

1. INTRODUCCION

En 1879, se introdujo en Argentina los primeros animales Aberdeen Angus puros de pedigrí inscriptos en el Herd Book inglés. De origen Escoces rústico, mocho, de pelaje negro o colorado y con notables atributos productivos. Esta raza conocida como Aberdeen Angus, se caracteriza por su excelente fertilidad y aptitud materna, gran precocidad sexual y productiva, alta capacidad de crecimiento y excelente rendimiento al gancho con carne de calidad. Características que llevaron a su difusión, desde esa época y hasta la actualidad, hacia todos los países ganaderos. Actualmente más de la mitad de los 55 millones de bovinos argentinos llevan genes Angus, hecho que demuestra su adaptabilidad a diferentes climas, calidades forrajeras y sistemas productivos. Dadas las características del mercado local que tiende a producir animales de tamaño corporal moderado; esta raza cumple con este requisito ya que presenta valores intermedios de “frame score”, y un peso promedio de faena de 420 kg (Asociación Argentina Angus, 2013).

Los pastizales naturales y las pasturas cultivadas, son la base de la producción de carne vacuna en la Argentina. Cuando los nutrientes aportados por las pasturas resultan insuficientes, se suministran, por periodos cortos de tiempo, alimentos procesados o concentrados (Rearte, 2007). El 57% del stock bovino nacional se ubica en la región pampeana. En las áreas de mayores limitaciones de suelo, se concentra la actividad de cría y en los suelos de mayor aptitud agrícola, la recría y engorde, intercalando rotaciones con la agricultura. Debido a las características de los sistemas productivos pastoriles, el problema básico al cual se enfrenta el productor es lograr un equilibrio entre los requerimientos del animal y la producción de pasturas. Por ello es necesario identificar los individuos que mejor se adaptan a éstos sistemas con el objetivo de maximizar su rentabilidad (Firpo, 2006)

El mejoramiento genético animal (MGA) consiste en aplicar principios biológicos, económicos y matemáticos, con el fin de encontrar estrategias óptimas para aprovechar la variación genética existente y maximizar su mérito. El MGA involucra procesos de evaluación genética y difusión del material genético seleccionado, en los cuales se pueden usar tecnologías reproductivas artificiales tales como inseminación artificial y transferencia embrionaria (Montaldo y Barria, 1997). Las dos herramientas primordiales del MGA son la selección (determinar cuáles individuos van a dejar descendencia) y los sistemas de apareamiento (determinar cómo los individuos seleccionados serán apareados). En cualquier esquema de producción es esencial definir el biotipo que más se adapta a los objetivos del sistema, para luego elegir el material genético

que mejor se adapte al mismo. En dicha elección se debería tener en cuenta el tamaño, las características de crecimiento, la habilidad reproductiva del toro y los parámetros de calidad de carne (Firpo, 2006).

El objetivo de un programa de mejora animal es incrementar los beneficios económicos del sistema productivo por medio de la utilización de animales genéticamente superiores en caracteres económicamente importantes. Como consecuencia de esta forma de actuar, la descendencia tendrá una frecuencia más alta de los alelos favorables que afectan al carácter y por ello la media del carácter en la descendencia será mayor a la media del carácter en la generación parental (Molinuevo, 2005). Los objetivos de selección en un programa de mejoramiento genético, deben definirse en primera instancia, para luego en base a ellos, elegir los criterios de selección -variable fenotípica medible estrechamente relacionada al objetivo de selección- y por último realizar la evaluación de los reproductores. Posteriormente los principales problemas que se plantean en la formulación de un programa de MGA son: 1) definir el mérito genético de los candidatos a selección y 2) implementar la mejora: desarrollar el sistema de evaluación, uso y difusión de la mejora a la población comercial (Montaldo y Barria, 1997).

La medición objetiva de la producción de los animales es la base de la evolución genética, estos parámetros productivos se deben valorar en el proceso de selección, evaluar las razas y cruzas, estimar los parámetros requeridos para los programas de mejoramiento, medir aspectos económicos y optimizar el proceso. La genética y el ambiente son las causas de la manifestación del fenotipo de los individuos, tal como los observamos. La estimación del genotipo oculto, a partir de la manifestación del fenotipo, en la que participa el ambiente, es la base del MGA y puede inferirse por cálculos estadísticos. Los avances técnicos han permitido realizar mediciones más precisas y frecuentes (Montaldo y Barria, 1997).

Una de las principales limitantes al momento de realizar conclusiones sobre la superioridad de los animales candidatos a ser seleccionados para aparearse en la próxima generación, es la existencia de factores ambientales que influyen sobre el carácter elegido como criterio de selección, modificando su valor. Estos factores ambientales son de dos tipos, *efectos fijos*, que actúan aumentando o disminuyendo el valor de un carácter en todos los individuos (por ejemplo, el efecto del verano deprime el crecimiento de los animales y el invierno tiene un efecto favorable), y los *efectos aleatorios*, que están causados por infinidad de pequeños factores con un peso muy pequeño cada uno de ellos, y que inciden aleatoriamente sobre los individuos aumentando o disminuyendo el valor del carácter o caracteres en los que se está interesado. Los efectos ambientales aleatorios suavizan las diferencias que quedan entre las clases de los genotipos determinados por varios genes, y la resultante es una distribución aproximadamente normal. La mayor parte de las características de interés

económico presentan estas particularidades propias de las variables cuantitativas. El análisis de estas variables se realiza bajo un modelo infinitesimal, según el cual las mismas están determinadas por un número infinito de *loci* de efecto infinitesimal cada uno de ellos y el resultado de lo observado, a nivel fenotípico, es la suma de cada uno de ellos (efecto o valor aditivo) en conjunto con el efecto ambiental (Falconer y Mackay, 2001).

La variabilidad observada entre individuos de una población para una variable dada –varianza fenotípica- se puede descomponer en una parte atribuible a los genes –varianza genética- y otra atribuible al ambiente –varianza ambiental-. La proporción de la varianza fenotípica que se debe a los alelos se le denomina heredabilidad. En otras palabras la heredabilidad puede explicarse como la porción de superioridad (o inferioridad) fenotípica en los padres que es esperable observar en los hijos para una determinada característica, o como la proporción de las diferencias fenotípicas para una determinada característica que son explicadas por factores heredables, y no por componentes genéticos no aditivos o efectos ambientales. También puede decirse que la heredabilidad es una medida de la fortaleza (consistencia, confiabilidad) de la relación entre fenotipos y valores de cría para una determinada característica en una población (Batista, 2011). Cuando una variable presenta mayor heredabilidad, mayor será la relación que exista entre el fenotipo observado y el valor de cría del individuo. En general, cuando más alta es la heredabilidad de un rasgo, más alta es la exactitud de selección y mayor es la posibilidad de obtener una ganancia genética por medio de la selección fenotípica. Los valores de heredabilidad asociados a los criterios de selección más comúnmente utilizados en bovinos para carne, se indican más adelante en esta introducción. Los valores de heredabilidad se interpretan de la siguiente manera: un carácter con alta heredabilidad, significa que tiene una componente genética aditiva más importante que la componente no aditiva (Dominancia e Interacción). Los caracteres de alta heredabilidad serán más fáciles de mejorar genéticamente. En cambio, en caracteres con baja heredabilidad, otras componentes como la no aditiva y/o la ambiental, tendrán más importancia, lo cual hará más difícil la mejora genética.

Otro factor a tener en cuenta en las evaluaciones genéticas es la precisión, que se mide como la correlación entre el valor aditivo predicho y el valor aditivo real. La predicción puede ser de distinta naturaleza y calidad, por tanto el valor de la correlación puede ser desde 0, cuando no se dispone de información, hasta 1, cuando la información es muy completa, no alcanzándose jamás valores negativos. Para obtener una mayor respuesta a la selección interesa que este valor sea lo mayor posible y el mismo depende de: La heredabilidad, la cantidad y calidad de la información utilizada para la evaluación genética, la fuente de información empleada para el cálculo de los valores de cría (individual, familiar) y el método estadístico utilizado para la evaluación (BLP, BLUP). La precisión de la selección, cuando se realiza en base al valor fenotípico del propio individuo, puede estimarse como la raíz cuadrada de la heredabilidad (Falconer y Mackay, 2001, Ramírez, et. al; 2003). La selección animal es la herramienta primaria utilizada para mejorar la producción en caracteres de alta

heredabilidad, mientras que el manejo o el uso de cruzamientos, lo es para aquellos de baja heredabilidad. Otro factor a tener en cuenta es que los padres transmiten a su descendencia la mitad de su valor aditivo, que se denomina valor de mejora del individuo o valor de cría. De esta manera, muchos de los métodos de selección existentes pretenden estimar el valor aditivo de los candidatos a la selección y elegir como reproductores aquéllos que presenten mayores estimas del valor aditivo. La información para estimar el valor aditivo de los candidatos a la selección, se basa en datos del propio individuo a los caracteres objeto de selección -u otros caracteres si se hace selección indirecta- y en base a datos de individuos emparentados, ya sean ascendientes, colaterales o descendientes. En base a esta aproximación, una herramienta utilizada para estimar el valor de mejora de un individuo es el modelo animal, mediante la aplicación de ese modelo y utilizando la metodología BLUP (*Best linear Unbiased Prediction*) se estiman las Diferencias Esperadas en la Progenie (DEPs) de los individuos.

Las estimaciones de DEPs aportan información objetiva a productores que adquieren reproductores sobre las características de interés económico y permite comparar animales sometidos a diferentes ambientes productivos. Dicho modelo permite la separación de la mayor parte del efecto ambiental y de esta forma la predicción del comportamiento productivo promedio de las futuras crías de un animal (Montaldo y Barria, 1997). El valor de DEP predice cómo será el comportamiento, en promedio, de las crías del toro elegido en comparación con la progenie de los otros toros listados en la misma evaluación genética a nivel nacional, para cada una de las características de producción analizadas, como por ejemplo peso al nacer, peso al destete o área de ojo de bife (Guitou, 2004). Los valores DEPs pueden ser positivos, negativos o cero, y se expresan en la misma unidad de medida que la característica evaluada ("kg" las de desarrollo, "cm" para la circunferencia escrotal, o "cm²", para el área de ojo de bife, etc.).

