

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
FACULTAD DE AGRONOMÍA

DESARROLLO DE OBJETIVOS E ÍNDICES DE SELECCIÓN
EN GANADO PARA CARNE EN URUGUAY
A TRAVÉS DE UN MODELO BIOECÓNOMICO

por

María Isabel PRAVIA NIN

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Ciencias Agrarias
opción Ciencias Animales

MONTEVIDEO
URUGUAY
Diciembre 2009

Tesis aprobada por:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha: -----

Autor: -----

Director: -----

Co- Director: -----

AGRADECIMIENTOS

A la Sociedad de Criadores de Hereford del Uruguay por permitirme utilizar la información proveniente de la evaluación genética de sus animales.

Al grupo de Mejoramiento Genético Animal de INIA, Olga Ravagnolo, Gabriel Ciappesoni e Ignacio Aguilar, por permitirme ir acompañándolos y aprendiendo de ellos durante este tiempo y despertarme la motivación por esta área de trabajo. Especialmente a Olga por exigirme cada día más, orientarme en mi formación y al mismo tiempo darme el apoyo en la búsqueda de mi propio rumbo de aprendizaje.

A Jorge Urioste por su buena disposición durante el desarrollo de este trabajo, sus valorables aportes y experiencia en el tema.

A Diego Gimeno por sus valiosas contribuciones e importante participación en la reflexión y discusión de este trabajo. A Fabio Montossi por apoyarme, confiar en mí, y por facilitarme el tiempo necesario para dedicarle a finalizar esta tesis.

Al tribunal evaluador, integrado por Virginia Beretta, Bruno Lanfranco, Fabio Montossi y Gabriel Ciappesoni, quienes realizaron una crítica muy constructiva para perfeccionar este trabajo así como en destacar los aspectos principales e implicancias del mismo.

Por último, al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y a todo el equipo de Carne y Lana que han contribuido en mi formación profesional en todos estos años; y a la Facultad de Agronomía por darme la posibilidad de hacer este Posgrado.

Finalmente, agradezco a mi familia por apoyarme y alentarme permanentemente durante este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
1. INTRODUCCION GENERAL.....	1
OBJETIVOS GENERALES DE LA TESIS	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO ANIMAL	4
2.2. OBJETIVOS DE SELECCIÓN EN GANADO DE CARNE	6
2.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN EN GANADO DE CARNE	8
2.3.1. Características reproductivas.....	8
2.3.2 Características de crecimiento.....	9
2.3.3 Características de calidad de la canal	10
2.3.4 Características funcionales relacionadas con la eficiencia.....	11
2.3.5 Correlaciones entre las distintas características	12
2.4. DESARROLLO DE OBJETIVOS DE SELECCIÓN EN GANADO DE CARNE	12
2.4.1. Descripción del horizonte y tiempo en donde se va a desarrollar el objetivo propuesto	13
2.4.2. Descripción del sistema de producción. Especificación del sistema de cría, producción y comercialización.....	13
2.4.3. Identificación de fuentes de ingreso y costos de producción	14
2.4.4. Características biológicas que influyen en los ingresos y costos	15

2.5. VALORES ECONÓMICOS.....	17
2.5.1. Estimación de valores económicos.....	18
2.5.1.2. Funciones lineales y no lineales.....	19
2.5.1.3. Modelos Bio-económicos.....	21
2.5.2. Diferentes perspectivas en el cálculo de los valores económicos	24
2.5.3. Pesos económicos absolutos y relativos	26
2.5.4. Expresiones descontadas	28
2.6. ÍNDICES DE SELECCIÓN	31
2.6.1. Teoría tradicional de índices de selección.....	31
2.6.2. Propuesta de índices a partir de EPD	34
2.7. NUEVOS ENFOQUES EN EL DESARROLLO DE ÍNDICES DE SELECCIÓN	36
2.8. REFLEXION FINAL DEL AUTOR.....	39
3. IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS DE SELECCIÓN PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERO EN URUGUAY A TRAVÉS DE UN MODELO DE SIMULACIÓN BIOECONÓMICO.....	41
RESUMEN	41
SUMMARY	42
INTRODUCCIÓN	43
MATERIALES Y MÉTODOS	45
RESULTADOS	58
DISCUSIÓN	64
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFIA	73
ANEXOS	79
4. DESARROLLO DE ÍNDICES DE SELECCIÓN PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERO A PARTIR DE EPD DISPONIBLES	92
RESUMEN	92
SUMMARY	93

