemporáneos deberían incluir animales de igual sexo, similar edad, pertenecientes a la misma cabaña y al mismo año, 3) los parámetros genéticos para la evaluación genética fueron los obtenidos de la bibliografía, 4) las cabañas 2 y 5 y 3 y 4 presentaron conexión entre sí a partir de un solo toro de referencia.

SUMMARY

Beef is one of the main agricultural products of export in Uruguay. As a result, genetic improvement programs in beef cattle have gained relevance. Evaluation of Limousin breed genetics has been in process of development since 2012. For this reason, the general purpose of this work was to determine the model of analysis to be used in the evaluation of Limousin cattle. Four specific goals were set: 1) to establish the most relevant fixed environmental effects on birth weight, weaning weight, weight at 18 months old, ribeye area and 12th-13th rib fat thickness 2) To establish the best way to define the contemporary groups to do the correct genetic evaluation 3) To establish the genetic parameters to be used in the genetic evaluation from the bibliographic research done 4) to determine the connection between beef producers taking part. The study was done within the genetic evaluation of beef cattle in Uruguay run by Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Facultad de Veterinaria (UdelaR) and Sociedad de Criadores de Limousin del Uruguay (SCLU). The data obtained correspond to objective measurements of the characteristics of birth weight (605 examples), weaning weight (548), weight at 18 months old (229), ribeye area (231) and 12th-13th rib fat thickness (231) for 2012, 2013 and 2014 from five beef producers members of SCLU. The statistical analysis was carried out by SAS 2012 program (SAS 2012). From the results it can be seen that only the weight at birth showed a low percentage of variation, while the other characteristics presented R² values from medium to high (0.30 to 0.57). All the fixed environmental effects considered demonstrated a significant value ($p < 0.05$) at least for one of the characteristics studied. In conclusion, 1) the most relevant fixed environmental effects were sex, herd, weaning age and age at 18 months, 2) contemporary groups should include animals of the same sex, similar age, belonging to the same herd and at the same year, 3) the genetic parameters for the genetic evaluation were those obtained from the bibliography, 4) herds 2 and 5 and 3 and 4 were connected to each other from a single reference bull.

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay el rodeo bovino cuenta con un total de 11.843.000 animales, distribuidos en 47.500 establecimientos agropecuarios dedicados a la actividad ganadera y agrícola-ganadera, con predominio de las razas Hereford y Aberdeen Angus. La carne bovina ocupa el segundo lugar en materia de productos agropecuarios de exportación (MGAP, 2016).

En base a los registros de terneros por raza ante el Sistema Nacional de Información Ganadera al año 2015, la raza Hereford representa un 45% de los registros, aunque ha sufrido un leve descenso como se presenta en la Figura 1. En segundo lugar se ubica la raza Aberdeen Angus la cual ha presentado un aumento, alcanzando el 33% de los terneros registrados, por detrás se ubica la raza Holando con un 7%. Mientras que otras razas componen el 15% restante, dentro del cual se encuentra la raza Limousin (SNIG, 2015).

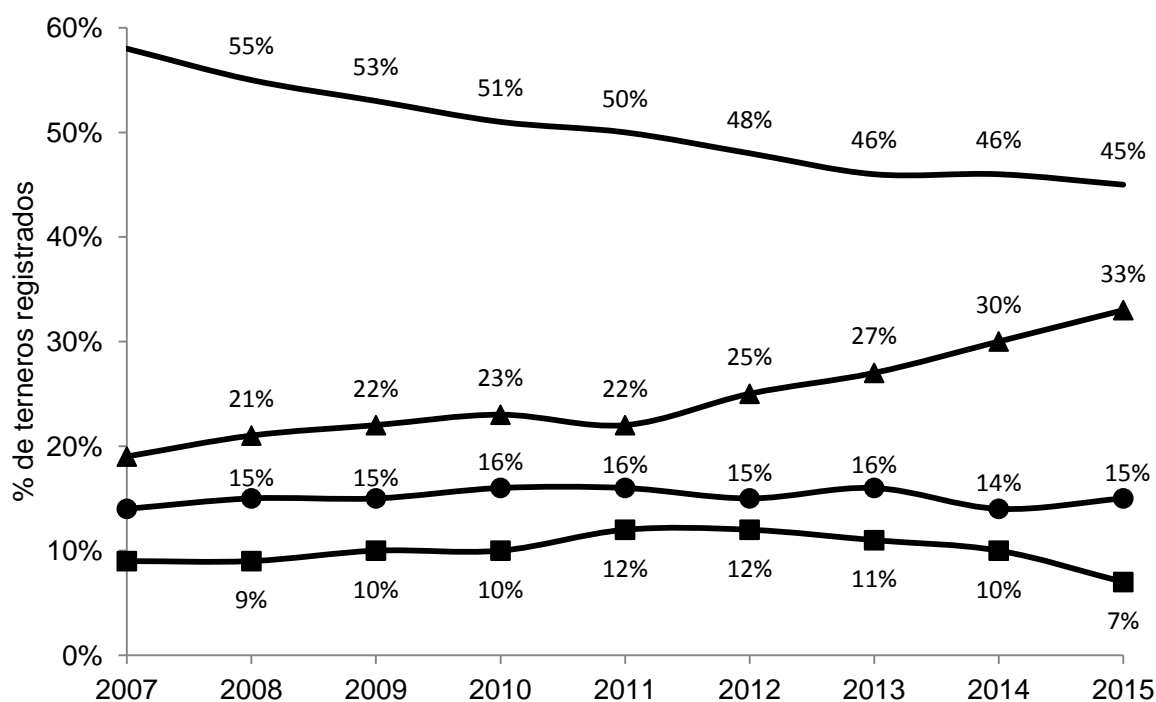


Figura 1. Evolución del porcentaje de terneros de raza Hereford (—), Aberdeen Angus (—▲—), otras (—●—) y Holando (—■—) registrados por año en Uruguay (modificado SNIG, 2015).

La raza Limousine es originaria de Francia, siendo conocida en los países del Río de la Plata por el nombre Limousin. En Uruguay se introduce en el año 1962, con el fin de realizar los primeros trabajos de cruzamientos con esta raza. El Dr. Jorge de Alba en 1964 manifestó que los animales Limousin estaban llamados a desempeñar un papel importante en la producción de carne, destacando su rápido crecimiento, su tamaño y uniformidad de líneas (Dutto, 2006). El desarrollo de dicha raza llevó a que en 1976 fuera fundada la Sociedad de Criadores, y que a la fecha se encuentre radicada de forma permanente en nuestro país.

Si bien la presencia de la raza Limousin en Uruguay es baja, los cabañeros tienen un interés particular en ella, dado que la misma se caracteriza por una importante capacidad de producción de carne magra y los animales presentan un tamaño corporal medio que les permite adaptarse a diversos sistemas de producción (Cundiff y col., 2001).

Para el desarrollo de la producción animal se deben considerar las características de cada raza, ya que componen uno de los pilares fundamentales de la producción como es la genética. Los otros tres pilares son la sanidad, la nutrición y la reproducción. Según Cardellino y Rovira (2011) la genética y su proceso de mejora tienen como objetivo cambiar genéticamente una población para llevarla hacia una dirección deseada, mediante el uso de la variación genética.

Los procesos de mejoramiento genético a nivel mundial utilizan las evaluaciones genéticas poblacionales, que se basan en la predicción del mérito genético de cada animal utilizando su información genealógica y productiva. Dichas evaluaciones a través de los años aportaron información para seleccionar reproductores y así lograr progreso genético.

A nivel nacional, se publicaron las primeras evaluaciones genéticas en 1993. A partir de esa fecha se verifica un aumento sostenido del número de cabañas y de animales que participan en las evaluaciones genéticas (Lema y col., 2013). Hasta el momento, las razas bovinas de carne que tienen su correspondiente evaluación genética poblacional son: Hereford, Aberdeen Angus y Braford (INIA, 2013), así como también la raza Brangus, con la excepción de que su información es procesada por la Universidad de Buenos Aires, y no por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) como sucede con las otras razas.

La Sociedad de Criadores de Limousin del Uruguay (SCLU) expresó su interés de contar con información objetiva de sus animales, dado que solamente disponen de registros productivos obtenidos de pruebas comparativas con otras razas (Santamarina, 1998), por lo que actualmente la raza se encuentra en proceso de desarrollo de su evaluación genética poblacional. A tales efectos, la Facultad de Veterinaria (UdelaR) e INIA comenzaron en 2012 a llevar los registros de peso al nacimiento, peso al destete, peso a los 18 meses, área de ojo de bife, espesor de grasa dorsal y espesor de grasa a nivel del punto P8 para las cabañas integrantes de la SCLU.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se presenta una revisión bibliográfica a los efectos de profundizar en ciertos conceptos como los caracteres de relevancia económica y criterios de selección, con especial énfasis sobre las características peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD), peso a los 15 y 18 meses (P15 y P18), área de ojo de bife (AOB) y espesor de grasa dorsal (EGD). También se presenta el modelo genético básico, y los efectos ambientales más importantes que inciden sobre la expresión de las características mencionadas. Los parámetros genéticos poblacionales y la conexión entre rodeos son otros de los elementos presentados, dada su relevancia al realizar una evaluación genética poblacional.

2.1. Características de importancia económica

La mejora de las características de importancia económica según Kluyts y col. (2003) debería ser la principal meta de cualquier programa de mejoramiento genético. Para su desarrollo se deben atravesar varias etapas. En primera instancia se encuentra la identificación de los objetivos de selección o características de importancia económica, para posteriormente a partir de ello, organizar los procesos de registro de información y las evaluaciones genéticas (Pravia, 2010).

Según Ponzoni y Newman (1989) existe un acuerdo general en que la definición de los objetivos y la elección de criterios de selección en base a ellos, es un elemento estructural clave en los programas de mejoramiento genético.

Los objetivos de selección son una combinación de características de importancia económica. Estas son características biológicas que tienen influencia sobre los ingresos y costos de un sistema productivo. Por ende, la decisión de cuales características incluir en el objetivo, está basada exclusivamente en motivos económicos, y no en la facilidad de medición, ni en el cambio genético que produciría su inclusión (Ponzoni y Newman, 1989).

Los objetivos de selección deben desarrollarse de una forma compatible con el sistema que se quiere mejorar genéticamente (Urioste y col., 1998). La información nacional e internacional presentada a continuación reafirma este concepto.

Según Bourdon y Golden (2000) para sistemas de producción de carne, las características más relevantes económicamente en orden decreciente fueron: supervivencia, fertilidad y longevidad, consumo de alimento, producto y costos no alimenticios. La importancia de estas dependerá del ambiente productivo, económico, prácticas de manejo y mérito genético del rodeo.

Urioste y col. (1998) estimaron los valores económicos de los principales caracteres identificados en los objetivos de selección para cuatro sistemas de producción de bovinos de carne en Uruguay. Las características fueron: tasa de destete, peso de venta, consumo de alimento y facilidad de parto (directa y materna).

A su vez, Pravia y col. (2014) identificaron las principales características económicamente relevantes de un sistema ganadero de ciclo completo en Uruguay. Los resultados encontrados son coincidentes con los hallazgos de Urioste y col. (1998), ya que las características reproductivas fueron las de mayor importancia. En orden decreciente se presentó el porcentaje de parición, el peso de la canal de novillos, el consumo de materia seca, el peso al destete materno y por último la facilidad de parto y peso al destete directo.

Por otro lado, se debe considerar que las características de relevancia económica pueden tener varias características indicadoras asociadas (Golden y col., 2000), y que estas serán las utilizadas como criterios de selección.

Los criterios de selección deben presentar una alta correlación genética con la característica del objetivo, así como poseer variación genética y ser de fácil medición. En varias ocasiones son utilizadas para la estimación de los valores de cría o las diferencias esperadas en la progenie de los animales (Ponzoni y Newman, 1989).

Las características indicadoras registradas por Facultad de Veterinaria (UdelaR) e INIA en una primera etapa para los animales de la raza Limousin son características de crecimiento y de calidad de la canal.