La estimación de DEPs está asociada a un completo y riguroso control genealógico, que implica el registro de los padres de cada animal en la población y permite estructurar el pedigrí necesario para las evaluaciones genéticas. Los errores, tanto de datos de producción como de pedigrí, pueden afectar negativamente las tasas de mejoramiento genético, por este motivo, la participación de organismos oficiales como universidades e institutos de investigación, han sido claves al propiciar información de campo, veraz y válida. Se requiere de personal capacitado para organizar, mantener en operación los sistemas de evaluación a nivel de las asociaciones y en muchos casos para realizar evaluaciones de rebaños comerciales a campo (Montaldo y Barria, 1997).

Para elegir un reproductor adecuado es necesario sincronizar no solo tamaño-sistema, sino también tamaño-sistema-mercado en su conjunto, por lo que los establecimientos dedicados al mejoramiento de toros padres deben poseer diversidad de biotipos, si su meta es satisfacer las necesidades más variadas (Guitou, 2004)

En general en el proceso de MGA de una raza se puede observar la presencia de estructuras piramidales en la población, donde el mejoramiento fluye desde el ápice de la pirámide hacia la base. El ápice es el núcleo o grupo de animales élite, frecuentemente este es el único grupo de la población que está en control de producción. Integrado por animales Puros Pedigrí, hijos de progenitores dados de alta en el Herd Book Argentino (Asociación Argentina Angus, 2015). Se pueden distinguir estructuras de núcleos abiertos y cerrados, en el último caso los animales pertenecientes a estratos inferiores nunca vuelven hacia arriba. En este tipo de estructuras puede haber estratos intermedios multiplicadores, que permiten incrementar el número de machos para ser usados como reproductores en la base. Se conoce que la base, después de un tiempo, llega a tener un mejoramiento por año similar al observado en el núcleo, cuando en la base se usan machos del núcleo como reproductores. En este caso los animales se denominan Puros Controlados (animales que se inscriben, previa inspección individual, provenientes de vientres puro Controlado y toros puros de pedigrí mediante servicio natural o por inseminación artificial) y se observa un retraso asociado con el nivel genético, correspondiente a dos generaciones por estrato. (Asociación Argentina Angus, 2015).

La inseminación artificial y la transferencia de embriones fecundados desde el núcleo para ser usados en la base, son estrategias para reducir este retraso. Por lo anterior, la expresión económica del mejoramiento y la consanguinidad en la población base, deben ser evaluadas a nivel de la población comercial, dado que tanto la superioridad genética como la consanguinidad, se van a extender en forma diferente, dependiendo de la existencia de estratos multiplicadores, el empleo IA o la presencia en el estrato comercial de animales cruzados o de una sola población. Cuando los animales de la población comercial son cruza de poblaciones no emparentadas, la importancia práctica de la consanguinidad se reduce considerablemente. El peligro de los métodos basados en núcleos cerrados consiste en la posibilidad de que interacciones genotipo-ambiente reduzcan la respuesta genética en la población comercial cuando el núcleo es mantenido en condiciones de ambiente (alimentación, manejo, clima) diferentes a la base (Montaldo y Barria, 1997).

La producción de carne es el resultado de un proceso fisiológico, que abarca los factores asociados con el animal, el ambiente que lo rodea y la interacción entre ellos. Es por eso que, los animales seleccionados además de ser genética e individualmente más productivos; deben expresar mayor productividad en el sistema en conjunto (Molinuevo, 2005, Piccirillo, 2008). Como ya se mencionó, en Argentina la producción de carne se

caracteriza por desarrollarse principalmente en condiciones pastoriles, por eso los rodeos comerciales buscan maximizar la producción por superficie. La mayoría del material genético importado, ya sea como semen y/o embriones, es seleccionado en el marco de sistemas de producción más intensivos, con objetivos diferentes a los de un sistema pastoril y tiene influencia principalmente sobre la producción individual (Melucci et al., 2005).

Debido a las características del suelo y clima que nos permite la implantación de pasturas de calidad y volumen, los sistemas pastoriles son los que más se han desarrollado en nuestro país, además estos sistemas presentan un menor costo de producción y sustentabilidad, aunque es necesario realizar un manejo racional de los recursos para evitar su degradación. Los rumiantes son muy eficientes fisiológicamente para sostener eficientemente la producción y ganancia de peso, aprovechando nutricionalmente altas cantidades de fibras. En estos sistemas productivos, se trata que la constitución genética de los animales en interrelación con el ambiente logre aumentar la producción por hectárea. Por ello que es importante que los animales sean seleccionados en un sistema pastoril. Debido al progreso genético mediante la selección, podemos contar con semen proveniente de reproductores más productivos a nivel individual. Esta mayor productividad, no siempre significa una relación ingreso/gasto más favorable, debido a que los sistemas pastoriles no alcanzan a ofrecer todos los recursos nutritivos que permitan expresar ese potencial genético. El biotipo bovino más adecuado para este tipo de sistemas será aquél que requiera la menor cantidad de insumos, expresado en hectáreas, kg de forraje o cantidad de nutrientes, desarrollando la máxima productividad en un lapso de tiempo fijo. Es por este motivo, que la caracterización de biotipos que posean la habilidad de adaptarse a estos sistemas, se constituye en la llave fundamental para optimizar la eficiencia de producción. El desafío es que los animales logren expresar el potencial genético dentro de las restricciones que plantea el sistema. Por lo tanto, debido a que la selección genética da resultados a mediano plazo, debemos plantear los objetivos de selección de acuerdo al sistema productivo, ya sea intensivo, pastoril o un sistema mixto, de manera de ajustar los objetivos a nuestras circunstancias, condiciones de producción y a los mercados (Rafaelli, 2014; Mezzadra, 1998).

Uno de los pilares básicos en toda evaluación genética es la calidad de información registrada por los técnicos o criadores y acorde a las planillas de producción. Por lo tanto es imprescindible tener todos los animales del rodeo correctamente identificados. Los animales deben contar con un número único y permanente de identificación, así como también se deben registrar los datos de parentesco, fecha de nacimiento, datos de performance (pesadas y mediciones). Errores en estos registros, generarán un error de predicción del mérito genético de dicho ternero, que afectará los resultados esperados por los productores usuarios de dicha información genética (Calafé y Masgoret, 2014).

Según Cantet (2014), en Argentina se necesita reponer unos 200.000 toros por año, mientras que los programas de mejoramiento que llevan adelante las asociaciones de criadores solo generan 50.000. Esto quiere decir que 150.000 toros se encuentran fuera del circuito formal de evaluación genética y por lo tanto no responden a los requisitos necesarios de evaluación que permitan comparar toros bajo las mismas condiciones. Los programas de mejoramiento formal, que generan la estimación de DEPs, presentan diferentes requisitos para que los criadores participen en él, por ejemplo para participar del ERA, programa de evaluación de la AAA pueden ingresar todos los criadores afectados a la Asociación Argentina de Angus, ya sean con individuos de pedigrí o de puro controlado (Asociación Argentina Angus, 2015).

La prueba de producción es un método que permite evaluar el potencial genético de los animales, permitiendo valorarlos en condiciones de pastoreo y, además, no requiere que estén inscriptos en las asociaciones. Una limitante de las mismas, es que sus resultados se refieren únicamente a las condiciones ambientales que se proponen para dicha prueba. La finalidad de las pruebas pastoriles es la identificación de animales superiores, a través del uso de un sistema de evaluación basado en características de importancia económica, relacionadas con el desempeño o comportamiento productivo, con el objetivo de contribuir al mejoramiento genético de los rodeos de producción de carne bovina en condiciones pastoriles mediante un programa de selección, centrado principalmente sobre la vía paterna (Melucci, 2003). Para Bennett, (1990) la prueba de producción aplicada erróneamente se transforma en una competencia por ganancia de peso, que pone mucho énfasis en este carácter, lo que lleva a un alto peso al nacer, mayor tamaño y madurez tardía, obteniéndose un ganado menos productivo.

Existen diferentes ejemplos de pruebas de producción, en Pennsylvania por ejemplo, el Departamento de Agricultura, la Universidad Estatal, junto con la Asociación de Ganaderos y otras cooperadoras realizan pruebas de producción. Los objetivos de ese programa son: 1) Identificar y promover el uso de toros que son genéticamente superiores. 2) Medir la tasa de crecimiento, eficiencia alimenticia, características de la canal y la solidez estructural en condiciones uniformes. 3) Proporcionar información que normalmente no está disponible para los productores en las pruebas de las fincas. 4) Proporcionar información que puede ser empleada como herramientas de selección muy valiosa. 5) Demostrar cómo la genética afecta a las diferencias en la producción de carne en cuanto a la eficiencia y la calidad del producto final y el rendimiento. En esta prueba productiva se utilizan 30-50 animales en cada uno de los 5 corrales, en un programa oficial de 112 días. La información que se genera es la siguiente: 1) Nombre y dirección del criador, 2) Peso al nacimiento, 3) 205 días de peso al destete ajustado, 3) 112 días ganancia media diaria, 4) 365 días de peso ajustado, 5) Peso final de la prueba, 6) Aumento de peso diario, 7) Circunferencia escrotal, 8) Área pélvica, 9) Determinación ultrasónica del espesor de la grasa

y el Área de Ojo de Bife,10) Estimación de ultrasonidos de grado de calidad (marmoleo) (Departamento de Agricultura de Pensilvania, 2015).

En Argentina el grupo CREA Cabañas (Región Sudeste del Crea), realiza una prueba abierta de producción de toros, con el objetivo de medir en condiciones estandarizadas y en un periodo máximo de crecimiento y desarrollo de los animales (entre 8 y 14 meses de edad) sus parámetros productivos más representativos. En este caso la alimentación se realizó a corral con raciones de baja densidad energética, específicamente formulada para este propósito (en base a pellet de alfalfa). Se trabajó con 26 animales de 11 cabañas remitentes (5 CREA y 6 extra-CREA). Las mediciones estuvieron a cargo de profesionales acreditados: 1) Peso,2) altura, 3)circunferencia escrotal, 4) Área de Ojo de Bife, 5) Espesor de Grasa Dorsal y 6) Evaluación de calidad espermática (Cantet y Munilla, 2014).