INTRODUCCIÓN	94
MATERIALES Y MÉTODOS	96
RESULTADOS	102
DISCUSIÓN	106
CONCLUSIONES	111
BIBLIOGRAFIA	112
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES.....	116
6. BIBLIOGRAFIA.....	119

LISTA DE CUADROS

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Cuadro 1. Características económicamente relevantes y sus indicadoras para vacunos de carne.	7
Cuadro 2. Heredabilidad promedio de características reproductivas. Entre paréntesis se presentan el número de estudios considerados.....	9
Cuadro 3. Heredabilidades de características de crecimiento	10
Cuadro 4. Heredabilidades y correlaciones genéticas en características de crecimiento .	10
Cuadro 5. Identificación de ingresos y costos y características biológicas asociados a ellos	16
Cuadro 6. Valores económicos estimados para un sistema puro de cría o rotacional (PB), línea materna (DL) y línea paterna (SL).	17
Cuadro 7. Expresiones de pesos económicos para diferentes características por unidad de la misma, por σ_A , por σ_P y por δG	27

3. MODELO BIOECONOMICO Y OBJETIVOS DE SELECCIÓN PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADEROS EN URUGUAY

Cuadro1. Estructura del rodeo de cría según la edad al parto.....	47
Cuadro2. Descripción de los pesos de la población para los hijos de vacas y vaquillonas	48
Cuadro 3. Requerimientos alimenticios (Kg de materia seca), costos por kg de alimento y costo total según categoría en el año.....	49
Cuadro 4. Frecuencias de dificultades al parto.	50
Cuadro 5. Premios recibidos por la hacienda de las distintas categorías.	51
Cuadro 6. Identificación de ingresos y costos de producción en los dos modelos propuestos.	53
Cuadro 7. Identificación de características que afectan los ingresos y costos	54
Cuadro 8. Valores económicos para los objetivos de selección expresados por beneficio económico total del sistema, corregido por el desvío estándar aditivo y por el desvío estándar aditivo y expresiones descontadas	59

4. DESARROLLO DE INDICES DE SELECCIÓN PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERO A PARTIR DE EPDs DISPONIBLES

Cuadro 1. Clasificación de las características económicamente relevantes y sus características indicadoras cuyos EPD están disponibles.	98
Cuadro 2. Valores fenotípicos medios, heredabilidades (h^2), desvíos genéticos y fenotípicos para las características objetivos y criterios; correlaciones genéticas (encima de la diagonal) y fenotípicas (debajo de la diagonal) entre las mismas.	99
Cuadro 3. Coeficientes de ponderación de los criterios en el índice (b).....	103
Cuadro 4. Respuesta a la selección en las características del objetivo y del índice como consecuencia de una intensidad de selección de 1 en el índice, y Ganancia genética económica (GGE) para cada característica individual y total acumulada.....	103

Cuadro 5. Respuestas a la selección en las características del objetivo y del índice, y respuesta económica acumulada obtenida como consecuencia de la utilización de los índices C, CR, CRR y CRR + P.....	105
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sensibilidad del valor económico de Facilidad de parto según los niveles de producción promedio del rodeo.	62
Figura 2. Sensibilidad de los VE a los costos de alimentación.....	63
Figura 3. Sensibilidad del VE a cambios en los precios, tomando como referencia los VE brutos obtenidos para el sistema CCP para los precios y parámetros del modelo base...	64

RESUMEN

La definición del objetivo de selección es el paso más importante en un programa de mejora genética. En Uruguay las principales razas bovinas disponen de valoraciones genéticas de sus animales expresadas como Diferencias Esperadas en la Progenie (DEP o EPD, sigla en inglés) para características asociadas al crecimiento, características carniceras y reproducción, las que son utilizadas en las decisiones de selección. Sin embargo, estas decisiones se han basado en percepciones individuales ya que no ha habido una definición formal de los objetivos de selección para los sistemas de producción de carne.