2.1.1. Características de crecimiento

En nuestro país las características de crecimiento fueron las primeras en registrarse por parte de los productores, debido a su facilidad de medición. Los pesos pueden ser registrados en distintos momentos de la vida del animal, como al nacimiento, al destete y al año (Pravia, 2010).

La facilidad de medición radica en que como mencionan Graser y col. (2005) todas las características de crecimiento se miden a través del pesaje de los animales, habitualmente mediante el uso de balanzas electrónicas.

La relevancia de su registración e inclusión en las evaluaciones genéticas, es que el peso y la ganancia de peso medidos en diferentes intervalos de tiempo permiten evaluar la capacidad de adaptación de los animales a los sistemas de producción (Melucci y col., 2005).

A su vez, Cundiff y col. (2010) sostienen que la tasa de crecimiento y la eficiencia de ganancia de peso tienen gran importancia a nivel de la industria cárnica, dado que ambas presentan un efecto directo sobre el rendimiento neto. Por lo tanto, los productores al mejorar las características de crecimiento podrían registrar un beneficio económico.

2.1.1.1. Peso al nacimiento

Los primeros datos que se pueden coleccionar en la vida de un animal son la facilidad de parto y el peso al nacimiento (NBCEC, 2010). Esta última característica debe ser medida dentro de las 24 horas de nacido el animal, y la recomendación es que los animales muertos también sean medidos (Graser y col., 2005). El peso al nacimiento es una característica importante, ya que define la vitalidad y el potencial de crecimiento de los animales. En tanto, Cundiff y col. (2010) mencionan que la selección de animales únicamente por bajo peso al nacer podría reducir la viabilidad y la tasa de crecimiento pre-destete. El peso al nacer es registrado no porque sea una característica que genere mayores o menores ingresos al productor comercial, sino porque la misma permite estimar el mérito genético de otras características como la tasa de crecimiento y la facilidad de parto (Golden y col., 2000). Cundiff y col. (2010) determinaron que el peso del ternero al nacimiento en relación con el

peso de la madre es un buen indicador de la dificultad al parto. Se utiliza como indicador en las evaluaciones genéticas, en ausencia de la característica facilidad de parto.

2.1.1.2. Peso al destete

El destete es el momento en que se separa de forma definitiva al ternero de su madre. Es una etapa clave tanto para la madre, que termina la lactancia, como para el ternero, que comienza a depender exclusivamente de la alimentación que se le suministre (Rovira, 1996). Los animales deberían ser pesados cuando el promedio de edad del grupo se encuentra cerca de los 205 días, siendo la recomendación general de que todos los terneros estén entre los 160 a 250 días de vida (Cundiff y col., 2010). En concordancia con esto, Graser y col. (2005) definen que la medición del peso al destete debería ser a los 200 días de vida aproximadamente. Maggi y Warren (2002) establecen que el peso al destete está determinado por el peso al nacimiento y la ganancia diaria promedio lograda desde el nacimiento hasta el destete. Dicha ganancia depende de la habilidad propia del ternero para crecer, así como de la leche que obtuvo de su madre, siendo clave el ambiente materno en esta etapa de la vida del animal. Resaltando este último concepto, Rovira (1996) sostiene que en términos generales, 50% de la variación del peso al destete de los terneros con 180 días de edad, se explica por la variación del consumo de leche. El peso al destete directo, se caracteriza por ser una medida del potencial de crecimiento que tiene el animal hasta el destete. Mientras que el peso al destete materno, es una medida de la habilidad lechera de la madre.

2.1.1.3. Peso a los 15 y 18 meses

Los pesos pos-destete son características importantes dado que reflejan la capacidad de crecimiento que tiene el animal luego de ser separado de su madre (Ravagnolo y col., 2014). Para nuestra región son más utilizadas las medidas de P15 y P18 que el peso al año. Debido a que en general los sistemas de producción de carne presentan como tapiz vegetal predominante el campo natural, y en dichas condiciones los animales presentan pesos similares al destete y al año, el P15 y P18 representan una importante alternativa como medida de crecimiento. Con relación al momento de medición de las características de crecimiento posteriores al año de

edad o denominada por Cundiff y col. (2010) como peso al año largo, se deberían medir los animales a los 452 y 550 días de edad promedio. El peso al año largo presenta una asociación genética importante con la eficiencia en la ganancia de peso (Cundiff y col., 2010), esto reafirma la relevancia de las características en cuestión.

2.1.2. Características de calidad de la canal

La calidad de la canal puede determinarse mediante ultrasonido en el animal vivo o a nivel de planta de faena sobre la carcasa.

Dartayete (2005) menciona que el desarrollo de técnicas de ultrasonografía, permiten tomar medidas en animales vivos, superando así las dificultades de la recolección de datos en la faena. Dichas dificultades eran el número elevado de animales, generalmente medio-hermanos entre sí, que se debían sacrificar y la infraestructura necesaria a nivel de frigorífico para el estudio y colección de registros.

Los registros obtenidos del animal mediante la exploración por ultrasonido en tiempo real, debe ser realizada por técnicos acreditados. Las cuatro características comúnmente registradas son: espesor de grasa entre la 12^a-13^a costilla, espesor de grasa en el sitio P8, área de ojo de bife entre la 12^a-13^a costilla y porcentaje de grasa intramuscular entre la 12^a-13^a costilla (Graser y col., 2005, NBCEC, 2010).

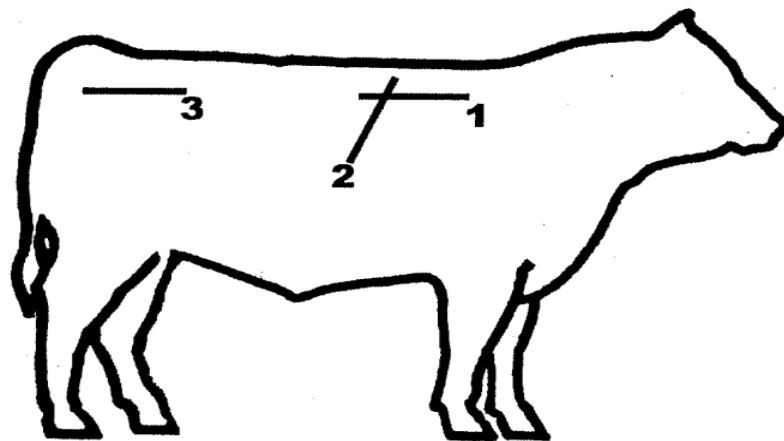
Los caracteres de la canal son medidos al mismo tiempo que se registra el peso posterior al año de edad (Graser y col., 2005), generalmente coincide con el P18. Sin perjuicio de lo anterior, NBCEC (2010) sostiene que cada asociación tiene sus propias especificaciones para definir el momento de la recolección de estos datos. En general, los toros destinados a pruebas de ganancia son medidos alrededor del año de vida.

Las características que determinan la calidad de la canal presentan una alta variabilidad y son el resultado de la interacción de un elevado número de factores, tales como el peso, la raza, el sexo y la alimentación (Abreu y col., 2007).

Con relación a la relevancia de la medición, Urioste y col. (1998) no incluyeron las características de carcasa en la definición de los objetivos de selección para cuatro

distintos sistemas de producción a pesar de su importancia, debido a que el sistema de fijación de precios en Uruguay no las considera.

En relación a lo anterior, en Uruguay el principal sistema de comercialización de carne vacuna desde el productor a la industria, se basa en el pago por peso de canal caliente (PCC) o peso en segunda balanza. Dicho peso es el resultante de la res luego de extraídos el cuero, la cabeza, las vísceras y cierta proporción de grasa en exceso (Soares de Lima, 2009).



Cundiff y col., 2010.

Figura 2. Localización de los sitios de medición por ultrasonido en el animal vivo para las características de porcentaje de grasa intramuscular en la posición 1, área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal en la posición 2 y espesor de grasa en la cadera o P8 en la posición 3 (Cundiff y col., 2010).

2.1.2.1. Área de ojo de bife

Dartayete (2005) definió el área de ojo de bife como la superficie transversal del músculo Longissimus dorsi a nivel del cuarteo de la media res faenada, pudiendo ser medida en el animal vivo por medio de ultrasonido de tiempo real o en la carcasa. Con relación a los registros de AOB se expresan en centímetros cuadrados (cm²). En el animal vivo, los principales puntos de medición de los cuales se obtiene una imagen transversal de la sección del músculo Longissimus dorsi son los espacios intercostales 10°-11° y 12°-13° (Dartayete, 2005). En acuerdo con esto, Cundiff y col. (2010) mencionan que el transductor de ultrasonido debe ser colocado en la posición

2 (Figura 2), a nivel del espacio entre las costillas 12^a y 13^a. Melucci y col. (2005) expresan que el AOB es una de las características de la res más importantes que se pueden determinar ecográficamente, y a su vez es una buena ayuda para predecir la cantidad de músculo que posee el animal. Es una característica indicadora del rendimiento carnicero y se encuentra asociada al peso final y peso de la canal. Por ende la medición por ultrasonido del AOB y EGD podría ser utilizada junto al peso vivo para seleccionar con precisión a los mejores animales jóvenes del rodeo (Johnson y col., 1993). El Cuadro 1 presenta para las razas continentales (Limousin y Charolais) valores de AOB más altos que para las razas británicas (Red Poll, Hereford y Aberdeen Angus), siendo la diferencia entre dos razas representantes de cada grupo, como Limousin y Hereford, de 18,6 cm² en favor de la primera.

Cuadro 1. Efecto de diferentes razas bovinas paternas sobre el área de ojo de bife (AOB) expresado en cm².

Raza paterna	AOB
Red Poll	69,4
Hereford	67,9
Aberdeen Angus	68,1
Limousin	86,5
Braunvieh	85,2
Pinzgauer	79,1
Gelbvieh	83,7
Simmental	81,0
Charolais	80,6

Modificado: Gregory y col., 1994a

2.1.2.2. Espesor de grasa dorsal

Abreu y col. (2007) definen el espesor de grasa subcutánea dorsal como la grasa de cobertura que recubre la canal, con la función de aislamiento térmico. Con relación a los registros de espesor de grasa dorsal se expresan en milímetros (mm). Esta característica es medida por ecografía entre la 12^a-13^a costilla sobre el costado izquierdo del animal (Dartayete, 2005, Melucci y col., 2005). Cundiff y col. (2010)

mencionan que la medición del EGD se realiza con la misma imagen obtenida que para el AOB, en la posición 2 (Figura 2). Las razas continentales como Limousin y Charolais, que presentan crecimiento rápido, mayor tamaño en la madurez y carcasas más magras que las razas británicas, presentan valores bajos para esta característica (Abreu y col., 2007). En el Cuadro 2 se reafirma dicho concepto, al presentarse una diferencia de 7,4 mm en favor de la raza Hereford en comparación con la raza Limousin.

Cuadro 2. Efecto de diferentes razas bovinas paternas sobre la grasa subcutánea a nivel de la 12^a costilla (EGD) expresada en mm.

Raza paterna	EGD
Red Poll	7,6
Hereford	11,6
Aberdeen Angus	11,8
Limousin	4,2
Braunvieh	4,6
Pinzgauer	4,3
Gelbvieh	3,6
Simmental	3,9
Charolais	3,7

Modificado: Gregory y col., 1994b

2.2. Modelo genético básico

Bourdon (1997) menciona que para realizar selección por características poligénicas, es necesario contar con la identificación de los valores de cría para los caracteres de interés, ya que a partir de los mismos se seleccionarán aquellos animales con los mejores valores.

El valor de cría (A) es la única porción del valor genotípico que es transmisible a la progenie, y para obtener A es necesario el planteamiento de un modelo matemático (Bourdon, 1997). A partir del valor de A es que se obtiene la diferencia esperada en la progenie (DEP), ya que se caracteriza por ser la mitad del valor de cría.

Según Cardellino y Rovira (2011) el modelo genético básico individual se expresa en el siguiente modelo lineal, bajo el supuesto de que no existe interacción genotipo-ambiente:

$$P = G + E$$

Donde P es el fenotipo, G es el genotipo y E es el efecto ambiental. Si se descompone el genotipo, el modelo se expresa de la siguiente forma:

$$P = (A + D + I) + E$$

Donde A es el valor aditivo o valor de cría, y los efectos no aditivos son dominancia (D) y epístasis (I).