En conjunto y de manera complementaria a la evaluación de reproductores ERA, la AAA desde el año 2002 realiza, una prueba de producción de toros en base pastoril. La prueba está a cargo de cabañeros de las provincias de Córdoba y Santa Fe, nucleados en la comisión Angus Centro. El objetivo de la comisión es mantener grupos activos de trabajo en el centro del país, y poder llevar adelante la prueba de producción con el fin de obtener información fenotípica a partir de mediciones conjuntas, bajo un mismo entorno productivo (Otero, comunicación personal). Esta prueba pastoril es denominada Angus Centro y participan cabañas que presentan toros de la raza Aberdeen Angus, negros y colorados, Puros de Pedigrí y Puros Controlados así como animales que no se encuentran registrados en la asociación. Durante el año de duración de la prueba, se realizan tres juras de clasificación fenotípica y además se toman mediciones de crecimiento, calidad de carne y aptitudes reproductivas. Todas estas características se combinan para obtener un índice final sobre el cual se identifican los mejores animales. Las características que se utilizan para evaluar los animales son: tamaño, Peso Final a los 18 meses - que mide el potencial de crecimiento del animal entre el destete y la edad de faena en planteos de invernada convencional - y la ganancia diaria durante la prueba. La evaluación reproductiva de un toro consiste en la revisión de las aptitudes físicas (corrección de aplomos, buena visión, condición corporal), el examen de los órganos reproductivos, la circunferencia escrotal y el análisis de la cantidad y calidad seminal.

Las características que se tienen en cuenta en la evaluación de toros por la prueba Angus Centro están enmarcadas principalmente para responder a los objetivos de selección asociados a: a) Crecimiento (Peso al Nacer, Peso al destete, Peso al año y a los 18 meses), b) Fertilidad (Circunferencia escrotal y calidad seminal), c) Calidad carnicera (Área de Ojo de Bife). Además de estos, el aspecto fenotípico y el tipo animal forma parte

de los factores que se considera por parte de los productores al momento de evaluar un reproductor. A continuación se describen los criterios de selección utilizados en la prueba.

El peso al nacer (PN), representa el primer registro que se obtiene de un animal para comenzar su vida productiva, está ligado al vigor, a la sobrevivencia del ganado de carne, y es uno de los factores de mayor importancia en la mortalidad hasta las 24 horas. Además, está asociado a pesos posteriores y es de gran importancia como base para la selección ($h^2 = 0,32$), con el objeto de evitar partos distócicos y alcanzar pesos al sacrificio en un periodo más corto. La evaluación genética para esta característica debe ser incluida como criterio de selección en los programas de mejoramiento genético (Donicer et. al, 2009; Vergara et. al, 2009). El peso de nacimiento de los terneros es el mayor factor que determina la dificultad de parto en vaquillonas. Los DEPs para peso al nacimiento de valor bajo favorecen la facilidad de parto, aunque a menudo están asociados con un menor potencial de crecimiento. De esta manera el peso de nacimiento y el crecimiento necesitan estar cuidadosamente balanceados. Afortunadamente existen animales que tienen DEPs moderados para nacimiento y por arriba del promedio para crecimiento (Breedplan, 2015) (Trus y Wilton, 1988).

El porcentaje de terneros destetados y el peso al destete de la cría, son quizás unos de los parámetros más importantes de medición en un establecimiento, ya que representan los kilos producidos por una vaca en ese año. Estos dependen de la producción de leche de la vaca, y la habilidad y eficiencia del ternero para ganar peso rápidamente. El peso al destete tiene una heredabilidad del 30-35% ($h^2 = 0,30-0,35$) y una repetibilidad del 40-45%. Es por esto, que mediante métodos de selección se puede mejorar el rodeo de un establecimiento. Si la repetibilidad de peso al destete es elevada, quiere decir que el ternero destetado de una vaca nos da indicios del peso al destete de la cría del siguiente año. Que la repetibilidad sea más elevada que la heredabilidad, muestra que hay una gran influencia del ambiente materno. Los pesos al destete pueden ser utilizados para evaluar la capacidad lechera de las vacas, la habilidad materna y la capacidad de crecimiento de un ternero. Pero hay factores no genéticos que afectan los pesos al destete, por eso es necesario hacer ajustes para evitar errores. Estos pesos tiene influencia del ambiente, por eso hay que ajustar por edad de la madre, sexo del ternero, edad del ternero y época de nacimiento. La edad estándar a la cual se recomienda ajustar el peso es a los 205 días del nacimiento del ternero. Desde el punto de vista práctico, no es posible destetar a todos a los 205 días, algunos se destetan con 160 días y otros con 250 días. Estos pesos se ajustan mediante una formula con parámetros estandarizados. Cuando no se tiene los pesos al nacer del ternero, se puede usar el peso promedio de la raza. El peso ajustado por edad de las crías en un establecimiento, elimina la influencia del ambiente debido a la edad.

Además, los pesos al nacer y al destete, es necesario corregirlos por la edad de la madre. En numerosos trabajos de investigación confirman que la edad de la madre afecta significativamente el peso al nacer y el peso al destete de sus crías, así como también la circunferencia escrotal. En general, cuando la edad de ella se incrementa de 2 a 7 años, también lo hace el peso al nacer de su progenie. A partir de entonces, y hasta los 9, el peso al nacer se estabiliza, para comenzar a decrecer cuando el vientre sigue avanzando en edad. En cuanto al peso al destete, el incremento de éste se debe principalmente al aumento en la producción lechera de la vaca hasta los 7 años. Entre esta edad y los 9 años, ella alcanza su nivel máximo de leche, para comenzar a decrecer junto al peso al destete. Este efecto de la edad de la madre sobre el peso al nacer y al destete de sus terneros es netamente ambiental. Por ello, previo a calcular los DEPs, es necesario utilizar factores de corrección con el propósito que las diferencias genéticas reales entre animales no queden enmascaradas por ese efecto ambiental (Resumen de padres Angus, 2014)

El peso final tomado a los 15 o 18 meses de vida mide el potencial de crecimiento del animal entre el destete y la edad de faena en planteos de invernada convencional. Predice la capacidad que tiene el toro considerado para transmitir la capacidad de crecimiento a sus crías, medido como peso a los 18 meses (Resumen de padres Angus, 2014). El peso a los 18 meses tiene una heredabilidad de $h^2 = 0,52$, (Asociación Angus Argentina, 2006) A mayor valor de DEP mayor será la velocidad y potencial de crecimiento post-destete que un reproductor será capaz de transmitir a su descendencia. Existe una relación, entre los DEPs de Peso al Nacer y Peso 18 Meses. De la misma se desprende que existe un grupo de toros con altos DEPs para Peso a los 18 meses y bajo DEP para Peso al Nacimiento (Aguilar et. al, 2004). Según lo recomendado por la AAA (Asociación Angus Argentina, 2015) para lograr más kilos de carne por hectárea/año no siempre se debe elegir los animales con DEP mayores para las características de crecimiento, sino aquellos cuyo tamaño corporal se adapte mejor al sistema de producción. La idea es sincronizar tamaño-sistema-mercado y cuando seleccione un reproductor se tenga en cuenta el sistema de producción donde él deberá expresar su máximo potencial genético y el objetivo de mercado que tenga ese sistema productivo. En resumen se recomienda que el productor determine el frame (tamaño) más adecuado para su sistema de producción, y dentro de dicho frame elija los animales de DEP mayores para peso final (a los 18 meses), ya que estos serán de más fácil terminación (más precoces).

En cuanto a los criterios de selección asociados a la fertilidad, en general son de heredabilidad de baja a muy baja; mientras que la circunferencia escrotal (CE), es un carácter anatómico y por ello de alta heredabilidad ($h^2 = 0,43$), muestra correlación positiva con características reproductivas como calidad seminal y edad a la pubertad de las hijas. El tamaño testicular tiene una correlación de negativa a baja con el peso al nacimiento ($r = -0,04$ a $0,18$), indicando esto que toros con gran CE pueden ser seleccionados sin incrementar el peso al nacer y

por consiguiente sin aumentar los problemas al parto por distocias. Con respecto a los índices de crecimiento, la CE tiene una correlación genética favorable con la tasa de engorde. La correlación entre CE y peso al destete, como así también la de CE y peso al año tienen una variación que va de $r = 0,10$ hasta $0,86$ y de $0,10$ a $0,68$; respectivamente. A largo plazo, el mayor beneficio de utilizar toros con una CE por encima del promedio es la transmisión de una mayor fertilidad a sus hijas. Estudios realizados en Colorado State University, mostraron una alta correlación negativa importante ($r = -0,71$) entre el diámetro testicular de los toros utilizados y la edad a la pubertad de sus medias hermanas e hijas. Las hijas de toros con una CE por encima del promedio de su edad y raza, alcanzan la pubertad más temprano, ciclan en forma más regular y consecuentemente tienen una mayor productividad.

Respecto a la evaluación de calidad seminal, si bien no existe ningún examen in vitro altamente correlacionado con la fertilidad, hay diversas pruebas de laboratorio que permiten estimar la calidad seminal, muy útiles cuando son realizadas correctamente e interpretadas con criterio. La evaluación de semen utilizada en la prueba pastoril Angus Centro consiste en la evaluación microscópica de una muestra de semen. Inicialmente, se analiza in situ la motilidad masal y la actividad individual de los espermatozoides. Posteriormente, se estudia la morfología o forma de la célula espermática, característica importante del semen, ya que los espermatozoides anormales tienen menor aptitud para fertilizar un óvulo. Se considera aceptable un mínimo de 70% de células normales (Catena y Cabodevila, 1999).

En cuanto a las características carniceras, el área ojo de bife es una medición que se efectúa mediante ultrasonido, entre la 12° y 13° costilla, colocando el transductor en forma perpendicular al animal, se mide en centímetros. Esta medida refleja la calidad carnicera de la res y tiene correlación negativa con el engrasamiento, cuando aumenta la musculatura, disminuye el engrasamiento y viceversa. Por lo que se busca un equilibrio entre ambos, además tiene correlación positiva con el rendimiento al gancho. Este carácter es de mediana heredabilidad y tiene a su vez correlación genética positiva con los cortes minoristas. Esto sugiere que al seleccionar los reproductores por mayor AOB, nos permite mejorar los cortes minorista del rodeo (Melucci y Mezzadra, 2003).