El objetivo general de este trabajo fue la identificación de objetivos de selección que deben ser seguidos por los programas de mejora genética en Uruguay para optimizar el retorno económico de los sistemas ganaderos y de toda la cadena cárnica. Para ello se plantearon tres objetivos específicos: i) realizar una revisión bibliográfica de los principales aspectos conceptuales involucrados en el desarrollo de objetivos de selección, ii) identificar los objetivos de selección para un sistema de producción ganadero de ciclo completo en Uruguay y calcular los valores económicos (VE) de las características económicamente relevantes (ERT) a través de un modelo de simulación bioeconómico propuesto, iii) desarrollo de un índice de selección que optimice el objetivo de selección definido en el primer trabajo.

En el primer trabajo se identificaron los objetivos de selección a través del modelo bioeconómico propuesto y se calcularon sus VE, encontrando que las características reproductivas fueron tres veces más importantes que las de crecimiento y consumo, reafirmando resultados nacionales anteriores. En el segundo trabajo se propuso un índice de selección a partir de los EPD disponibles y se demostró que la selección a través este índice permitió obtener progreso genético en las características del objetivo, lo que se tradujo en un mayor retorno económico para el sistema. Cuando

se compararon índices alternativos, se constató que el índice que incluyó reproducción y características de carcasa además de crecimiento permitió obtener un mayor progreso genético y retorno económico para el sistema. Las mayores limitantes encontradas en este trabajo fueron la falta de estimaciones de parámetros genéticos nacionales, fundamentalmente para características reproductivas y de consumo en pasturas, lo que determinó en gran parte los resultados obtenidos. Estas limitantes dejan planteadas cuales deberían ser las futuras líneas de trabajo para atacar estas restricciones.

La mayor contribución de este trabajo a nivel nacional fue que dejó planteado un método para la identificación de los objetivos de selección para un sistema de producción ganadero y cálculo de los valores económicos, así como un método para la implantación de índices de selección a partir de los EPD disponibles. Esta tesis puede ser tomada como guía para futuros trabajos y perfeccionada en la medida que se levanten las limitantes encontradas.

Palabras claves: características económicamente relevantes, producción de carne, retorno económico, respuesta a la selección.

SUMMARY

The definition of breeding objectives is the most important step in a breeding program. In Uruguay the main beef cattle breeds have genetic evaluations of their animals (EPDs) for trait associated with growth, carcass and reproduction which are used in selection decisions. However, these decisions have been oriented by individual perceptions because the formal breeding objectives for beef cattle production systems have not been defined.

The overall objective of this study was to identify the selection objectives that must be followed by breeding programs in Uruguay to optimize the economic return of

livestock systems and the entire beef chain. Three specific objectives were defined: i) to conduct a literature review of the main conceptual issues involved in the development of objective selection, ii) to identify the breeding objectives for a full-cycle livestock production system in Uruguay and calculate their economic values (VE) through a proposed bio-economic simulation model, iii) to develop a selection index that optimizes the selection objective defined in the first job.

Breeding objectives were defined in the first work through the proposed bio-economic simulation model and the EV of the economical relevant traits (ERT) were calculated. The results show reproductive trait was three times more important than growth and feed intake, confirming earlier national results. In the second paper, it was demonstrated that selection through the proposed index based on the available EPD, obtained genetic progress in the ERT defined earlier which resulted in an increased economic return to the system. When alternative indices were compared, the index that included reproductive, carcass and growth traits get greater genetic progress and economic return for the whole system. The major constraints found in this work were the lack of national genetic parameter estimates for reproductive traits and feed intake in pastures; which affected the results obtained. These limitations leave which should be raised for future lines of work.

The main contribution of this work at national level was raised in construct a method for identification of breeding objectives for livestock production system and calculation of economic values, and a method for the implementation of selection indexes from the available EPD. This thesis can be taken as a guide for future work and improved when the constraints were solved.

Key words: Economically relevant traits, beef production, economic returns, selection responses.

1. INTRODUCCION GENERAL

En los últimos años en Uruguay se han venido suscitando grandes cambios en la ganadería, así como en todo el sector agropecuario. El crecimiento exponencial de los precios de los granos, especialmente de la soja, ha llevado a que tierras con potencial para este cultivo se dediquen a agricultura, desplazado a la ganadería hacia zonas con menor potencial productivo. La forestación y la lechería también compiten por la tierra lo que obliga a la ganadería a crecer “hacia adentro” para mantenerse competitivo frente a los demás rubros. Estos cambios han planteado ciertos cuestionamientos de dónde y cómo se va a desarrollar la ganadería en los próximos años frente a este escenario ya instalado. Es cada vez más necesario hacer un mejor uso de los recursos disponibles, combinando de forma más eficiente las pasturas y el ganado, optimizando el manejo, la nutrición, la sanidad y la genética animal utilizados en dichos sistemas de producción. Hay una vasta información de cómo optimizar la productividad de los sistemas con el manejo diferencial de categorías, uso de suplementación en distintas etapas del desarrollo animal, entre otras, pero no se encuentra información acerca del impacto de la mejora genética de los animales sobre la eficiencia productiva de los sistemas de producción.