Con referencia al modelo planteado, Cundiff y col. (2010) sostienen que no toda superioridad o inferioridad fenotípica para un carácter se debe enteramente al genotipo, debido a que el fenotipo del individuo es el resultado de su genotipo expresado según el medio ambiente en que se encuentra.

La existencia de variación genética es el principio básico que permite realizar selección y por consiguiente lograr progreso genético (Mernies y col., 2014). Como medida de dicha variación, cuando se trabaja con poblaciones animales se utiliza la varianza (V), ya que expresa la variabilidad de la población.

El modelo genético básico poblacional se presenta a continuación bajo el supuesto de que no existe interacción genotipo-ambiente:

$$VP = VG + VE$$

Donde VP es la varianza fenotípica, VG es la varianza genética y VE es la varianza ambiental. Si descomponemos VG, el modelo queda planteado de la siguiente forma:

$$VP = (VA + VD + VI) + VE$$

Donde VA es la varianza aditiva o varianza de los valores de cría, VD es la varianza de dominancia y VI es la varianza epistática.

2.3. Evaluaciones genéticas

Cuando se realiza una evaluación genética, lo que se busca determinar es el componente genético del animal mediante la neutralización de los efectos ambientales. De esta forma se pueden seleccionar los individuos más aptos, ya que el componente genético, y más específicamente el valor de cría es lo que se transmite a la próxima generación.

Los elementos fundamentales para una evaluación son los registros individuales y los parámetros genéticos para las características de interés. Lema y col. (2013) entienden que los registros comprenden la información de identificación individual, genealógica y productiva de los animales. Según NBCEC (2010) la precisión de los registros es crítica para el resultado de las evaluaciones.

Cundiff y col. (2010) sostienen que la premisa básica para realizar una evaluación genética debe ser que la evaluación de cada animal debería basarse en el desempeño del mismo en comparación a los compañeros de rodeo, siempre bajo condiciones ambientales comparables.

Las DEP's son el resultado de las evaluaciones genéticas (Lema y col., 2013), y son la herramienta más importante con la que se cuenta para seleccionar los reproductores, dado 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). Estos se expresan como desvíos positivos o negativos en relación a dicho promedio (Lema y col., 2013).

2.4. Efectos ambientales

El ambiente son todas aquellas condiciones externas (no genéticas) que influyen sobre la reproducción, producción y composición de la canal del ganado (Cundiff y col., 2010).

Falconer y Mackay (1989) sostienen que la varianza ambiental en términos poblacionales representa la variación de origen no genético, la cual puede tener su origen en una gran variedad de causas. La influencia del ambiente dependerá de la característica analizada, ya que algunas presentan mayor efecto del ambiente que otras.

Los caracteres en estudio (PN, PD, P18, AOB y EGD) son características poligénicas influenciadas de forma importante por el ambiente y con una distribución normal debido a su variación continua (Cardellino y Rovira, 2011).

Cuadro 3. Clasificación y características generales de los efectos ambientales.

Efectos ambientales		Características
FIJOS	Predecibles	Son cuantificables, ajustables y ocurren de forma sistemática. Ejemplo: Sexo, edad de la madre, época de nacimiento.
	No predecibles	Son cuantificables y no predecibles. Ejemplo: Año, código de manejo, lote.
ALEATORIOS	Permanentes	Actúan durante toda la vida del animal, alterando su desempeño. Ejemplo: Pérdida de un cuarto de la ubre en una vaca lechera.
	Temporarios	Afectan puntualmente a un valor u observación del animal. Ejemplo: Errores de medición.

Modificado: Mernies y col., 2014

En las siguientes secciones se desarrollaran los efectos ambientales fijos (Cuadro 3) que deberían ser considerados para evaluar el potencial genético de los individuos para las características presentadas de crecimiento y calidad de la canal.

2.4.1. Sexo

El sexo influye sobre la curva de crecimiento de los animales, por lo tanto si bien no es un factor ambiental, su efecto debe ser considerado al evaluar genéticamente animales por su potencial de crecimiento (Oleggini y Ravagnolo, 1995). En acuerdo con esto, Álvarez (2012) menciona que el estatus sexual de los animales influye sobre la tasa de crecimiento y la composición corporal.

Como antecedentes del efecto del sexo, se presentan a continuación los resultados de algunos estudios internacionales.

En bovinos el peso vivo al destete es mayor para los machos que para las hembras. Simcic y col. (2006) en un trabajo con 479 animales de raza Charolais y Limousin, encontraron que los machos (263,7 kg) eran al destete 7,7% más pesados que las hembras (243,3 kg).

Long y Gregory (1975) sostienen que las diferencias en la ganancia de peso post-destete entre novillos y vaquillonas se debería a que los machos son más pesados al destete.

A su vez, Winroth (1990) citado por Oleggini y Ravagnolo (1995) en un estudio de efectos ambientales con 81.619 datos de cuatro razas, constató que el efecto del sexo del ternero sobre el peso vivo (peso al nacer, al destete y al año) fue significativo para todas las razas y pesos.

Por otro lado, para las características de calidad de la canal los toros presentan valores más altos de AOB que los novillos y las vaquillonas, estas últimas a su vez presentaron mayores niveles de engrasamiento (Hedrick y col., 1969).

2.4.2. Edad de la madre

Las vacas influyen en el crecimiento del ternero hasta el destete tanto por los genes transmitidos como así también por el ambiente materno proporcionado. Los cambios en el tamaño, el peso y la función fisiológica que acompañan el envejecimiento de las madres, se podría esperar que tengan un efecto directo sobre los animales en desarrollo (Koch y Clark, 1955).

Oleggini y Ravagnolo (1995) mencionan que los resultados de los diversos trabajos que han estudiado el efecto de la edad de la madre sobre el crecimiento post-destete, se caracterizan por presentar una marcada divergencia.

Gregory y col. (1978) presentaron efectos significativos de la edad de la madre sobre el peso de carcasa, grado de calidad, espesor de grasa dorsal, porcentaje de carne comestible y grasa de recorte.

2.4.3. Época de nacimiento

Con respecto al efecto de la época de nacimiento de los animales, en un trabajo realizado por Koch y Clark (1955) con animales de la raza Hereford, los terneros

nacidos mas tarde en la estación de parto fueron ligeramente más pesados al nacer. Se menciona que la diferencia podría deberse a una mejor calidad de pasturas o posiblemente a la variación en el largo de gestación de la madre.

El mes de nacimiento es un factor relevante para el análisis de la característica peso al destete, principalmente cuando el periodo de parición es prolongado, la fecha de destete es fija y los animales son criados en condiciones de campo natural (Maggi y Warren, 2002).

Oleggini y Ravagnolo (1995) en un estudio sobre crecimiento pos-destete de la raza Aberdeen Angus en Uruguay, sostienen que el efecto rodeo-año-estación de nacimiento es uno de los factores más importantes a considerar para el análisis.

2.4.4. Año

El efecto año es importante, ya que cada año al presentarse características particulares se genera un efecto diferente sobre el desempeño de los animales. En condiciones climáticas extremas (sequías o inundaciones) este efecto se hace más evidente.

El año está influenciado por varios factores como son la cantidad y distribución de las precipitaciones, temperatura, manejo, sanidad, entre otros (Maggi y Warren, 2002).

2.4.5. Código de manejo y lote

El efecto código de manejo hace referencia a los diferentes regímenes de alimentación a los cuales se somete a un grupo de animales. El nivel nutricional ofrecido a los animales es fundamental, ya que podría generar un efecto positivo o negativo en la expresión del genotipo del animal.

El lote se refiere al potrero asignado para un grupo de animales dentro de cada código de manejo. Es necesario aclarar que por cada código pueden existir varios lotes.

2.4.6. Edad al destete

No es un efecto ambiental en sí mismo, sin embargo al momento de analizar la característica peso al destete, es fundamental realizar el ajuste por edad. Esto se

debe a que los animales destetados a edades superiores, presentan una mayor oportunidad de desarrollo y crecimiento que el resto de los animales evaluados.

Cundiff y col. (2010) recomiendan para la comparación de animales por su correspondiente peso al destete, debería estandarizarse el PD a los 205 días de edad promedio. Para realizar el ajuste por edad los animales deben presentar entre 160 a 250 días de vida.

2.5. Herramientas de corrección para efectos ambientales

Existen diferentes formas de corrección por efectos ambientales, entre ellas se encuentran los grupos contemporáneos y los factores de ajuste. Estas permiten cuantificar los efectos ambientales que están actuando, y así otorgar a los animales la misma oportunidad de expresar su genotipo. La herramienta a utilizar dependerá del tipo de efecto ambiental que se quiera corregir.

2.5.1. Grupos contemporáneos

Los grupos contemporáneos (GC) permiten neutralizar los efectos fijos no predecibles que podrían actuar sobre el desempeño de los animales.

NBCEC (2010) menciona que el ambiente al que está expuesto un ternero puede tener un efecto importante sobre las características de relevancia económica. Mediante el uso de los grupos contemporáneos podemos diferenciar los efectos genéticos de los ambientales.

Un GC es un grupo de animales de la misma composición racial y sexo, similares edades y sometidos a iguales condiciones de manejo (Cundiff y col., 2010), así como también pertenecientes a un mismo establecimiento o cabaña.

Según Cundiff y col. (2010) para el armado de los grupos contemporáneos se deben definir reglas que permitan agrupar a los animales de forma correcta. La agrupación debería ser de acuerdo a la raza, rodeo, sexo, rango de edad entre el animal más joven y aquel de mayor edad del grupo, y efectos asociados al manejo realizado por el productor.

En la práctica, la agrupación de animales no es sencilla, y se comenten errores como el armado de pocos GC, que no permiten englobar a la totalidad de animales

con manejo diferencial, o se definen una excesiva cantidad de GC (Cundiff y col., 2010). Con relación a esto, para la evaluación genética de la raza Limousin se sugirió a los cabañeros que los grupos fueran conformados como mínimo por 5 animales y con 2 padres diferentes (López, comunicación personal).

NBCEC (2010) sostiene que un ajuste por grupos contemporáneos inadecuado podría sesgar las evaluaciones genéticas.

2.5.2. Factores de ajuste

Para dar cuenta de los efectos ambientales fijos que presentan una influencia conocida o predecible, los investigadores desarrollaron factores de ajuste matemáticos. Dependiendo del tipo de efecto que se deba ajustar, se podría utilizar factores de ajustes aditivos o multiplicativos.

Los factores de ajuste aditivo son utilizados cuando la variancia no aumenta con la media, ya que la adición de valores modifica mucho menos la variancia original que la multiplicación. Como condición se establece su uso cuando las clases presentan medias diferentes pero varianzas semejantes.

Cuando la varianza aumenta con el promedio del grupo, son más apropiados los factores de ajuste multiplicativos, es decir que se aplican cuando las clases presentan medias diferentes y varianzas diferentes.

Bourdon (1997) menciona que el peso al destete en bovinos para carne es un ejemplo de característica que requiere de procedimientos de ajuste matemático, ya que permite dar cuenta de efectos ambientales conocidos que influyen sobre la misma, como la edad al destete y edad de la madre al parto.

Por otro lado, para la edad al destete se utilizan factores de ajuste por regresión, ya que es un efecto que causa variación ambiental en características que se expresan durante periodos de tiempo, pero en las que las comparaciones entre animales se realizan a un tiempo fijo (Mernies y col., 2014).

2.6. Parámetros genéticos poblacionales

Como se ha mencionado, las evaluaciones genéticas se hacen posibles mediante el registro de las características a mejorar genéticamente en una población animal y la estimación de los parámetros genéticos poblacionales.

Los parámetros genéticos como heredabilidad, repetibilidad y correlación genética, son variables genéticas que identifican a una población para un determinado carácter poligénico. Dichos parámetros son una propiedad de la población en un momento específico.