Como ya se mencionó anteriormente el éxito de la cría de ganado, depende de la capacidad que se tenga para evaluar los valores y atributos positivos de un reproductor. Y esto, no solo se refiere a los aspectos genéticos ya tratados, sino también a cuestiones fenotípicas que no pueden seleccionarse de manera convencional. El juzgamiento fenotípico es una técnica basada en la observación directa. Siendo un juicio que emite el evaluador en base a su conocimiento adquirido por su experiencia como jurado. Sin embargo, existen

datos experimentales que indican que es difícil predecir el valor genético de un animal, o aún su productividad fenotípica por la simple observación o medidas corporales. Los valores que importan para la selección de una raza no pueden determinarse objetivamente por inspección visual. Esta adquiere importancia en la observación de los caracteres sexuales secundarios, como una orientación de la capacidad reproductiva de los animales. Y es insustituible en la evaluación de la corrección estructural y aplomos, una característica de moderada a alta heredabilidad. Pero es una evaluación subjetiva que no es repetible (Firpo, 2000), por lo tanto no puede analizarse estadísticamente.

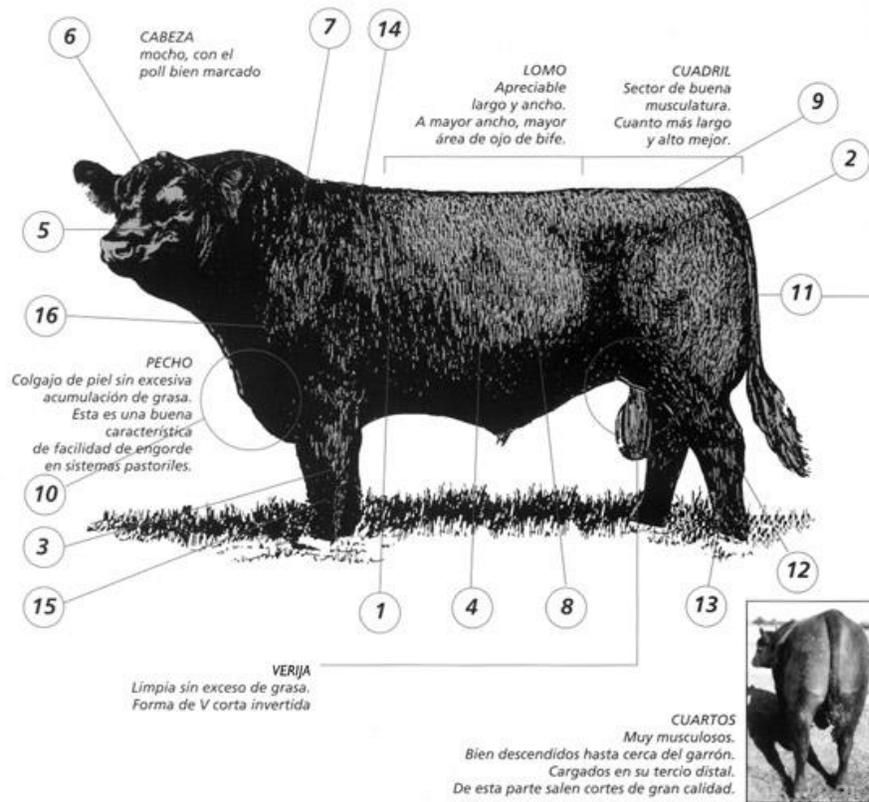


Figura 1.1 Características morfológicas de la raza Angus (Asociación Argentina Angus, 2015).

En bovinos de la raza Aberdeen Angus (Figura 1.1), el método de juzgamiento fenotípico se hace -entre otros aspectos- en base a: 1) Biotipo, se buscan animales de tamaño intermedio, ya que éste no solo afecta al novillo, sino que también a las hembras. 2) Profundidad, este parámetro (amplitud de costillas y arco costal) está asociado a la capacidad ruminal y en ella reside una mayor capacidad de adaptación a los sistemas pastoriles. 3) Masas Musculares, es importante que sea equilibrada para no aumentar el tamaño de las mismas, ya que se encuentra correlacionado negativamente con la fertilidad de las hembras. Se buscan animales de

lomo ancho (indica buen ojo de bife), con escápulas separadas a nivel de paletas y sus cuartos deben ser largos teniendo carne bien descendida hasta cerca del garrón. 4) Morfología, corrección estructural y aplomos.

La funcionalidad que se busca en la raza, tiene que ser exigente en la corrección de aplomos debido a que nuestros sistemas pastoriles les exigen a los animales grandes desplazamientos en busca de alimentos, y si se tiene en cuenta que, los sistemas de cría han sido ubicados en zonas muy extensas, con baja oferta forrajera y receptividad, por lo que el buen desplazamiento es indispensable (Asociación Argentina Angus, 2015).

La prueba pastoril Angus Centro, se desarrolla con el objetivo de contribuir al mejoramiento genético de los rodeos de producción de carne bovina en condiciones pastoriles mediante selección. En base a los resultados obtenidos durante los años de realización de la prueba se planteó el desarrollo de este trabajo de tesis.

HIPÓTESIS

- 1) Existe una tendencia positiva en los valores fenotípicos observados en los diferentes años de realización de la prueba.
- 2) Existe una correlación positiva entre los valores obtenidos en el índice utilizado para evaluar a los animales y los valores DEPs de los mismos

OBJETIVOS

- Realizar un análisis exploratorio de los registros disponibles.
- Proponer un índice que permita mejorar la precisión de la evaluación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Aspectos metodológicos de la prueba

La prueba pastoril Angus Centro lleva trece años de implementación, se realiza una prueba por año en el lapso comprendido, aproximadamente, entre marzo y noviembre. Los animales ingresan a la edad de 10-11 meses y participan alrededor de 70 reproductores por ciclo. Los animales son pesados y confinados en un potrero de acostumbramiento hasta fines de mayo, fecha estimada de iniciación del período de control propiamente dicho. La alimentación de los toros se realiza sobre pasturas base alfalfa (primavera-verano) y verdeos de centeno (otoño-invierno) con alguna suplementación estratégica con silo de maíz picado (menos del 1% del Peso Vivo). Durante toda la prueba son mantenidos a campo, en pastoreo rotativo sobre pasturas cultivadas consociadas, sin empleo de suplementos alimenticios. Se realizan los controles y tratamientos sanitarios. En el transcurso de la prueba se realizan determinaciones de peso vivo, en diferentes momentos, con balanza electrónica, estimación de la ganancia diaria, medición de circunferencia escrotal, análisis de calidad seminal, mediciones ultrasonográficas de área de ojo de bife y evaluación de aspectos fenotípicos.

2.2 Método de selección de la prueba

El método de selección que es utilizado para caracterizar los animales de la prueba e identificar a los que presenten superioridad, en relación a los objetivos de los productores que participan de la prueba, es un índice que no considera los pesos económicos de las variables. Se calcula en base a las mediciones fenotípicas realizadas y a una proporción del total que se le asigna a cada uno, previamente acordada por los participantes de la prueba. Este índice no está relacionado con valores económicos sino que se pondera en base a un criterio prefijado por los productores y se estima como se muestra en la ecuación 2.1. Los productores asignaron las proporciones usadas dándole mayor importancia al aspecto reproductivo ya que la circunferencia escrotal está asociada o tiene correlación favorable con producción de espermatozoides, tasa de engorde, peso al destete y al año, porcentaje de preñez, edad al primer parto e intervalo entre parto (Batista, 2011).

$$\text{Índice final} = (CA.C * 0.1) + (IGD * 0.1) + (IR * 0.4) + (IF * 0.4) \text{ [2.1]}$$

Dónde: IR = Índice reproductivo [2.2], IF = Índice fenotípico [2.3], CA.C = Característica carniceras [2.4] y IGD = Índice de ganancia diaria [2.5].

$$\text{Indice Reproductivo (IR)} = \frac{\frac{\text{Circunferencia Escrotal}}{\text{Circunferencia E.media}} + \text{Calidad seminal}}{2} \quad [2.2]$$

En la construcción del índice reproductivo [2.2] se tiene en cuenta la Circunferencia escrotal (C.E) y un indicador de calidad seminal. La CE constituye un indicador de la capacidad reproductiva del toro y es altamente heredable, mayor al 35% (Melucci y Mezzadra, 2003). Se recomienda medirlo dentro de los 300 a 700 días de edad, y que los toros se midan cuando estos están acercándose a la pubertad; esta medida variará dependiendo de las condiciones ambientales así como también por el biotipo del animal en cuestión. En la mayoría de los casos, la circunferencia escrotal será medida cuando los toros son pesados ya sea a los 400 o a los 600 días de edad. La medición de la circunferencia escrotal debe hacerse sujetando el escroto, colocando los testículos en el fondo de este y midiendo su circunferencia, con una cinta de medir en el punto medio de mayor circunferencia (Figura 2.1). Las mediciones deben registrarse en centímetros; debido a que hay variaciones en las técnicas de medida, es importante mantener la misma técnica consistentemente al medir todos los animales en un grupo (Breedplan, 2015). La calidad seminal se evalúa en laboratorio y según los resultados, los toros reciben un puntaje de 5 o 2,5. Si la calidad seminal es de 5, en el índice reproductivo, a la relación entre la circunferencia escrotal del animal y la circunferencia escrotal media de la población se le suma 1; y si el valor de calidad seminal es de 2,5 a esa relación se le suma 0,5.