Un programa de mejora genética consta de varias etapas. En el primer lugar se encuentra la identificación de los objetivos de selección y las características que los afectan. A partir de ello se lideran los procesos de registración y evaluaciones genéticas. En Uruguay hace varios años que se cuenta con programas de registración y evaluación genética para las principales razas bovinas del país, Hereford y Aberdeen Angus. Animales bajo dichos programas disponen de estimaciones de valoraciones genéticas expresadas como diferencias esperadas en la progenie (DEP, o EPD en la sigla en inglés) para características de crecimiento, reproductivas y asociadas a la calidad carnicera. Algunas de estas características cuyos EPD están disponibles son características económicamente relevantes (ERT, sigla en inglés) que directamente influyen ingresos

o costos, mientras que otros EPD son características indicadoras y son útiles cuando la característica ERT no tiene un EPD disponible.

En nuestro país el uso de los EPD ha ido teniendo su lugar en los procesos de selección, fundamentalmente en las cabañas, pero está lejos de su uso potencial. La identificación de los objetivos de selección y la determinación de cuál EPD tiene mayor influencia en su sistema de producción no ha sido formalmente planteada y se ha basado en la intuición y experiencia de los criadores que intentan balancear las decisiones de selección entre las distintas características. A esto se le suma los antagonismos entre las distintas características que intervienen en la producción de carne, haciendo más difícil las decisiones de selección (MacNeil, 2005).

En los últimos años los científicos se han volcado a un método para combinar los EPD con los valores económicos de los sistemas de producción en un índice. El concepto original surgió con Hazel (1943) como el método más eficiente para optimizar la ganancia genética de un objetivo de selección, pero tuvo poco uso debido a la dificultad de su implementación. La principal limitación ha sido la falta de estimación de correlaciones genéticas y fenotípicas entre las distintas características (Newman et al., 1992, Golden et al., 2000). En el pasado reciente, el incremento en velocidad de las computadoras y el desarrollo de software permitió a los productores y a las sociedades de criadores volverse más proactivos en el desarrollo de estos índices (Enns et al., 2005). Actualmente, varias sociedades de criadores en Nueva Zelanda, Australia, Estados Unidos y Canadá proveen índices de selección con el fin de orientar las decisiones de selección y optimizar los programas de mejora.

A nivel nacional, Urioste et al (1998) definieron los objetivos de selección para cuatro sistemas de producción y calcularon los valores económicos para las características de interés derivadas a partir de una ecuación de beneficio. Sin embargo, no ha habido una demanda de desarrollo de índices por parte de quienes ejercen la

selección hasta en el último tiempo, ya sea por suponer que se estaban tomando decisiones en la dirección correcta, o por una falta de integración de la cadena cárnica que dificultaba la visualización de las necesidades de la industria y de esta manera el planteamiento de objetivos. Actualmente ante una cadena cárnica que pretende estar más integrada entre sus eslabones y donde es necesario producir lo que se demanda, surge la nueva inquietud de plantearse nuevamente estos objetivos.

OBJETIVOS GENERALES DE LA TESIS

El objetivo general de este trabajo fue la identificación de objetivos de selección que deben ser seguidos por los programas de mejora genética en Uruguay para optimizar el retorno económico de los sistemas ganaderos y de toda la cadena cárnica. Para cumplir con dicho objetivo se plantearon tres objetivos específicos. En primer lugar fue hacer una revisión bibliográfica de los principales aspectos conceptuales involucrados en el desarrollo de objetivos de selección. En segundo lugar se planteó un artículo científico, cuyo objetivo fue identificar los objetivos de selección para un sistema de producción ganadero de ciclo completo en Uruguay y calcular los valores económicos (VE) de las características económicamente relevantes (ERT) a través de un modelo de simulación bioeconómico propuesto. En tercer lugar se planteó un segundo artículo, cuyo objetivo principal fue la obtención de un índice de selección que optimice el objetivo de selección definido en el primer trabajo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se presenta una revisión bibliográfica a los efectos de profundizar en los conceptos teóricos del desarrollo y planteo de objetivos e índices de selección, su ubicación dentro de los programas de mejora, la distinción entre conceptos que pueden resultar similares, los métodos mas utilizados en su identificación y calculo, cuales son las limitantes, y por último una visualización de cuales son los nuevos enfoques en esta área. Una vez incorporados estos conocimientos se intentará que los mismos orienten la definición de los objetivos y procedimientos de los dos artículos científicos centrales de este trabajo.