La heredabilidad (h^2) de un carácter cuantitativo es el parámetro genético de mayor importancia, ya que determina la estrategia a emplearse en el mejoramiento de dicha característica (Cardellino y Rovira, 2011). El mismo expresa cuanto de la superioridad de los padres será transmitida a su descendencia.

Cardellino y Rovira (2011) sostienen que la repetibilidad se puede definir como la correlación entre medidas repetidas de un mismo animal, realizadas en diferentes momentos de su vida. Este parámetro se estima para aquellas características que pueden presentar varias medidas a lo largo de la vida del animal.

Las correlaciones miden el grado de asociación entre dos características en una población. Por ende la correlación genética cuantifica el grado de asociación entre los valores de cría de una característica "x" y los valores de cría de una característica "y" (Mernies y col., 2014).

2.7. Conexión entre rodeos

Previamente en esta revisión se hizo mención sobre los grupos contemporáneos, los cuales permiten comparar animales dentro de un mismo rodeo, pero no realizar comparaciones de animales que pertenezcan a distintos rodeos o cabañas.

Las comparaciones de animales de diferentes rodeos se basan en el concepto de que un toro le transmite la misma información genética a su descendencia independientemente del rodeo donde se encuentre. Por lo que las diferencias entre grupos de hijos de un mismo toro en dos rodeos distintos, se deben a diferencias ambientales y no de tipo genéticas. Esto nos da puntos de referencia para la comparación entre rodeos. Ciappesoni (2014) afirma que de no existir este punto de

referencia se confundirían los efectos ambientales y genéticos, y no se podría realizar una comparación justa entre animales de diferentes cabañas.

Dicho punto de referencia, es conocido como animal de referencia o conexión, y es aquel que posee progenie con registros productivos en más de una cabaña o año, permitiendo realizar comparaciones entre animales de diferentes cabañas o años (Ciappesoni, 2014).

En la Figura 4 se presenta un esquema de conexión entre cabañas, donde suponemos que los toros no están emparentados entre sí. El toro A tiene hijos en las cabañas 1 y 2, quedando estas conectadas. Por el contrario, la cabaña 3 queda desconectada del resto, dado que presenta hijos de los toros E y F.

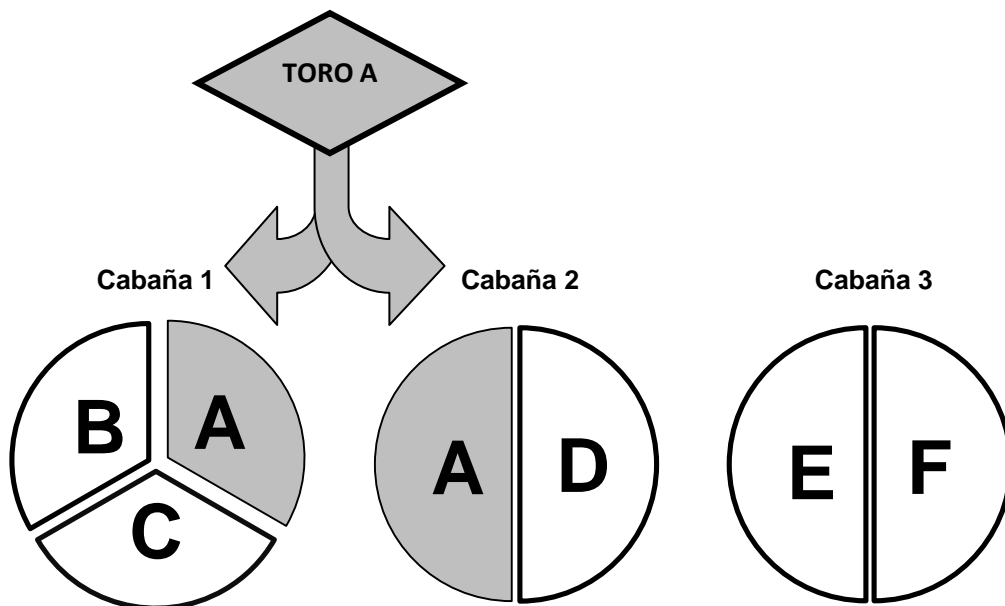


Figura 3. Esquema de conexión entre las cabañas 1, 2 y 3, a partir de la utilización de diferentes toros denominados A, B, C, D, E y F (modificado Ciappesoni, 2014).

Los toros de referencia podrían ser utilizados específicamente para este fin, o incorporar a un rodeo un toro que este bien representado en muchas genealogías (Garrick, 2010). La inseminación artificial es una herramienta valiosa para lograr la conexión de distintas cabañas.

Garrick (2010) establece que cuando dos cabañas están conectadas por un toro en común, legítimamente se puede hacer la comparación de un animal con otro, donde la fuerza de la comparación estará determinada por la calidad de la conexión.

El grado de conexión es una medida estadística, no genética. Como medida existe el índice de conectabilidad, que refleja de forma objetiva el grado de conexión de una cabaña con otra. A mayor índice la comparación entre cabañas será más precisa (Ciappesoni, 2014).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar el modelo de análisis a utilizar en cada característica para realizar la evaluación genética poblacional de la raza Limousin.

3.2. Objetivos específicos

Determinar los efectos ambientales fijos más relevantes para las características peso al nacimiento, peso al destete, peso a los 18 meses, área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal.

Establecer la mejor forma de definir los grupos contemporáneos para realizar una correcta evaluación genética.

Establecer los parámetros genéticos a utilizar en la evaluación genética, a partir de revisión bibliográfica.

Determinar la existencia de conexión entre las cabañas participantes.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Generalidades

El estudio fue realizado en el marco de la evaluación genética de la raza Limousin en Uruguay, llevada a cabo por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Facultad de Veterinaria (UdelaR) y la Sociedad de Criadores de Limousin del Uruguay (SCLU).

Los datos fueron aportados por cinco cabañas integrantes de la SCLU, y procesados e incorporados a la base de datos por el INIA y Facultad de Veterinaria (UdelaR). Como se presenta en la Figura 4, los datos fueron mediciones objetivas de toritos y vaquillonas, correspondientes a los años 2012, 2013 y 2014, para las siguientes características: peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD), peso a los 18 meses (P18), área de ojo de bife (AOB) y espesor de grasa dorsal (EGD).

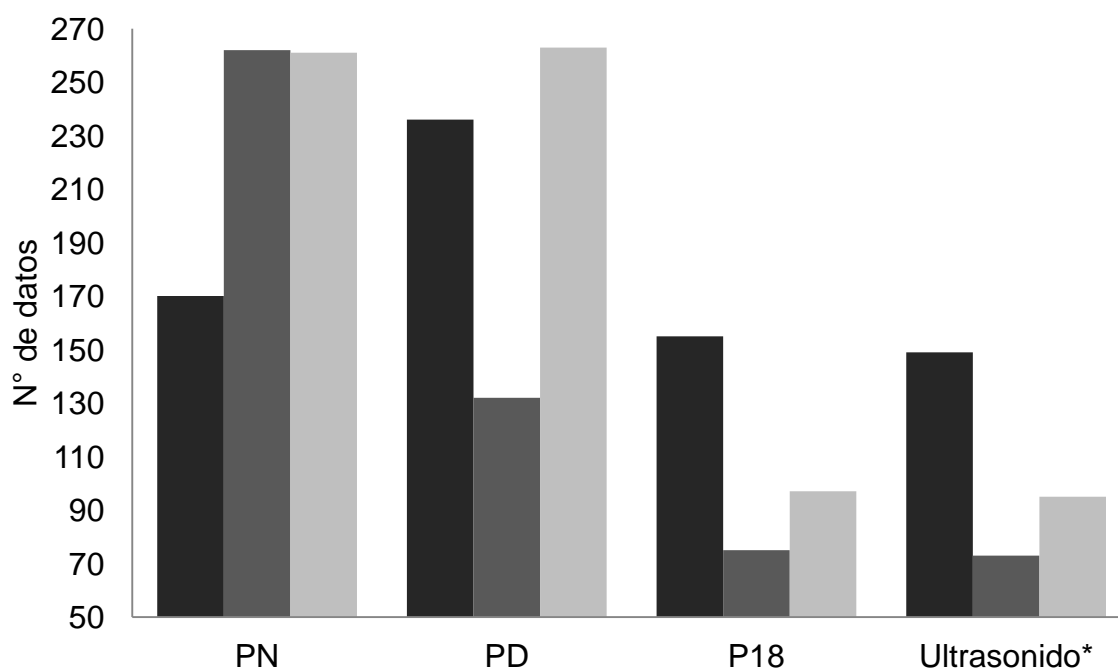


Figura 4. Total de datos al momento del inicio del trabajo sin edición, correspondiente a los años 2012 (■), 2013 (■) y 2014 (■). El asterisco indica que los datos de Ultrasonido son los correspondientes a AOB o EGD, ya que ambas características presentan igual número de datos.

A partir de los registros obtenidos de la base de datos de INIA se realizó para el estudio la edición inicial de los datos, eliminándose registros de animales con

manejo a base de campo natural + ración y pradera + ración, animales con valores extremos para las características P18 (P18>510 kg) y EGD (EGD>8 mm), así como todos aquellos individuos que no presentaron fecha de nacimiento.

Luego de la edición mencionada, la cantidad de datos y la descripción de los mismos aparecen presentadas en el Cuadro 4 y 5.

Cuadro 4. Cantidad de datos por año y sexo posterior al proceso de edición para las características PN, PD, P18, AOB y EGD.

Año	Sexo	PN	PD	P18	AOB	EGD
2012	M	64	47	40	40	40
	H	59	54	54	55	55
2013	M	117	102	58	58	58
	H	111	104	74	74	74
2014	M	147	134	2	3	3
	H	107	107	1	1	1
Total		605	548	229	231	231

Cuadro 5. Descripción de datos por año y sexo, posterior al proceso de edición para las características PN (kg), PD (kg), P18 (kg), AOB (cm²) y EGD (mm), cada una con su correspondiente valor de media (\bar{x}) y desvío estándar (ds).

Año	Sexo	PN		PD		P18		AOB		EGD	
		\bar{x}	ds	\bar{x}	ds	\bar{x}	ds	\bar{x}	ds	\bar{x}	ds
2012	M	37,5	3,5	185,2	29,3	353,9	41,5	57,7	6,8	1,9	0,2
	H	35,9	4,5	172,0	28,5	291,6	51,1	46,5	7,4	1,7	0,3
2013	M	38,2	3,8	168,8	34,0	325,6	34,8	56,1	7,3	1,9	0,3
	H	36,3	3,5	161,2	28,9	261,4	34,1	42,8	8,5	1,7	0,3
2014	M	37,5	3,7	171,7	39,2	272,0	101,8	48,6	25,7	1,8	0,4
	H	35,6	3,5	167,6	30,8	235,0	0,0	32,0	0,0	1,9	0,0

4.2. Estudio de efectos ambientales

A partir de un análisis previo, donde se evaluaron los efectos ambientales que influyen sobre el sistema biológico de los animales en cuestión, se determinó que los efectos ambientales a considerar en el estudio fueran: sexo, año, edad al destete, edad a los 18 meses, edad de la madre al parto, cabaña y código de manejo.

Para el análisis de los efectos ambientales fue considerado como valor de significancia una probabilidad menor al 5% ($p < 0,05$).

Con relación al análisis del efecto sexo, fueron considerados tanto los machos como las hembras. Así como para el efecto año se tomaron en cuenta los animales nacidos en los años 2012, 2013 y 2014.

Para el estudio del efecto edad al destete, se consideraron todos los animales entre 120 y 300 días de edad al momento del destete. Esto se realizó con el fin de reducir la importante dispersión de edades presentes en la población al momento del destete (Figura 5).

El efecto de edad al destete se calculó como la fecha de destete menos la fecha de nacimiento de cada animal. Para el análisis de dicho efecto, se consideró como edad promedio los 210 días.