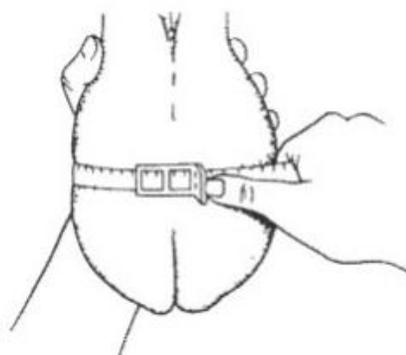


Figura 2.1 Forma correcta de medir la CE. (Breedplan, 2015)

La clasificación fenotípica usada para construir el índice fenotípico (ecuación 2.3), se realiza en tres oportunidades. Como resultado de la evaluación fenotípica los animales se clasifican con valores de 1, 2, 3 y 4 (los animales del grupo 1 pertenecen a la categoría más alta). En la primera jura, los jurados son tres cabañeros pertenecientes a la prueba (elegidos por sus propios miembros). Los puntajes para cada uno de los cuatro grupos son 20, 15, 10 y 5. En la segunda jura, el jurado está compuesto por cabañeros invitados, que no pertenecen a la prueba Angus Centro y los puntajes fenotípicos para cada uno de los cuatro grupos son 40, 30, 20 y 10 respectivamente. En la tercera jura, el juez es otro invitado no perteneciente a la prueba Angus Centro, distinto al de la segunda jura y los puntajes asignados a cada uno de los grupos son 60,45, 30 y 15. En el mes de Septiembre, hay un control echo por un inspector avalado por Angus, que se realiza antes de llevar los animales al remate que se hace en Octubre en la Sociedad Rural. Este inspector es el que realiza los descartes de los animales que no van al remate. (Otero, comunicación personal).

$$\text{Indice Fenotipico (IF)} = \frac{\text{Puntaje fenotipico}}{\text{Puntaje fenotipico medio de la poblacion}} \quad [2.3]$$

El índice de características carniceras, (CA.C) se estimó en base al área del ojo de bife. Como ya se explicó anteriormente, esta es una de las características de la res más importantes que se pueden determinar ecográficamente. Representa el área total que posee el músculo Longissimus dorsi, principal músculo del corte conocido como bife ancho. Contrariamente a la grasa dorsal, es un buen predictor de la cantidad de músculo que posee el animal (correlación del 60%), y presenta valores de heredabilidad intermedia (30%) (Melucci y Mezzadra, 2003). La medición que se hace entre la 12° y 13° costilla, se mide en centímetros, colocando el transductor en forma perpendicular al animal y luego se realiza la estimación del área ecográfica en cm² (Figura 2.2). A continuación se muestra la ecuación de características carniceras [2.4].



Figura 2.2. Imagen ecográfica del área de ojo de bife

$$Características\ carnicera\ (CA.C) = \frac{A.O.B}{A.O.B\ media\ de\ la\ poblacion} \quad [2.4]$$

El índice de ganancia diaria (IGD) se calculó en base a las ganancias de peso en diferentes intervalos, estas permiten evaluar la capacidad de adecuación de los diferentes biotipos al sistema de producción y son caracteres de mediana heredabilidad, no mayor al 30% (Melucci y Mezzadra, 2003).

$$Indice\ de\ ganancia\ diaria\ (IGD) = \frac{Ganancia\ diaria}{Ganancia\ diaria\ media} \quad [2.5]$$

2.3 Evolución de las variables fenotípicas

Se organizó la información disponible utilizando Acces 2007 y utilizando esta base de datos se analizó la evolución de las variables medidas en los animales pertenecientes a la prueba durante x años de selección. Se estimaron las medias y los desvíos estándares en cada año de selección para peso al nacer, peso al destete, circunferencia escrotal, área ojo de bife y ganancia diaria. La estimación se realizó con R (1999) y los gráficos se construyeron en Excel 2007.

2.4 Construcción de un nuevo índice para la evaluación de reproductores de la prueba pastoril

Con el objetivo de mejorar el método de evaluación que permita identificar mejor a los animales superiores participantes de la prueba se desarrolla un nuevo índice, modificado en base al concepto del índice de muscularidad (IM). El mismo se obtiene después de dividir el área de ojo de bife por el peso del animal en el momento de la medición (ecuación 2.6). Los valores normales se encuentran entre 6,87 cm² por cada 45,3 kg de peso vivo. Para animales de mayor peso que 453 kg el IM es menor. Por ejemplo, para un animal con un área de 91 cm² y con un peso vivo de 677 kg, el índice es de 0,134. Este resultado es menor debido a un mayor tamaño de vísceras, piel, huesos, etc. Esta es una herramienta sumamente importante de selección cuando se quiere evaluar características carniceras (Ferrario y Fernandez, 2007)

$$\text{Índice de muscularidad (IM)} = \frac{AOB}{\text{Peso al momento de la estimación AOB}} \quad [2.6]$$

En base al índice usado originalmente (ecuación 2.1) y al IM se construyó el índice propuesto (IP) como se muestra en la ecuación 2.7 y que se describe a continuación. El IP está conformado por el índice carnicero, que hace referencia a la valoración por el índice de muscularidad (ecuación 2.6), a continuación se incluyó el índice reproductivo como se muestra en la ecuación 2.8 y por último se agregó el índice de ganancia de la ecuación 2.5. La separación de la calidad seminal del valor de CE en la construcción del mismo se propone puesto que la calidad seminal no posee una alta relación con un objetivo de selección reproductivo.

Los valores de ponderación usados surgieron en base al índice original respetando la proporción y la importancia otorgada a cada criterio de selección. El otro 1/3 del índice está dividido en dos. Una parte corresponde a la tasa de engorde o ganancia diaria y la otra parte al tamaño de área de ojo de bife. La construcción del nuevo índice Angus ajustado se observa en 2.7 (Índice Propuesto). Dentro del índice original se

incluye el valor de las juras fenotípicas, como las mismas no son repetibles y no pueden analizarse estadísticamente no se consideraron en ésta comparación.

$$\text{Indice propuesto (IP)} = (IC * 0,167 + IR * 0,667 + IGD * 0,167) \quad [2.7]$$

$$\text{Indice Reproductivo (IR)} = \frac{\text{Circunferencia escrotal}}{\text{Circunferencia escrotal media}} \quad [2.8]$$

2.5 Evaluación de la efectividad de los índices

Con el objetivo de comparar el índice propuesto en la sección 2.4 con el usado originalmente en la prueba, se realizó la comparación de ambos con otro en el cual se incluyeron las estimaciones de DEPs para las variables fenotípicas consideradas en los índices (ecuación 2.9), denominado Índice DEPs (IDEP's). Para hacerlos comparables se modificó el índice original como se muestra en 2.10, excluyendo la caracterización fenotípica en su construcción. Este último se denominó Índice Original (IO). Para la comparación entre los índices IO e IP se utilizó la información de 79 animales pertenecientes a una cabaña Angus de referencia, ubicada en el departamento Alejandro Roca y que participa anualmente de la prueba Angus Centro. Los animales utilizados para la comparación se encontraban compartiendo el mismo ambiente y contaban con estimaciones DEPs provistas por ERA, con valores de precisión mayores a 0,6 en todos los casos y datos fenotípicos de CE, AOB, peso a los 18 meses y GDPV.

$$\text{Indice DEP'S} = (\text{DEP A.O.B} * 0.167) + (\text{DEP C.E} * 0.667) + (\text{DEP P.18.M} * 0.167) \quad [2.9]$$

$$IO = (\text{Ca.C} * 0,167 + \text{Indice reproductivo} * 0,667 + \text{Indice Ganacia} * 0,167) \quad [2.10]$$

El análisis exploratorio de los datos, la evolución de las tendencias genéticas y la estimación de las correlaciones se realizó utilizando los programas Microsoft Access y la plataforma estadística R (R core team, 2009)

3. RESULTADOS

3.1 Análisis exploratorio de los datos.

El desarrollo de esta tesis se realizó en base a los registros de la prueba pastoril Angus Centro correspondientes a 494 animales entre los años 2006-2014, sin haber datos en el año 2009. En la tabla 3.1 se muestran el número de cabañas participantes por año. Los animales entraban a la prueba con una edad de 10/11 meses. En la tabla 3.2 se muestran las variables que se midieron cada año. Como puede observarse, no todas las variables se midieron en todos los años y la cantidad de pesadas fue diferente entre los distintos años de la prueba.

Tabla 3.1. Cabañas participantes, el número de animales por cabañas, el total de animales y la cantidad de animales descartados por año de realización.

Año	N° Cabañas	N° Cabezas	Animales/ Cabañas	Animales descartados
2006	35	94	3	6
2007	30	80	3	15
2008	18	26	1	
2010	24	60	3	
2011	24	60	3	
2012	26	54	2	
2013	25	56	2	10
2014	27	64	2	13

3.2 Evolución de variables fenotípicas.

Se analizó la evolución de los valores promedios de las variables entre los años 2006 y 2014. Se observó que el promedio de los pesos al nacer de los animales que integraron la prueba en los distintos años disminuyeron desde 2007 a 2013 (Figura 3.1). Los desvíos en cada año mostraron valores entre 3,4 y 4,7 kg.

Tabla 3.2 Variables medidas en cada año de la prueba pastoril Angus Centro.

Año	Fecha de Nacimiento	Peso al Nacer	Peso al destete	Fecha de destete	Altura	CE	AOB	Calidad Seminal	N° Pesadas
2006	X	X				X			4
2007	X	X			X	X			4
2008	X	X	X	X		X			2
2010	X	X	X	X	X	X			7
2011	X	X	X	X		X	X	X	6
2012	X	X	X	X		X	X	X	4
2013	X	X	X	X		X	X	X	2
2014	X	X	X	X		X			6

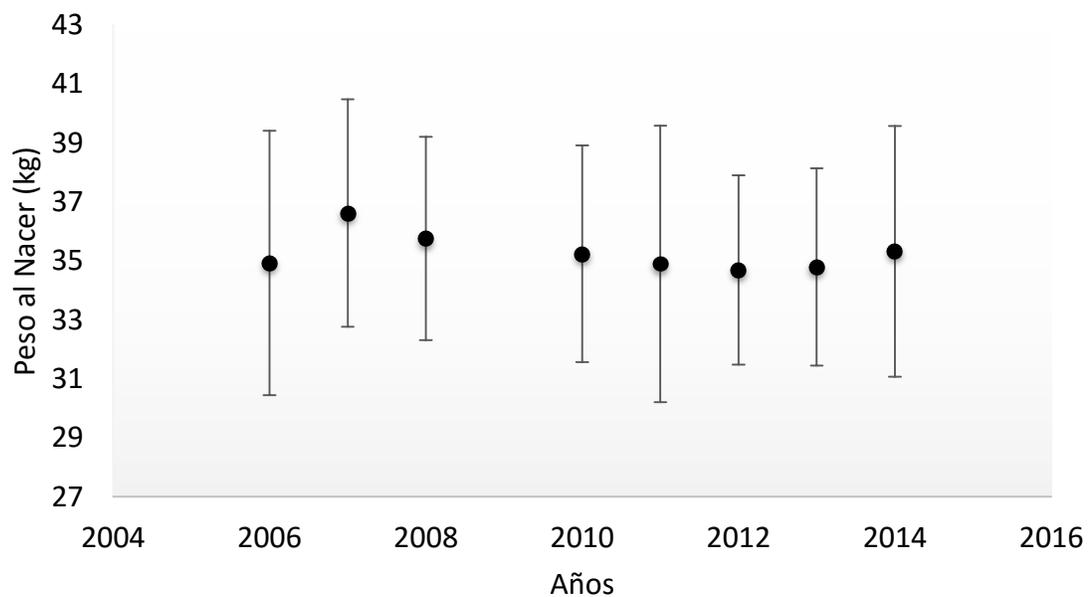


Figura 3.1. Pesos promedios anuales al nacer

En cuanto a los pesos promedios de destete de los animales que integraron la prueba en los años 2008-2014, excepto en 2009 que no hay datos, se observó mucha variabilidad entre los diferentes años (Figura 3.2). Los

desvíos se encuentran entre 21,6 y 41,6 Kg. La diferencia entre años puede deberse a aspectos netamente ambientales.