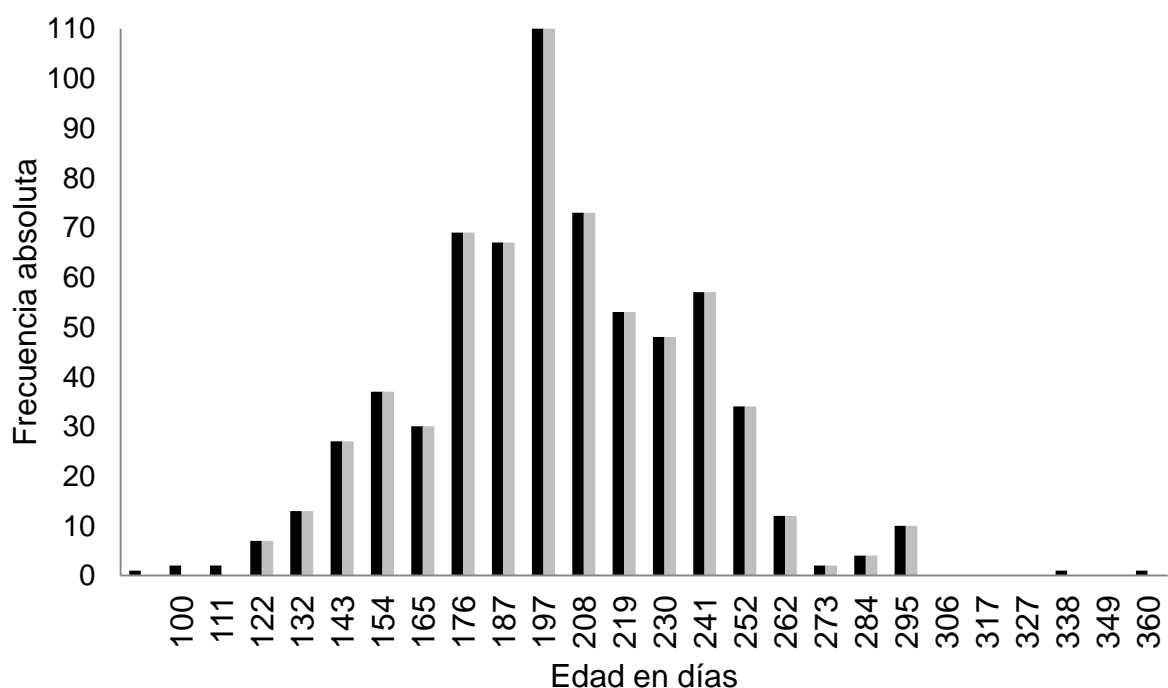


Figura 5. Distribución de edades al destete, previo (■) y posterior (■) a la edición de datos.

Para el análisis del efecto edad a los 18 meses se consideraron los animales que presentaron entre 457 y 640 días de edad al momento del registro de P18. Dicho efecto fue evaluado sobre las características P18, AOB y EGD.

El efecto edad a los 18 meses se calculó como la fecha de medición de P18 menos la fecha de nacimiento de cada animal. Para el análisis del efecto edad a los 18 meses la edad promedio fue 548 días.

Con respecto al efecto edad de la madre al parto, se consideraron para el análisis todas las madres que presentaron entre 2 y 10 años de edad al momento del parto, y fueron agrupadas en 7 clases (4, 5, 6, 7, 8, 9 y x años) como se presenta en el Cuadro 7.

Las madres de 3 años de las que se disponía de escasos datos se consideraron conjuntamente en el rango de madres mayores de 2 y menores de 4 años, integrando así la clase 4 años.

Las madres entre 9 y 10 años de edad se agruparon en la clase 9 años, debido a su escaso número y porque presentaron datos similares (media y desvío estándar), para las distintas características en estudio.

Cabe destacar que existió una cantidad importante de animales sin registro de edad de la madre al parto. Para estos casos, se consideró una edad promedio de sus madres en una clase diferente, denominada clase x, evitando de este modo la pérdida de la mitad de los datos disponibles para el análisis como aparece presentado en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Cantidad de datos agrupados en función de la edad de la madre al parto para las características PN, PD, P18, AOB y EGD.

Edad de la madre	PN	PD	P18	AOB	EGD
4 años	65	51	19	21	21
5 años	51	45	13	14	14
6 años	39	33	11	12	12
7 años	55	48	19	20	20
8 años	39	39	17	17	17
9 años	31	29	14	14	14
x años ¹	325	303	136	133	133
Total	605	548	229	231	231

¹ Madres que presentan una edad promedio (x años).

Cuadro 7. Cantidad de datos agrupados en función de la edad de la madre al parto para las características PN (kg), PD (kg), P18 (kg), AOB (cm²) y EGD (mm) con su correspondiente valor de media (\bar{x}) y desvío estándar (ds).

Edad de la madre	PN		PD		P18		AOB		EGD	
	\bar{x}	ds	\bar{x}	ds	\bar{x}	ds	\bar{x}	ds	\bar{x}	ds
4 años	36,3	3,5	163,6	38,1	313,2	46,5	52,1	7,6	1,7	0,2
5 años	36,9	4,3	158,8	32,7	294,4	59,4	47,3	13,1	1,8	0,3
6 años	38,2	4,6	165,4	29,5	302,7	51,8	51,7	9,5	1,7	0,3
7 años	37,9	3,8	179,2	34,4	323,4	51,6	52,9	9,0	1,8	0,2
8 años	37,9	2,7	177,7	37,3	299,9	48,1	54,3	14,2	1,8	0,4
9 años	39,3	3,8	173,9	31,6	309,1	52,1	50,2	9,0	1,8	0,3
x años ¹	36,4	3,7	169,7	32,1	295,8	54,3	48,2	9,7	1,8	0,3

¹ Madres que presentan una edad promedio (x años).

En relación al efecto cabaña, se tuvieron en cuenta solamente aquellas cabañas pertenecientes a la SCLU que participaron en la evaluación genética y que presentaron datos suficientes para llevar adelante el análisis (Cuadro 8).

Cuadro 8. Cantidad de datos aportados por cada cabaña y por año, correspondientes a las características PN, PD, P18 y AOB.

Cabaña	2012				2013				2014			
	PN	PD	P18	AOB ¹	PN	PD	P18	AOB ¹	PN	PD	P18	AOB ¹
1	21	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-
2	55	54	39	40	52	50	21	18	61	51	1	2
3	16	14	13	13	20	19	9	10	24	23	2	2
4	2	-	-	-	84	67	36	39	74	72	-	-
5	29	33	33	33	72	70	66	65	95	95	-	-

¹ La cantidad de datos para la característica AOB es igual que para EGD.

El código de manejo es un tipo de codificación productiva que tiene en cuenta el tipo de alimentación que reciben los animales. Para el análisis de este efecto se consideraron los animales alimentados en base a campo natural (código 1), campo natural + pradera (código 2) y pradera (código 3). A su vez cada cabaña presentó subdivisiones dentro de cada código de manejo, en base al armado de diferentes lotes.

El código de manejo y código de lote fueron considerados de forma conjunta en un único efecto, denominado código de manejo. Esto fue realizado ya que la cantidad de lotes por código de manejo era muy reducida.

Los registros de animales alimentados a campo natural + ración y pradera + ración (códigos 4 y 5 respectivamente) fueron eliminados del estudio dado que habían sido destetados precozmente, recibiendo una manejo diferencial al resto de los animales y no presentando la fecha exacta de destete.

4.3. Estimación de parámetros genéticos

Los parámetros genéticos considerados para este estudio fueron la heredabilidad y las correlaciones genéticas para las características PN, PD, P18, área de ojo de bife en carcasa (AOBc) y espesor de grasa dorsal en carcasa (EGDc). Se realizó una

revisión bibliográfica, presentándose la información relevada correspondiente a animales de raza Limousin y sus cruzas. Dada la escasez de la información disponible se agregó información de la raza Charolais, debido a que ambas son razas continentales de origen Francés.

La revisión bibliográfica fue realizada en el período comprendido entre el 01/08/2016 y el 01/10/2016. La misma se realizó mediante la solicitud de artículos a Biblioteca de Facultad de Veterinaria y portal Timbó, así como también a través de la búsqueda activa de citas en artículos de referencia. Las palabras claves utilizadas fueron: genetic parameters, heritabilities, genetic correlation, Limousin.

4.4. Estudio de conexión entre rodeos

El estudio se realizó en primer lugar mediante la identificación de los padres utilizados por cada una de las cabañas participantes de la evaluación genética para los años 2012, 2013 y 2014. Luego se seleccionaron aquellos reproductores que fueron utilizados por más de una cabaña y que efectivamente dejaron descendencia, esto fue posible en virtud de que los padres estaban identificados de igual forma en todas las cabañas evaluadas.

Se incluyó a su vez la información de la cantidad de hijos que cada reproductor dejó por cabaña, lo que permitió conocer la fuerza de dicha conexión.

4.5. Análisis estadístico

La estadística descriptiva de los efectos ambientales considerados como sexo, cabaña, año de nacimiento, código de manejo, edad de la madre al parto, edad al destete y edad a los 18 meses se realizó mediante el procedimiento MEANS del programa SAS (SAS, 2012).

El estudio de los efectos ambientales fijos incluidos en el modelo de análisis fue realizado mediante el procedimiento GLM (modelo lineal general) del programa SAS (SAS, 2012). El modelo [1] fue utilizado para la estimación del PN, el modelo [2] para la estimación del PD y el modelo [3] para la estimación del P18, AOB y EGD.

$$y_{ijklm} = S_i + C_j + A_k + M_l + P_m + e_{ijklm} \quad [1]$$

$$y_{ijklmn} = S_i + C_j + A_k + M_l + P_m + b (X_{ijklmn} - \bar{x}) + e_{ijklmn} \quad [2]$$

$$y_{ijklmn} = S_i + C_j + A_k + M_l + P_m + b(W_{ijklmn} - \bar{X}) + e_{ijklmn} \quad [3]$$

Donde:

y_{ijklm} = Peso al nacimiento.

y_{ijklmn} = Peso al destete, Peso a los 18 meses, Área de ojo de bife y Espesor de grasa dorsal.

S_i = Sexo; $i = M, H$.

C_j = Cabaña; $j = 1, 2, 3, 4, 5$.

A_k = Año de nacimiento; $k = 2012, 2013, 2014$.

M_l = Código de manejo, para el modelo [1] $l = 1, 2$; modelo [2] $l = 1, 2, 3$; modelo [3] $l = 1, 2$.

P_m = Edad de la madre al parto; $m = 4, 5, 6, 7, 8, 9, x$.

$b_1 (X_{ijklmn})$ = Covariable edad del ternero al momento del destete.

$b_2 (W_{ijklmn})$ = Covariable edad a la pesada a los 18 meses.

\bar{X} = media.

e_{ijklm} = Error aleatorio residual.

e_{ijklmn} = Error aleatorio residual.

5. RESULTADOS

Para la característica peso al nacimiento, se analizaron 605 datos. El modelo [1] planteado para esta característica, explicó el 13 % ($R^2=0,13$) de la variabilidad.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la característica peso al nacimiento realizado mediante el procedimiento GLM.

Efecto	GL ¹	SC ² (tipo III)	Valor F	P
Cabaña	4	118,1	2,2	0,0626
Año	2	63,6	2,4	0,0897
Sexo	1	557,3	42,4	<0,0001
Edad de la madre	6	268,4	3,4	0,0026
Código de manejo	1	8,7	0,6	0,4168

p<0,05

¹GL = grados de libertad

²SC = suma de cuadrados

El sexo y la edad de la madre presentaron un efecto significativo sobre el PN (Cuadro 9).

Con relación al efecto sexo, se presentó una diferencia significativa de peso entre machos y hembras al nacimiento de 2,0 kg ($p<0,0001$).

Para el efecto edad de la madre, las diferencias encontradas entre los animales nacidos de madres de 4 y 5 años con respecto a madres de x años, fueron superiores (0,2 y 1,0 kg respectivamente) pero no significativas ($p=0,7567$, $p=0,1894$ respectivamente). Mientras que los animales nacidos de madres de 6, 7, 8 y 9 años fueron 1,8, 1,7, 1,8 y 3,0 kg respectivamente más pesados que animales nacidos de madres de x años ($p=0,0276$, $p=0,0232$, $p=0,0171$, $p=0,0002$ respectivamente).