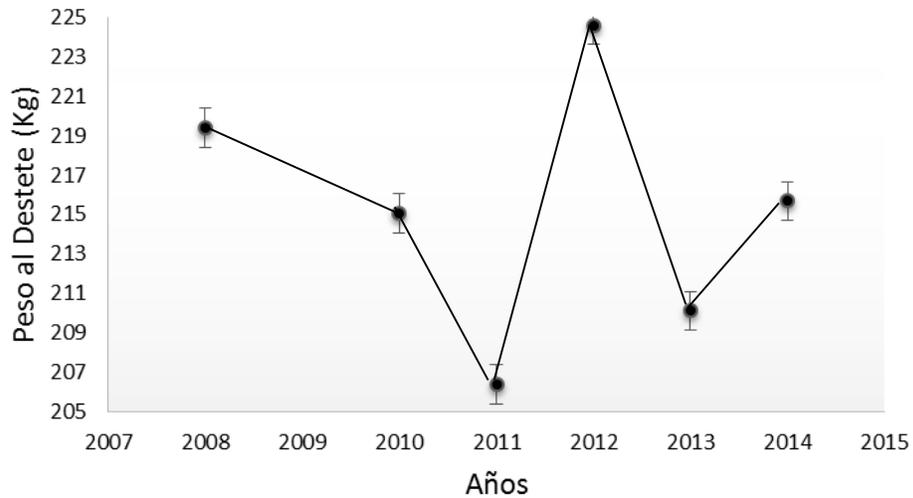


Figura 3.2. Pesos promedios anuales al destete.

La circunferencia escrotal promedio en los años (2006-2014) se observó que fue en aumento después de 2008, pero este incremento no se mantuvo y decayó en el ultimo año (Figura 3.3). Los desvíos se encontraron entre 1,6 y 2,3 cm.

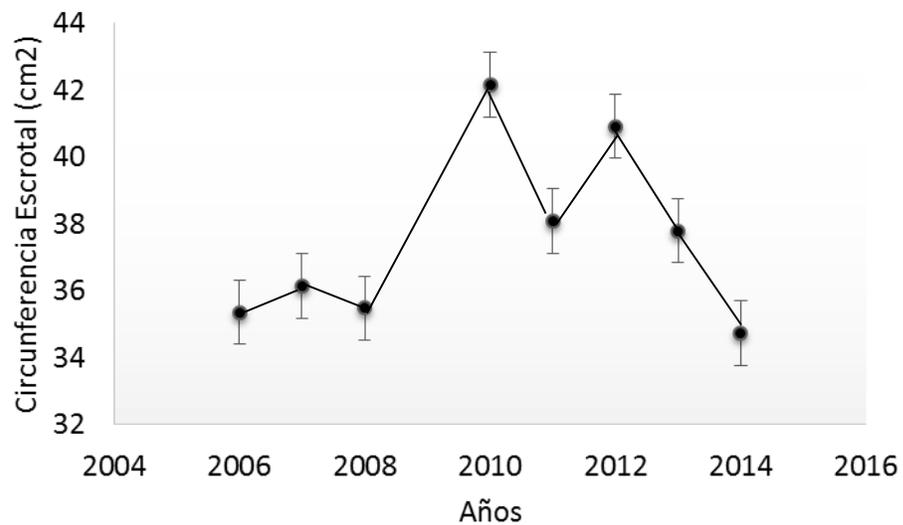


Figura 3.3. Circunferencia promedio anual (2006-2012).

El tamaño promedio del área de ojo de bife se analizó en los 3 años consecutivos que se registraron mediciones (2011-2013), se observó, en el año 2012, que tuvieron un menor promedio y desvío con respecto a los otros dos años (Figura 3.4).

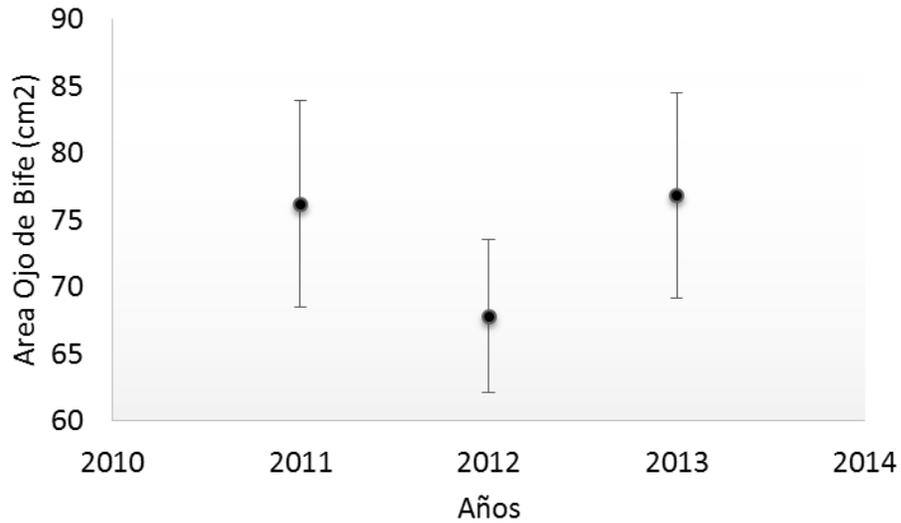


Figura 3.4. Area ojo de bife promedio 2011-2013.

Se observa que las ganancias diarias promedio de los animales que participaron en la prueba en los años (2010-2014), oscilaron entre 0,69 y 0,9 kg y los desvíos variaron entre 0,11 y 0,15 kg (Figura 3.5). En el año 2012 y 2014 se ve una menor ganancia diaria que se corresponde con una menor A.O.B para el mismo año.

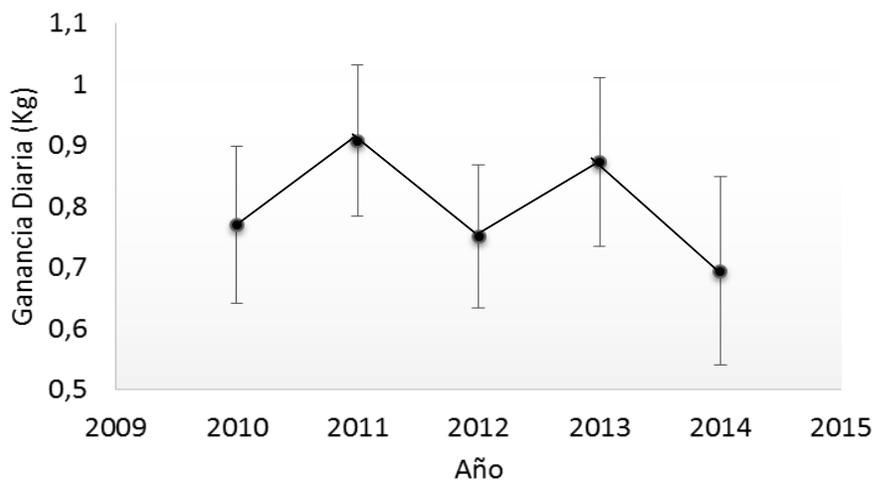


Figura 3.5. Ganancia Diaria promedio 2010-2014

3.3 Evaluación de la efectividad de los índices

En la Figura 3.6 se muestra la relación entre el índice original y el índice modificado con los valores de DEPs de los animales, estimador del verdadero valor de cría de los mismos. Se observó que el IP tuvo mayor relación con el IDEP's, presentando un valor de R^2 de 0,1867. En contraste el IO presentó una relación muy baja (R^2 de 0,009). La correlación obtenida entre IO e IDEP's fue de 0,28, mientras que la estimada para IP e IDEP's alcanzó un valor de 0,82, considerablemente mayor.

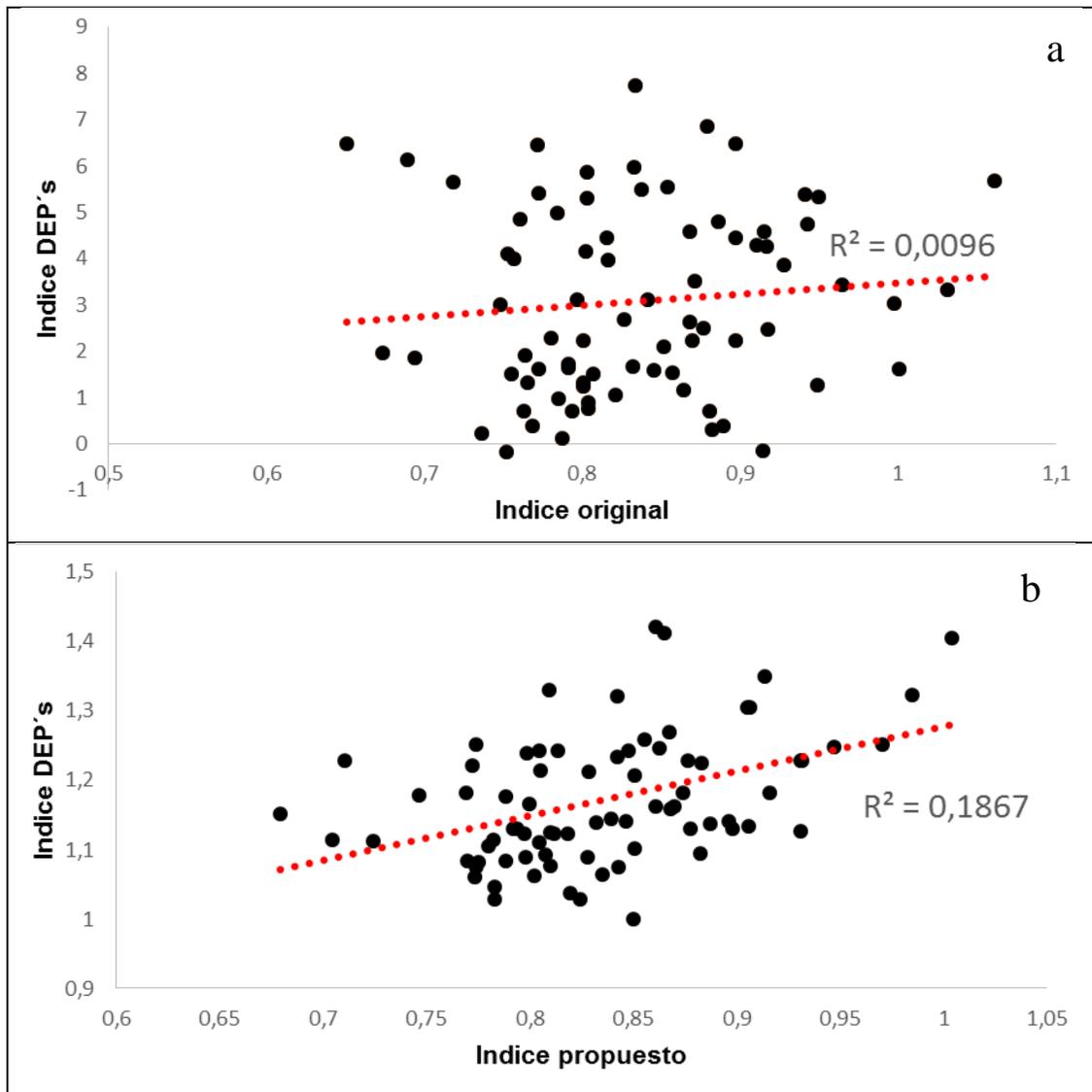


Figura 3.6. Relación observada entre el Índice DEPs con el Índice original (IO) (a) y con el Índice propuesto (IP) (b)

4. DISCUSIÓN

Mediante el análisis exploratorio de los datos disponibles se pudo determinar que las variables medidas en los diferentes años de realización de la prueba fueron diferentes. Este aspecto debe considerarse ya que la falta de datos para algunas de las variables afectó el análisis de la evolución de las variables cuantificadas. En relación a esto se recomienda que se desarrolle una metodología de registro y análisis de datos que pueda ser comparada anualmente y que además facilite la organización y estimación de los índices utilizados.

Respecto a la evolución de los valores fenotípicos observados se esperaba que los resultados de la prueba reflejen la selección que se realiza en las cabañas a través de los animales participantes en cada año en la misma, tendencia que puede apreciarse principalmente en el análisis en las variables de las que se disponía de más continuidad en los datos como son circunferencia escrotal y peso al nacer. Los resultados observados en la evolución de las diferentes variables, durante los años de la prueba, puede decirse, que están asociados principalmente al efecto del ambiente particular de cada año. Por las características propias de los datos usados no puede inferirse si las diferencias observadas se deben a variabilidad genética.

Cuando se compararon los resultados obtenidos con el índice propuesto (IP) en la sección 2.4 y 3.3, para la evaluación de reproductores pudo observarse que el mismo guardaba una mayor relación con aquel que consideraba las estimaciones DEP's (IDEP's) en comparación con el índice usado originalmente en la prueba (IP). Este resultado indica que la inclusión del índice de muscularidad (IM) en la evaluación de los reproductores permite realizar una mejor diferenciación de los animales genéticamente superiores, siendo este el principal objetivo de cualquier programa de mejoramiento genético. Según Fernandez y Ferrario (2007), en su práctica profesional observaron que existía un rango de variación suficientemente grande entre los animales medidos. Para ellos, esto demuestra que la selección basada solamente en el ojo del criador puede no ser tan eficaz en la identificación de las características carniceras de los toros. Por otra parte, en un estudio realizado en la región del Noreste Argentino por Jauregui et al (2013), concluyeron que el índice de muscularidad es una herramienta disponible en la producción de carne que debería ser difundida para su utilización.

El IM se expresa como una relación entre el AOB con el peso a los 18 meses de edad. De esta manera, además de incluir otra fuente de información en el método de evaluación, permite comparar animales que provengan de diferentes ambientes maternos (hijos de madres jóvenes vs hijos de madres en madurez productiva), o bien con épocas de nacimiento diferentes. Además, la inclusión indirecta, a través del IM, del peso a los 18 meses como fuente de información para construir el índice de evaluación, permite identificar los reproductores que tengan

potencial para mejorar la ganancia diaria post-destete, obteniéndose a través de ellos animales más precoces y pesados, capaces de producir más kilogramos de carne por hectárea. El peso final sirve para evaluar el crecimiento post-destete e indica la aptitud que tiene un reproductor determinado en transmitir a su progenie capacidad de crecimiento post-destete hasta la edad que correspondería la faena (AACH, 1996).

Los índices comparados en esta tesis no incluyeron la apreciación fenotípica para su estimación, puesto que no se disponía en la cabaña que se usó como referencia, de una información que pudiese compararse con la construcción del índice fenotípico utilizado. En relación a este aspecto, se propone que el índice posea una parte que responda a los aspectos relacionados con la genética cuantitativa y que luego, a este índice se le agreguen otros indicadores como la calidad seminal o el valor fenotípico, de manera que los productores puedan diferenciar en que aspecto se destaca más el reproductor que está comprando –genético o fenotípico- y luego pueda integrarlo según su criterio.

En cuanto a la selección por calidad de carne se sugiere tener en cuenta la inclusión en el índice de las mediciones, espesor de grasa dorsal, espesor de grasa de cadera y porcentaje de grasa intermuscular. Considerando que la introducción de estas características en el índice permitiría mejorar la precisión y potencia del mismo. Debido a que estas medidas junto al AOB están relacionadas a la cantidad y la calidad de carne de los reproductores, y que además, se encuentran altamente correlacionados con el peso al momento de la medición (Figura 5.1).

	(PM)	(%GI)	(AOB)	(EGD)	(EGC)	(%CM)
Peso a la Medición (PM)	0,57	-0,09	0,45	0,32	0,29	-0,23
Porcentaje de Grasa Intermuscular (%GI)	0,06	0,37	-0,05	0,2	0,17	-0,17
Área de Ojo de Bife (A.O.B)	0,46	-0,07	0,36	0,26	0,2	0,61
Espesor de Grasa Dorsal (E.G.D)	0,43	0,18	0,25	0,37	0,65	-0,44
Espesor de Grasa de Cadera (E.G.C)	0,43	0,17	0,23	0,55	0,41	-0,45
Porcentaje de Cortes Minoristas (%C.M)	-0,27	-0,19	0,64	-0,41	-0,4	0,36

Tabla 4.1 Heredabilidades (en la diagonal) y correlaciones de las características carniceras (Resumen de padres angus, 2014).

La manera en que se estima la ganancia diaria podría ser otro aspecto a tener en cuenta, ya que puede afectar la forma en que este dato permite identificar animales superiores, debido a que esta característica posee alta heredabilidad, estimada en 0,35 (Cienfuegos-Rivas, 2006). Cantet y Munilla (2014), en la prueba de toros CREA la estiman como la pendiente de una recta de regresión fija de los pesos a diferentes edades para cada individuo y ésta podría ser una metodología que podría probarse en una futura aproximación.

Las correlaciones entre tasas de crecimiento y pesos a diferentes edades son altas y positivas (Fouilloux et al., 1999). El peso al nacimiento constituye, por un lado, la manifestación más genuina de la capacidad de crecimiento puesto que es el peso que está menos influido por el ambiente externo, y por el otro, se encuentra alta y positivamente correlacionado con dificultades de parto, de esto se deduce directamente que la primera manifestación de la selección por tamaño o por tasa de crecimiento, que es prácticamente lo mismo, será el incremento del peso al nacimiento y con él, el aumento de las dificultades de parto. Estas correlaciones positivas implican claramente que, a menos que se establezcan restricciones, seleccionando animales por mayor tasa de crecimiento, se selecciona simultáneamente por mayor tamaño a todas las edades (Tabla 5.2). Es por ello que se recomienda la inclusión de los pesos al nacer en la evaluación de los reproductores, a los fines de evitar las consecuencias negativas de la selección por tasa de crecimiento sin considerar el peso al nacer.

**Tabla 4.2 Correlaciones entre pesos a diferentes edades y ganancia diaria
(Ménissier et al, 1986)**

	Peso al destete	Ganancia diaria	Peso a edad fija	Peso adulto
Peso al nacimiento	0,57	0,48	0,62	0,70
Peso al destete		0,45	0,72	0,58
Ganancia diaria			0,80	0,50

Como se expresó anteriormente entre las ventajas de la realización de la prueba, además de la comparación de animales sometidos al mismo ambiente de producción, permite la integración a un sistema de evaluación a reproductores que no están incluidos en el circuito de evaluación formal. Además en la mayoría de los casos los

reproductores no son adquiridos por otras cabañas, sino por productores comerciales, y como consecuencia de este circuito comercial, en general no se tiene un seguimiento de la progeñie de los toros evaluados. La creación de un control de descendencia de estos animales permitiría evaluarlos a través del comportamiento de sus hijos. Por eso una de las acciones que podría realizarse en un futuro es la recolección de semen de los toros para usar en inseminación artificial, a las vacas de los cabañeros que van a aportar toros el siguiente año a la prueba.