Los efectos año, cabaña y código de manejo no presentaron una influencia significativa sobre el peso al nacimiento (Cuadro 9).

Cuadro 10. Análisis de varianza para la característica peso al destete realizado mediante el procedimiento GLM.

Efecto	GL¹	SC² (tipo III)	Valor F	P
Cabaña	3	30.886,1	12,8	<0,0001
Año	2	12.542,7	7,8	0,0005
Sexo	1	10.864,6	13,5	0,0003
Edad de la madre	6	8.994,8	1,9	0,0860
Código de manejo	2	5.396,6	3,4	0,0360
Edad al destete	1	89.743,4	111,3	<0,0001

p<0,05

¹GL = grados de libertad

²SC = suma de cuadrados

Para el análisis de la característica peso al destete fueron utilizados 548 datos. El modelo [2] planteado para dicha característica explicó 30% ($R^2=0,30$) de la variabilidad.

Los efectos cabaña, año, sexo, código de manejo y edad al destete presentaron un efecto significativo sobre el PD (Cuadro 10).

Para el efecto de la cabaña, los animales de la cabaña 2 y 3 fueron 20,8 y 14,5 kg respectivamente más livianos al destete que los animales de la cabaña 5 ($p<0,0001$, $p<0,0285$). Así como también la cabaña 4 presentó animales de menor peso al destete (-4,2 kg) que los animales de la cabaña 5, sin embargo la diferencia no fue significativa ($p=0,4639$).

Los animales nacidos en el año 2013 presentaron 8,3 kg menos al destete que los nacidos en el 2014 ($p=0,0043$). Mientras que la diferencia de 5,8 kg de los animales correspondientes al año 2012 frente a los del 2014, no fue significativa ($p=0,1193$).

Con respecto al sexo, los machos fueron 9,2 kg más pesados al destete que las hembras ($p=0,0003$).

Para el efecto código de manejo, se presentó una diferencia significativa ($p=0,0468$) de 14,0 kg en favor de los animales pertenecientes al código de manejo 1 frente a los del código de manejo 3.

El efecto edad al destete, al ser considerado como una covariable, su resultado se expresa de la siguiente manera, por cada día de diferencia que presentó el animal al momento de la medición, el peso al destete aumentó en 0,4 kg ($p < 0,0001$).

La edad de la madre al parto fue de los efectos ambientales incluidos en el modelo que no presentó un efecto significativo (Cuadro 10).

Para la característica peso a los 18 meses, la variabilidad explicada a través del modelo [3] fue de 57% ($R^2 = 0,57$). La cantidad de datos utilizados para el análisis fue de 229.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la característica peso a los 18 meses realizado mediante el procedimiento GLM.

Efecto	GL ¹	SC ² (tipo III)	Valor F	P
Cabaña	4	62.753,1	11,9	<0,0001
Año	2	33.293,6	12,7	<0,0001
Sexo	1	114.827,5	87,8	<0,0001
Edad de la madre	6	14.181,4	1,8	0,0991
Código de manejo	1	2.415,4	1,9	0,1757
Edad a los 18 meses	1	39.300,9	30,0	<0,0001

$p < 0,05$

¹GL = grados de libertad

²SC = suma de cuadrados

Los efectos de cabaña, año, sexo y edad a los 18 meses presentaron un efecto significativo sobre la característica peso a los 18 meses (Cuadro 11).

Con respecto al efecto cabaña, los animales de la cabaña 2 fueron 26,4 kg más livianos que los correspondientes a la cabaña 5 ($p = 0,0001$), mientras que los animales de la cabaña 1 y 4 fueron 30,8 y 38,7 kg más pesados respectivamente que los de la cabaña 5 ($p = 0,0297$, $p = 0,0013$ respectivamente).

Para el efecto sexo, el peso a los 18 meses de los machos y las hembras presentó una diferencia de 64,8 kg a favor de los machos ($p < 0,0001$).

El efecto de la edad a los 18 meses, expresó que por cada día más de edad que presentaron los animales medidos con respecto al promedio (548 días), se evidenció una diferencia de 0,6 kg superior para P18 ($p < 0,0001$).

Tanto la edad de la madre como el código de manejo no presentaron efecto significativo sobre la característica P18 (Cuadro 11).

Para el análisis de la característica área de ojo de bife se utilizaron 231 datos. La característica medida por ultrasonido sobre el animal a los 18 meses de edad (AOB) presentó una variabilidad explicada por el modelo [3] de 53% ($R^2 = 0,53$).

Cuadro 12. Análisis de varianza para la característica área de ojo de bife realizado mediante el procedimiento GLM.

Efecto	GL ¹	SC ² (tipo III)	Valor F	P
Cabaña	4	1.572,9	7,7	<0,0001
Año	2	745,1	7,3	0,0009
Sexo	1	2.613,3	50,9	<0,0001
Edad de la madre	6	758,8	2,5	0,0250
Código de manejo	1	91,5	1,8	0,1828
Edad a los 18 meses	1	1.615,1	31,5	<0,0001

$p < 0,05$

¹GL = grados de libertad

²SC = suma de cuadrados

Los efectos de cabaña, año, sexo, edad de la madre y edad a los 18 meses presentaron un efecto significativo sobre la característica (Cuadro 12).

Para el efecto cabaña se presentaron diferencias significativas ($p = 0,0023$, $p = 0,0301$, $p = 0,0212$) de +8,5, -3,0 y +5,3 cm² para los animales de la cabaña 1, 2 y 4 respectivamente frente a los animales de la cabaña 5. Entre la cabaña 3 y 5 se presentó una diferencia de -0,9 cm², pero la misma no fue significativa ($p = 0,6710$).

Con respecto al efecto año, los animales nacidos en el año 2013 presentaron 11,6 cm² menos de AOB que los animales del año 2014 ($p = 0,0174$).

Por otro lado, los machos presentaron 9,8 cm² más de área de ojo de bife que las hembras (p<0,0001).

Para el efecto edad de la madre al parto se encontró que los animales nacidos de madres de 8 y 9 años presentaron con respecto a madres de x años 4,9 y 5,3 cm² más de AOB (p=0,0247, p=0,0251 respectivamente). Para el resto de los animales nacidos de madres de 4, 5, 6 y 7 años no se encontraron diferencias significativas (p=0,8357, p=0,2506, p=0,9183, p=0,9719 respectivamente) con los animales nacidos de madres de x años.

Con respecto al efecto edad a los 18 meses, por cada día de diferencia que presentaron los animales al momento de la medición con respecto al promedio (548 días), se registró un cambio de 0,1 cm² de AOB (p<0,0001).

El código de manejo no presentó un efecto significativo sobre la característica de área de ojo de bife (Cuadro 12).

Cuadro 13. Análisis de varianza para la característica espesor de grasa dorsal realizado mediante el procedimiento GLM.

Efecto	GL ¹	SC ² (tipo III)	Valor F	P
Cabaña	4	1,0	2,9	0,0218
Año	2	0,4	2,1	0,1309
Sexo	1	0,3	3,5	0,0609
Edad de la madre	6	0,4	0,8	0,5678
Código de manejo	1	0,2	1,7	0,1946
Edad a los 18 meses	1	0,8	9,6	0,0022

p<0,05

¹GL = grados de libertad

²SC = suma de cuadrados

Para la característica EGD se utilizaron 231 datos al igual que para el análisis del AOB. El carácter espesor de grasa dorsal presentó una variabilidad explicada de 16% (R²=0,16).

Tanto el efecto cabaña como la edad a los 18 meses presentaron una influencia significativa para la característica EGD (Cuadro 13).

Para la cabaña se encontró una diferencia significativa ($p=0,0013$) en favor de los animales de la cabaña 1 de 0,4 mm sobre los de la cabaña 5.

Los machos y las hembras presentaron una diferencia de 0,1 mm en favor de los machos para el EGD, pero sin embargo la misma no fue significativa ($p = 0,0609$).

El efecto que presentó influencia significativa sobre la característica EGD fue la edad a los 18 meses (Cuadro 13). Con relación a este efecto, por cada cambio en un día en la edad de los animales al momento de la medición con respecto al promedio (548 días), se presentó una diferencia de 0,002 mm de EGD ($p=0,0022$).

Los efectos de año, sexo, edad de la madre y código de manejo no presentaron un efecto significativo sobre la característica espesor de grasa dorsal (Cuadro 13).

Con respecto a la revisión bibliográfica realizada para la estimación de los parámetros genéticos, en los Cuadros 14 y 15 se presentan los valores de heredabilidad (h^2) para las características de crecimiento y calidad de la canal.

Cuadro 14. Estimaciones de h^2 para las características PN, PD y P18 obtenidas de la literatura. Las cifras que aparecen entre paréntesis corresponden al desvío estándar.

Fuente	Raza	N° de animales	PN	PD	P18
Massey y Benyshek (1981)	¾ L	42.647	0,16 (0,02)	0,09 (0,02)	-
Koch y col. (1982)	Va	2.453	0,43 (0,05)	-	-
Warwick y Legates (1984) ²	Va	-	-	-	0,45*
Bertrand y Benyshek (1987)	L y B	-	0,22*	0,16*	-
Breedplan (1991) ²	-	-	-	-	0,30*
Gregory y col. (1995)	Va	1.594	0,25 (0,08)	0,34 (0,09)	-
Keeton y col. (1996)	L	8.226	-	0,25 (0,03)	-
Woldehawariat y col. (1997) ¹	Va	-	0,45*	-	-
Crews y col. (2004)	CH	6.968	0,53 (0,02)	0,22 (0,02)	-
Phocas y Laloë (2004)	L	116.177	0,38 (0,01)	0,29 (0,02)	-
Simcic y col. (2006)	L y CH	479	0,62 (0,07)	0,26 (0,07)	-
Lukaszewicz y col. (2015)	L y LxA	30.865	0,41 (0,05)	0,24 (0,02)	-

L= Limousin, B= Brangus, CH= Charolais, LxA= Cruza Limousin por Aberdeen Angus, Va= varias razas.

*No se obtuvieron de la bibliografía datos de desvío estándar para el valor de h^2 presentado.

¹ Citado por Koch y col., 1982.

² Citado por Oleggini y Ravagnolo, 1995.

Cuadro 15. Estimaciones de h^2 para las características AOBc y EGDc obtenidas de la literatura. Las cifras que aparecen entre paréntesis corresponden al desvío estándar.

Fuente	Raza	N° de animales	AOBc	EGDc
Koch y col. (1982)	Va	2.453	0,56 (0,05)	0,41 (0,05)
Gregory y col. (1995)	Va	1.594	0,22 (0,08)	-
Crews y Kemp (2001)	Va	235	0,54 (0,19)	0,46 (0,18)
Crews y col. (2004)	CH	6.968	0,43 (0,04)	0,39 (0,04)

CH= Charolais, Va= varias razas.

A su vez en los Cuadros 16, 17 y 18 se presentan los valores de correlaciones genéticas entre las características PN, PD, AOBc y EGDc, obtenidos de la bibliografía consultada.

Cuadro 16. Estimaciones de correlaciones genéticas entre las características PN y PD, AOBc y EGDc obtenidas de la literatura. Las cifras que aparecen entre paréntesis corresponden al desvío estándar.

Fuente	Raza		PD	AOBc	EGDc
Koch y col. (1982)	Va	PN	-	0,31 (0,04)	-0,27 (0,04)
Gregory y col. (1995)	Va	PN	0,29 (0,20)	0,17 (0,26)	-0,06 (0,25)
Phocas y Laloë (2004)	L	PN	0,44 (0,04)	-	-
Crews y col. (2004)	CH	PN	0,33 (0,05)	0,20 (0,08)	-0,21 (0,08)
Simcic y col. (2006)	L y CH	PN	0,40 (0,13)	-	-

L= Limousin, CH= Charolais, Va= varias razas.

Cuadro 17. Estimaciones de correlaciones genéticas entre las características PD y AOBc y EGDc, obtenidas de la literatura. Las cifras que aparecen entre paréntesis corresponden al desvío estándar.