5. CONCLUSIONES

La evolución de los valores fenotípicos observados en los diferentes años de la prueba no presentó una tendencia positiva notable, y las variaciones observadas podrían responder a variaciones ambientales asociadas a los diferentes años de la prueba.

El índice utilizado actualmente en la prueba pastoril para identificar a los animales superiores genéticamente – sin considerar su fenotipo – presentó correlación positiva con estimaciones DEPs cuando se lo utilizó sobre animales de referencia.

La inclusión del índice de muscularidad en el mismo permitió incrementar ampliamente esta correlación, por lo que se infiere que su utilización permitiría identificar de una manera más precisa a los animales genéticamente superiores.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR I.; RAVAGNOLO O, 2004 Programa de mejoramiento genético de la raza Hereford. Mejoramiento Genético Animal INIA <http://www.hereford.org.uy/sites/hereford/files/ProgMejHereford.pdf> [Consulta: mayo, 2015]
- ASOCIACIÓN ARGENTINA ANGUS , 2006. Prueba pastoril del rio quinto Revista Angus, 2006. http://www.angus.org.ar/docs/Revistas/233/Revista_AnGus_n233_03_Prueba_Pastoril.pdf [Consulta: Noviembre, 2014]
- ASOCIACIÓN ARGENTINA ANGUS 2007 Selección de Reproductores por Calidad de Carne. <http://www.angus.org.ar/docs/Revistas/239/seleccion.pdf> [Consulta: JULIO, 2015]
- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ANGUS, 2009. Que es el E.R.A. Resumen de padres Angus, 2014. http://www.angus.org.ar/era_torosint.php [Consulta: Diciembre, 2014]
- ASOCIACIÓN ARGENTINA ANGUS 2013a La raza. <http://www.angus.org.ar/index.php?page=laRaza> [Consulta: octubre, 2013]
- ASOCIACIÓN ARGENTINA ANGUS 2013b. Resumen de padres Angus. . <http://www.angus.org.ar> [Consulta: febrero, 2014]
- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ANGUS, 2014. Peso ajustado al destete y al nacimiento por edad de la madre. Resumen de padres Angus, 2014. <http://www.angus.org.ar/docs/Textos-y-Graficos.pdf> [Consulta: JULIO, 2015]
- ASOCIACIÓN ARGENTINA ANGUS , 2015. Programa E.R.A. Orientación al criador. http://www.angus.org.ar/index.php?page=era_orientacion#p6 [Consulta: mayo, 2015]
- ASOCIACION ARGENTINA DE ANGUS, 2015. Características morfológicas de la raza Angus. http://www.angus.org.ar/index.php?page=laRaza_Caracteristicas[Consulta: mayo, 2015]
- ASOCIACION ARGENTINA CRIADORES HEREFORD (AACH) 2015 <http://www.hereford.org.ar/web/> [Consulta: Octubre 2014]
- ÁVILA et al, 2004 Terminación uniforme de las tropas, IPCVA <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=147> [Consulta: Noviembre, 2014]

- BATISTA, J. R. 2011 Relación y correlación existente entre circunferencia escrotal, peso corporal y edad, en toros Brahman de 18 a 60 meses de edad en la provincia de Chiriquí REDVET Volumen 12 Número 1 Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010111/011102.pdf>
- BENNETT J. 1990. Pasado y futuro en la genética del ganado para carne. Dr. Centros Regionales Patagonia Norte y Patagonia sur, INTA. Rev. Presencia, 4(20-21):28-30 Párrafos de una conferencia dictada en la Octava Reunión Anual de Campo "Field Day" de Ganado Para Carne en Utah, "Mayor Rentabilidad a Través de la Genética", Brigham Young University, Provo, Utah, 9 de febrero de 1988
- BREEDPLAN 2015 Registrando Datos de Tamaño Escrotal en BREEDPLAN.
<http://angusargentino.une.edu.au/pdf/Midiendo%20Circunferencia%20Escrotal%20para%20BREEDPLAN.pdf> [Consulta: marzo, 2015]
- BREEDPLAN 2015 Características para facilidad de parto <http://angusargentino.une.edu.au/> [Consulta: marzo, 2015]
- CALAFÉ M.C. Y MASGORET, S. 2014 Apuntes de clase del IX curso de Jurados Hereford. Asociación Hereford Argentina.
- CANTET R. J.C. Y MUNILLA, S. 2014 Prueba de producción CREA Cabañas: Análisis de la ganancia diaria de peso y del valor carne.
- CATENA, M., CABODEVILA J. 1999 Calidad seminal EVALUACIÓN DE SEMEN BOVINO CONGELADO. Taurus, 1(3):18-31. (1) Fac. de Cs. Veterinarias. Univ. Nac. del Centro de la Prov. de Bs. As. Trabajo presentado en el Simposio Internacional de Reproducción Bovina (UNCPBA), Tandil, 6 de agosto de 1999. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/05-evaluacion_de_semen_bovino_congelado.pdf
- CIENFUEGOS-RIVAS E G, DE ORÚE-RÍOS M.A.R; BRIONES-LUENGO, M. MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, JC 2006 Estimación del comportamiento productivo y parámetros genéticos de características predestete en bovinos de carne (Bos taurus) y sus cruza. Arch. Med. Vet. 38, Nº 1, COMUNICACION CORTA
- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE PENNSILVANIA 2015
<http://www.livestockevaluationcenter.com/Files/PerformanceTestedBullSaleCatalog.pdf> [Consulta: JULIO, 2015]

DONICER MONTES V.; VERGARA O.; ESPERANZA PRIETO M.; ANDRÉS RODRÍGUEZ P 2008.

Estimacion de los parámetros genéticos para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza Brahman. Rev. MVZ Córdoba 13(1): 1184-1191

FALCONER, D. S ; MACKAY T. F. C., 2001. Introduccion a la genetica cuantitativa.

FERRARI, O. 2013 Aspectos a considerar para la compra de un toro

<http://www.delsector.com/vernoti.php?notid=3926> [Consulta: Julio, 2015]

FERRARIO J. D. Y FERNÁNDEZ, M.A. Estudio de características de carcasa por ultrasonido: Medir para crear. 2007. Rev. Braford, Bs. As., 23(58):72-75. www.produccion-animal.com.ar [Consulta: JULIO, 2015]

FIRPO, 2000. Material del primer curso de jurado ANGUS 3° Exposición de A.Anus Gral Ancha- La Pampa

FIRPO, R. 2006 Prueba pastoril del Rio Quinto,

http://www.angus.org.ar/docs/Revistas/233/Revista_AnGus_n233_03_Prueba_Pastoril.pdf

FOUILLOUX M.N; RENAND G. GAILLARD J MÉNISSIER F. 1999. Genetic parameters of beef traits of Limousin and Charolais progeny-tested AI sires Genet. Sel. Evol. 31: 465-489

GUITOU, H.R. 2004. Interpretación y uso correcto de los DEP'S como herramienta de selección. Conferencia. 5ª Convención Anual de Angus, Auditorio de la Sociedad Rural Río Cuarto, Córdoba, Argentina

IBARRA GIL H., 2014. <http://www.unionganaderanl.org.mx/revista.asp> Fecha de última visita a la página 18 de noviembre 2014.

JAUREGUI, G. A. - PRESTER, N. S. - NAVARRO KRILICH, L. M. 2013 Gen de la ternera en carne vacuna: polimorfismos existentes en bovinos de carne en el NEA. Medición de ternera objetiva, XIX Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas -Edición 2013 <http://www.unne.edu.ar/trabajando/com2013/CA-Web/CA-058.pdf> [Consulta: JULIO, 2015]

LÓPEZ, M. V.,ARIAS MAÑOTTI, A.; SLOBODZIAN, A. 2005 Parámetros genéticos y ambientales para peso ajustado a 570 días en bovinos de raza Hereford <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/4-Veterinaria/V-008.pdf> [Consulta: Noviembre, 2014]

- MELUCCI, L. M.; MEZZADRA, C. A.; 2003, Prueba de comportamiento de toros a campo. <http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/genetica/comportoros2003.htm> [Consulta: octubre, 2013]
- MELUCCI, L. M.; MEZZADRA, C. A.; VILLARREAL, E.L, 2005, Programa cooperativo de evaluación genética de reproductores bovinos. II Jornadas Marplatenses de Extensión Universitaria. La Universidad en la perspectiva sociocomunitaria. Mar del Plata, 5 y 6 de agosto de 2005.
- MEZZADRA, C. A 1998 DIALOGO XXXV - Evaluación y Elección de Biotipos de Acuerdo a los Sistemas de Producción buscar http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/21-eleccion_de_biotipos.pdf
- MOLINUEVO, H. 2005. Genética bovina y producción en pastoreo. Pag. 83, Ed. INTA
- MONTALDO, H. Y BARRIA, N. 1997, Mejoramiento Genético en Animales. Ciencia al Día © Septiembre 1998, Vol. 1, No. 2.
- MONTES, V. 2009. Parámetros genéticos de características productivas y reproductivas para ganado de tipo carne en Colombia. http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/76-parametros.pdf [Consulta: JULIO, 2015]
- OTERO, F. COMUNICACIÓN PERSONAL 2015-
- PICCIRILLO D.A. 2008. Ultrasonido para calidad de carnes. Rev. Brangus, Bs. As., 30(57):82-84 http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/127-ESPESOR_GRASA.pdf.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- RAFAELLI P. 2014 Sistemas de producción Apuntes de clase del IX curso de Jurados Hereford. Asociación Hereford Argentina.
- RAMÍREZ, L. EGAÑA B. 2003. Guía de conceptos de genética cuantitativa. <http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/genetica%20cuantitativa/GENETICA-CUANTITATIVA.htm> [Consulta: Septiembre, 2015]

- REARTE, D. 2007. La producción de carne en Argentina. Sitio Argentino de la producción Animal.http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/48-ProdCarneArg_esp.pdf [Consulta: octubre, 2013]
- TRUS D, WILTON JW. 1988. Genetic parameters for maternal traits in beef cattle. Can J Anim Sci; 68:119-128
- VERGARA, D.M. 2009 Parámetros genéticos para el control del peso al nacimiento en bovinos de carne: cruzados en el trópico bajo colombiano*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v6n2/v6n2a03.pdf>