Fuente	Raza		AOBc	EGDc
Gregory y col. (1995)	Va	PD	0,49 (0,21)	0,15 (0,22)
Crews y col. (2004)	CH	PD	0,19 (0,10)	0,30 (0,10)

CH= Charolais, Va= varias razas.

Cuadro 18. Estimaciones de correlaciones genéticas entre la característica AOBc y EGDc, obtenidas de la literatura. Las cifras que aparecen entre paréntesis corresponden al desvío estándar.

Fuente	Raza		EGDc
Koch y col. (1982)	Va	AOBc	-0,44 (0,04)
Gregory y col. (1995)	Va	AOBc	-0,60 (0,27)
Crews y col. (2004)	CH	AOBc	-0,35 (0,07)

CH= Charolais, Va= varias razas.

Con relación a los resultados del estudio de conexión entre las cabañas participantes de la evaluación genética, los mismos se presentan en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Distribución de la progenie de toros con hijos en más de una de las cabañas participantes del estudio para los años 2012, 2013 y 2014.

Toro	Cantidad de hijos por cabaña					Total de hijos
	Cabaña 1	Cabaña 2	Cabaña 3	Cabaña 4	Cabaña 5	
A	-	2	-	-	7	9
B	-	-	7	3	-	10

La cabaña 2 presentó conexión con la cabaña 5 a través del toro A. A su vez la descendencia que dejó el toro B permite la conexión de las cabañas 3 y 4. Sin embargo no hay conexión entre las cabañas 2 y 5 (conectadas entre sí por el toro A) y las cabañas 3 y 4 (conectadas entre sí por el toro B).

Por otro lado la cabaña 1 no presentó ningún padre en común con las otras cabañas, lo que genera que no exista conexión de esta cabaña con ninguno de los dos grupos de cabañas para los años 2011, 2012 y 2013.

Con relación al grado de conexión, las cabañas 2 y 5 están conectadas mediante 9 hijos del toro A, mientras que las cabañas 3 y 4 se conectan a través de 10 hijos del toro B.

6. DISCUSIÓN

Los modelos planteados para las características en estudio explicaron en gran medida la variabilidad existente. Sin embargo para el PN se encontró un valor de R^2 de 0,15, el cual es bajo si lo comparamos con el resultado obtenido por Goldberg y Ravagnolo (2015) en un estudio realizado con registros de la raza Aberdeen Angus en Uruguay, para el cual obtuvieron un valor de R^2 para la característica PN de 0,39. Esta diferencia podría estar explicada por la no consideración de un efecto ambiental importante para esta característica como es el mes de nacimiento. Dicho efecto no fue incluido en el estudio, debido a la reducida cantidad de datos de PN según mes de nacimiento y a la distribución heterogénea que presentaban los datos.

En relación al análisis de los efectos ambientales fijos, el sexo presentó para la característica peso al nacimiento, que los machos fueron 2,0 kg más pesados que las hembras. Similar resultado obtuvieron Koch y Clark (1955) en un estudio realizado con animales de raza Hereford en el cual encontraron una diferencia de 2,5 kg en favor de los machos.

Para la característica PD, los machos fueron 9,2 kg más pesados que las hembras. Con respecto a este resultado, Koch y Clark (1955) obtuvieron una diferencia entre machos (novillos y toritos) y hembras de 11,8 kg, en favor de los primeros. A su vez, Simcic y col. (2006) en un estudio realizado con 479 animales raza Charolais y Limousin encontraron que los machos eran 20,4 kg más pesados que las hembras al destete a una edad promedio de 196,4 días.

La diferencia entre machos y hembras para P18 fue de 64,8 kg, en favor de los machos. No se encontró información de esta característica para la raza Limousin que permitiera contrastar la diferencia entre sexos obtenida, pero sí se obtuvo información correspondiente a una característica similar como es el peso al año (PA). Krupa y col. (2005) en un estudio realizado con animales de diversas razas bovinas encontraron que para la característica PA los machos eran más pesados que las hembras.

Para las características de calidad de la canal, el sexo presentó un efecto significativo para el AOB, pero no para el EGD. Los machos presentaron 9,8 cm² más de AOB que las hembras. De forma similar Hedrick y col. (1969) presentaron

que la carcasa de los toros tenían valores más altos de área de ojo de bife, pero más bajos de espesor de grasa dorsal en la 12^a costilla que las vaquillonas.

Las diferencias entre sexos encontradas en el estudio fueron las esperadas según los antecedentes de los diversos trabajos presentados. El sexo no es un efecto ambiental externo que pueda ser controlado por el cabañero, esto se debe a que el momento de inicio y final de la pubertad, así como las distintas hormonas sexuales (andrógenos vs. estrógenos) involucradas determinan que el sexo del animal influya sobre el crecimiento, presentando los machos un mayor desarrollo corporal en masa y peso que las hembras (Álvarez, 2012).

La edad de la madre al parto fue otro de los efectos considerados para el análisis, y presentó un efecto significativo para las características PN y AOB. Sin embargo el PD no tuvo una influencia significativa de dicho efecto, lo que resultó inesperado ya que Koch y Clark (1955) mencionan que la edad de la madre es un efecto relevante tanto para la característica peso al nacimiento como para el peso al destete. Así lo demuestran sus resultados, donde para las características PN y PD se presentó un incremento en la producción de la madre entre los 3 y 6 años de edad, con una caída de la producción a partir de los 6 años. También Krupa y col. (2005) mencionan que madres de entre 5 y 7 años producen los animales más pesados al nacimiento.

Para la raza Limousin se encontró un incremento del PN por encima de los 6 años de edad de la madre al parto, alcanzando su máximo a los 9 años de edad de la madre. Este resultado no es coincidente con lo presentado por Koch y Clark (1955) y Krupa y col. (2005), a pesar de que la cantidad de registros que presentaban las clases de 4 a 9 años de edad, agrupaban la mitad de los animales disponibles.

Con respecto al efecto de la cabaña, el mismo fue significativo para las características PD, P18, AOB y EGD.

Para el PD y P18 se encontró que la cabaña 2 presentaba animales 20,8 kg y 26,4 kg respectivamente, más livianos que los animales de la cabaña 5. Mientras que para la característica AOB, los animales de la cabaña 2 presentaron 3,0 cm² menos de AOB que los de la cabaña 5. Este resultado podría encontrar su explicación en

que las diferencias aparecen entre las dos cabañas con mayor cantidad de datos para las distintas características.

El efecto año de nacimiento presentó un efecto importante para las características PD, P18 y AOB. Se encontró para el PD y AOB una diferencia significativa de 8,3 kg y 11,6 cm² a favor de los animales nacidos en el año 2014, frente a los de 2013. Las diferencias encontradas por año podrían estar reflejando las distintas condiciones climáticas de cada año en particular, las mismas pudieron haber influido en el crecimiento de la pastura.

El último efecto ambiental considerado fue el código de manejo, para el cual se obtuvo únicamente un efecto significativo para la característica peso al destete. Este resultado no fue el esperado, ya que el manejo presenta un efecto importante tanto para las características de crecimiento como las de calidad de la canal, a su vez es considerado como un elemento decisivo en el desempeño de los animales. Cundiff y col. (2010) sostienen que para el armado de los grupos contemporáneos se debería tener en consideración aquellos grupos de animales que recibieran un nivel de alimentación diferencial. El resultado obtenido puede ser explicado a partir de la poca cantidad de lotes que presentaba cada código de manejo, hay que tener en cuenta que este efecto considera tanto el código de manejo asignado (1, 2 o 3) así como también el lote al que pertenece dentro de este último código.

A partir de los resultados obtenidos del análisis de efectos ambientales se establecieron los criterios para la construcción de los grupos contemporáneos. Para todas las características en estudio se deberían considerar la inclusión de animales de raza Limousin, del mismo sexo, similar edad y pertenecientes a la misma cabaña. A su vez los grupos contemporáneos para las características PD, P18 y AOB deberían incluir animales nacidos en el mismo año, ya que como se mencionó anteriormente dicho efecto es significativo. Con respecto al PD, también habría que considerar animales que hayan recibido el mismo manejo, esto refiere a que hayan sido asignados a igual código de manejo dentro de la misma cabaña.

Es conveniente mencionar que para el análisis no se consideraron las interacciones entre los diferentes componentes que se incluyen en la definición de los grupos contemporáneos. Esto se debió a la reducida cantidad de registros que se disponía para llevar adelante el estudio.

Con respecto a las estimaciones de los parámetros genéticos poblacionales recopilados de la bibliografía fueron variables, para PN los valores se encontraron en el rango de 0,16 a 0,62, para PD entre 0,09 y 0,34 y para P18 entre 0,30 y 0,45, siendo la media de las estimaciones encontradas en los diversos trabajos de 0,38, 0,23 y 0,38 respectivamente. Los valores presentados para las dos primeras características, coinciden con los resultados obtenidos por Phocas y Laloë (2004) en un estudio realizado con 116177 animales de raza Limousin.

Por otro lado, para las características de calidad de la canal las estimaciones de h^2 se encontraron en el rango de 0,22 a 0,56 para AOBc y de 0,41 a 0,46 para EGDc, presentando como media de las estimaciones encontradas valores de 0,44 y 0,42 respectivamente. Esto coincide con lo expuesto por Cardellino y Rovira (2011) los cuales expresan que las características de calidad de la canal se caracterizan por contar con h^2 altas, en el rango de 0,45 a 0,60.

Las correlaciones genéticas entre PN y PD, PN y AOBc, y PN y EGDc presentaron valores dentro del rango de 0,29 a 0,44, 0,17 a 0,31 y -0,06 a -0,27 respectivamente y la media de dichas estimaciones fue de 0,36, 0,22 y -0,18 respectivamente. Para las correlaciones genéticas entre PD y AOBc, y PD y EGDc, se obtuvieron de la bibliografía valores en el rango de 0,19 a 0,49 y 0,15 a 0,30 con una media de las estimaciones correspondiente a 0,34 y 0,22 respectivamente. Sin embargo los valores de correlaciones genéticas entre AOBc y EGDc se presentaron en un rango de -0,35 y -0,60, y la media fue de -0,46. Esta última estimación no coincide con lo presentado por Dartayete (2005) en un estudio realizado con animales de diversas razas, el mismo expresa un valor para la correlación genética entre AOB y EGD en la carcasa de -0,08. Esta diferencia se debe a que en este trabajo se realizó únicamente una revisión bibliográfica, y se generó a partir de ello un promedio de los valores encontrados.

La revisión bibliográfica muestra que hay pocos trabajos actuales con estimaciones de parámetros genéticos para la raza Limousin, sin embargo en el Cuadro 20 aparecen presentados los valores recomendados para realizar la evaluación genética. Se considera una buena aproximación utilizar los valores de h^2 obtenidos por Phocas y Laloë (2004), ya que coinciden con el promedio de las estimaciones encontradas en la bibliografía para las características PN y PD. Para el P18 la

información es escasa y los trabajos citados no se realizaron bajo condiciones similares a las de nuestro país, por lo que para dicha característica habría que utilizar alguno de los valores presentados por Warwick y Legates (1984) o Breedplan (1991) citados por Oleggini y Ravagnolo (1995).

Con respecto al AOB y el EGD, es más complejo definir los valores de h^2 a considerar para una evaluación genética, dado que se cuenta con pocos estudios en la materia y a su vez estos presentan resultados muy variables. Es importante mencionar que los valores encontrados en la bibliografía corresponden a mediciones de AOB y EGD en carcasa, dado que la información para dichas características medidas por ultrasonido es escasa para la raza Limousin.

En el Cuadro 20 se presentan también los valores de correlaciones genéticas que se deberían considerar, y corresponden a estimaciones de Gregory y col. (1995).

Cuadro 20. Estimaciones de parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas) recomendados para realizar la evaluación genética de la raza Limousin.

	PN	PD	P18	AOBc	EGDc
PN	0,38 (0,01)	0,29 (0,20)		0,17 (0,26)	-0,06 (0,25)
PD		0,29 (0,02)		0,49 (0,21)	0,15 (0,22)
P18			0,30		
AOBc				0,56 (0,05)	-0,60 (0,27)
EGDc					0,41 (0,05)

Para realizar una correcta evaluación genética, es fundamental establecer los parámetros genéticos poblacionales a utilizar. En la medida que la información lo permita sería relevante poder generar la información correspondiente para la raza Limousin, ya que la mayoría de los estudios han sido realizados en Estados Unidos y Europa, donde los sistemas de producción y las condiciones medio ambientales son muy diferentes a las de Uruguay.

Con relación al estudio de conexión entre cabañas, el resultado encontrado fue que la cabaña 1 esta desconectada del resto, y que las cabañas 2, 3, 4 y 5 más allá de presentar una conexión entre ellas (2 con 5 y 3 con 4), no existe una conexión entre todas las cabañas o por lo menos la mayoría de ellas. Para poder realizar en un

futuro la evaluación genética poblacional de la raza, es fundamental que los cabañeros utilicen de forma conjunta y organizada uno o varios toros en común.

7. CONCLUSIÓN

Los efectos ambientales fijos más relevantes para las características peso al nacimiento, peso al destete, peso a los 18 meses, área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal fueron sexo, cabaña, edad al destete y edad a los 18 meses.

La mejor forma de definir los grupos contemporáneos para todas las características en estudio fue con animales de igual sexo, similar edad, pertenecientes a la misma cabaña y del mismo año (peso al destete, peso a los 18 meses y área de ojo de bife).

Los parámetros genéticos para la evaluación genética fueron los obtenidos de la bibliografía, ya que no se dispone de información nacional para la raza Limousin.

Las cabañas 2 y 5 y 3 y 4 presentaron conexión entre sí a partir de un solo toro de referencia. Mientras que la cabaña 1 se encontró desconectada.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abreu, M., Bianco, F., Lasarga, J. (2007). Características de la canal de novillos hijos de padres Charolais, Salers y Limousin y madres Hereford, Angus-Hereford y Red Poll-Hereford. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UdelaR. 67 p.
2. Álvarez, A. (2012). Fisiología del crecimiento. Disponible en: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Fisiologia%20crecimiento.pdf>. Fecha de consulta: 29/08/2016.
3. Arcauz, A.M., Constantin, J.G. (1996). Conformación y composición de las reses de novillos provenientes de cruzamientos entre toros de las razas Charolais, Hereford, Holando y Limousin sobre vacas de razas británicas y cruza. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UdelaR. 119 p.
4. Bertrand, J.K., Benyshek, L.L. (1987). Variance and covariance estimates for maternally influenced beef growth traits. *Journal of Animal Science*, 64: 728 – 734.
5. Bourdon, R. (1997). *Understanding Animal Breeding*. New Jersey, Prentice-Hall, 523 p.
6. Bourdon, R., Golden, R. (2000). EPDS & Economics determining the relative importance of traits. Disponible en: http://beefmagazine.com/mag/beef_epds_economics_determining. Fecha de consulta: 05/10/2016.
7. Cardellino, R., Rovira, J. (2011). *Mejoramiento genético animal*. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur, 391 p.
8. Ciappesoni, G. (2014). ¿Cómo elegir un carnero? Entendiendo la información genética disponible. *Revista INIA*, 39: 23 – 27.

9. Crews, D.H., Jr., Kemp, R.A. (2001). Genetic parameters for ultrasound and carcass measures of yield and quality among replacement and slaughter beef cattle. *Journal of Animal Science*, 79: 3008 – 3020.
10. Crews, D.H., Jr., Lowerison, M., Caron, N., Kemp, R.A. (2004). Genetic parameters among growth and carcass traits of Canadian Charolais cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 84: 589 – 597.
11. Cundiff, L.V., Van Vleck, L.D., Hohenboken, W.D. (2010). *Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs*. 9^a ed. Raleigh, Beef Improvement Federation, 182 p.
12. Cundiff, L.V., Wheeler, T.L., Gregory, K.E., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Thallman, M., Van Vleck, L.D. (2001). Preliminary results from cycle VII of the cattle germplasm evaluation program at the Roman L. Hruska U.S Meat Animal Research Center. Disponible en: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/30400000/GPE/GPE21.pdf>. Fecha de consulta: 05/10/2016.
13. Dartayete, A. (2005). Estimaciones de heredabilidades y correlaciones genéticas en características de peso vivo y carcasa en bovinos de carne. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UdelaR. 133 p.
14. Dutto, L. (2006). *Cruzamientos y las nuevas líneas compuestas*. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur, 136 p.
15. Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1989). *Introduction to Quantitative Genetics*. Edinburgh, Addison Wesley Longman, 469 p.
16. Garrick, D.J. (2010). An animal breeding approach to the estimation of genetic and environmental trends from fields populations. *Journal of Animal Science*, 88: 3 – 10.

17. Goldberg, V., Ravagnolo, O. (2015). Description of the growth curve for Angus pasture-fed cows under extensive systems. *Journal of Animal Science*, 93: 4285 – 4290.
18. Golden, B.L., Garrick, D.J., Newman, S., Enns, R.M. (2000). Economically relevant traits a framework for the next generation of EPDs. 32 Proceeding of the BIF Annual Research Symposium and Annual Meeting, p. 2 – 13.
19. Graser, H-U., Tier, B., Johnston, D.J., Barwick, S.A. (2005). Genetic evaluation for the beef industry in Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45: 913 – 921.
20. Gregory, K.E., Cundiff, L.V., Koch, R.M. (1995). Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 73: 1920 – 1926.
21. Gregory, K.E., Cundiff, L.V., Koch, R.M., Dikeman, M.E., Koohmaraie, M. (1994a). Breed effects and retained heterosis for growth, carcass and meat traits in advanced generations of composite populations of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 72: 833 – 850.
22. Gregory, K.E., Cundiff, L.V., Koch, R.M., Dikeman, M.E., Koohmaraie, M. (1994b). Breed effects, retained heterosis and estimates of genetic and phenotypic parameters for carcass and meat traits of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 72: 1174 – 1183.
23. Gregory, K.E., Koch, R.M., Laster, D.B., Cundiff, L.V., Smith, G.M. (1978). Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle III. Growth traits of steers. *Journal of Animal Science*, 47 (5): 1054 – 1062.
24. Hedrick, H.B., Thompson, G.B., Krause, G.F. (1969). Comparison of feedlot performance and carcass characteristics of half-sib bulls, steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 29 (5): 687 – 694.

25. INIA. (2013). Evaluaciones genéticas bovinas. Un incremento que se observa año a año. Disponible en: <http://www.geneticabovina.com.uy/>. Fecha de consulta: 28/07/2016.
26. Johnson, M.Z., Schalles, R.R., Dikeman, M.E., Golden, B.L. (1993). Genetic parameter estimates of ultrasound-measured longissimus muscle area and 12th rib fat thickness in Brangus cattle. *Journal of Animal Science*, 71: 2623 – 2630.
27. Keeton, L.L., Green, R.D., Golden, B.L., Anderson, K.J. (1996). Estimation of variance components and prediction of breeding values for scrotal circumference and weaning weight in Limousin cattle. *Journal of Animal Science*, 74: 31 – 36.
28. Kluyts, J.F., Naser, F.W.C., Bradfield, M.J. (2003). Development of breeding objectives for beef cattle breeding: Derivation of economic values, A Review. *South African Journal of Animal Science*, 33 (3): 142 – 158.
29. Koch, R.M., Cundiff, L.V., Gregory, K.E. (1982). Heritabilities and genetic, environmental and phenotypic correlations of carcass traits in a population of diverse biological types and their implications in selection programs. *Journal of Animal Science*, 55 (6): 1319 – 1329.
30. Koch, R.M., Clark, R.T. (1955). Influence of sex, season of birth and age of dam on economic traits in range beef cattle. *Journal of Animal Science*, 14: 386 – 397.
31. Krupa, E., Oravcová, M., Polák, P., Huba, J., Krupová, Z. (2005). Factors affecting growth traits of beef cattle breeds raised in Slovakia. *Czech Journal of Animal Science*, 50 (1): 14 – 21.
32. Lema, M., Ravagnolo, O., Soares de Lima, J.M. (2013). Avances en herramientas de selección para la cría: peso adulto, características reproductivas e índices de selección. INIA Serie Técnica N° 208, p. 27 – 34.

33. Long, C.R., Gregory, K.E. (1975). Heterosis and management effects in postweaning growth of Angus, Hereford and reciprocal cross cattle. *Journal of Animal Science*, 41 (6): 1563 – 1571.
34. Lukaszewicz, M., Davis, R., Bertrand, J.K., Misztal, I., Tsuruta, S. (2015). Correlations between purebred and crossbred body weight traits in Limousin and Limousin-Angus populations. *Journal of Animal Science*, 93: 1490 – 1493.
35. Maggi, N., Warren, E. (2002). Cruzamientos entre padres Charolais, Limousin y Salers con vientres Hereford, Angus-Hereford y Red Poll-Hereford, Peso al destete. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UdelaR. 84 p.
36. Massey, M.E., Benyshek, L.L. (1981). Estimates of genetic and environmental effects on performance traits from Limousin field data. *Journal of Animal Science*, 52 (1): 37 – 43.
37. Melucci, L.M., Mezzadra, C.A., Villarreal, E.L. (2005). Programa cooperativo de evaluación genética de reproductores bovinos. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/75-evaluacion_genetica.pdf. Fecha de consulta: 05/10/2016.
38. Mernies, B., Rodríguez, M., Macedo, F., López, R., Batista, P. (2014). Manual práctico de mejora genética. Montevideo, Universidad de la República, 86 p.
39. MGAP. (2016). Anuario estadístico agropecuario 2015. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2015/DIEA-Anuario2015-01web.pdf>. Fecha de consulta: 28/07/2016.
40. NBCEC (2010). Beef Sire Selection Manual. Disponible en: http://www.nbcec.org/producers/sire_selection/manual.pdf. Fecha de consulta: 08/08/2016.

41. Oleggini, G., Ravagnolo, O. (1995). Estudio de los factores ambientales que actúan sobre el crecimiento posdestete en bovinos de carne. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UdelaR. 72 p.
42. Phocas, F., Laloë, D. (2004). Genetic parameters for birth and weaning traits in French specialized beef cattle breeds. *Livestock Production Science*, 89: 121 – 128.
43. Ponzoni, R., Newman, S. (1989). Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production*, 49: 35 – 47.
44. Pravia, M.I. (2010). Desarrollo de objetivos e índices de selección en ganado para carne en Uruguay a través de un modelo bioeconómico. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UdelaR. 132 p.
45. Pravia, M.I., Ravagnolo, O., Urioste, J.I., Garrick, D.J. (2014). Identification of breeding objectives using a bioeconomic model for a beef cattle production system in Uruguay. *Livestock Science*, 160: 21 – 28.
46. Ravagnolo, O., Lema, M., Aguilar, P., Calistro, S. (2014). Anuario Hereford. Informe de Padres. Disponible en: <http://www.hereford.org.uy/sites/hereford/files/imagepicker/informe%20de%20padres%202014.pdf>. Fecha de consulta: 26/10/2016.
47. Rovira, J. (1996). Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur, 336 p.
48. Santamarina, I.N. (1998). Limousin: Antecedentes y posibilidades de estructurar un sistema de evaluación genética en la raza a nivel nacional. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UdelaR. 89 p.
49. SAS 2012. User's Guide: Statistics. Version 9.4 - Edition 2012. SAS Inst. Inc. Cary. NC.

50. Simcic, M., Malovrh, S., Cepon, M. (2006). Different parameters affecting body weights of Charolais and Limousine calves from birth to weaning. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 10 (2): 127 – 133.
51. SNIG. (2015). Animales registrados por razas. Disponible en: <https://www.snig.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?2,1,152,O,S,0,MNU;E;28;1;16;4;MNU>. Fecha de consulta: 28/07/2016.
52. Soares de Lima, J.M. (2009). Modelo bioeconómico para la evaluación del impacto de la genética y otras variables sobre la cadena cárnica vacuna en Uruguay. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 240 p.
53. Urioste, J.I., Ponzoni, R.W., Aguirrezabala, M., Rovere, G., Saavedra, D. (1998). Breeding objectives for pasture-fed Uruguayan beef cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 115: 357 – 373.