2.1. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO ANIMAL

La mejora genética en los vacunos de carne tiene como objetivo optimizar genéticamente poblaciones de animales para que produzcan más eficientemente en situaciones futuras esperadas. Para ello se basa en el uso de la variación genética existente entre animales de una misma o distinta raza, y en la selección de los mejores animales para su utilización como padres para la generación siguiente (Groen, 1999).

Para funcionar exitosamente, un programa de mejora debe tener una determinada estructura organizacional (Dekkers, 1998, 2003; Simm, 2000; Ponzoni, 1998; Newman et al., 1994):

- (i) definición del objetivo de selección o meta;
- (ii) elección del criterio apropiado;
- (iii) organizar un servicio de recolección de registros de comportamiento;
- (iv) establecer métodos y herramientas para estimar el mérito genético de los animales registrados;
- (iv) presentación y uso de la información para la toma de decisiones de selección;
- (v) diseminación y uso de los animales seleccionados.

Hay un acuerdo general que la definición de los objetivos de selección y consiguiente desarrollo de los criterios de selección deben ser el primer paso en la estructura y desarrollo de un programa de mejora genética (Smith, 1985; Ponzoni y Newman, 1989; Newman et al., 1992).

La distinción entre las características del objetivo de selección y los caracteres utilizados en los criterios de selección es muy importante. Las características que aparecen en el objetivo deben ser aquellas que son de importancia económica y que por lo tanto están asociadas directamente con los costos y beneficios económicos del sistema de producción. Estas características deben incluirse en el objetivo, independientemente de su facilidad de medición (Ponzoni y Newman, 1989).

Por el contrario, los criterios de selección son aquellas características indicadoras que por tener alta correlación genética con las características del objetivo, poseer variación y ser de fácil medición muchas veces son las utilizadas para la estimación de los valores de cría o EPDs de los animales (Ponzoni y Newman, 1989).

Un segundo y tercer paso involucra la implementación de un sistema de registros de las características a ser medidas, de manera de identificar el mérito genético o valor de cría de los animales para las diferentes características objetivo (Groen, 1999).

Una vez estimado el mérito genético de los animales, esta información debe estar disponible para permitir la correcta decisión de selección. La diseminación y uso de los animales seleccionados consiste en establecer una estructura organizada para el uso de los animales con mayor valor genético y la diseminación de los genes superiores a través de la población (Groen, 1999). En este sentido, la estructura de los sistemas de producción toma gran relevancia. Éstos están estructurados de forma piramidal, en el vértice se encuentran los criadores elite o núcleos, quienes ejercen la selección, en el centro los multiplicadores y en la base los productores comerciales (Simm, 2000). El

flujo de mejora genética o diseminación ocurre desde los rodeos elite a los comerciales a través de los multiplicadores (Lush, 1946 citado por Harris y Newman, 1994). La tasa en que la mejora genética pasa de un estrato al siguiente está determinada por cuatro componentes: intensidad de selección, precisión de selección, intervalo generacional y variabilidad genética (Harris y Newman, 1994).

Para que la diseminación o flujo de la mejora sea efectiva, las direcciones de los cambios genéticos identificados por el ápice de la pirámide deben estar dirigidas a mejorar el retorno económico futuro para los demás estratos de la pirámide y una proporción de este retorno debe subir para estimular a los mejoradores. En una industria coordinada, el criador debe estar motivado económicamente a tomar decisiones de selección y mejorar genéticamente su rodeo en características que mejoraran económicamente el beneficio de sus clientes (Harris y Newman, 1994).

2.2. OBJETIVOS DE SELECCIÓN EN GANADO DE CARNE

Los objetivos de selección para ganado de carne son definidos como la combinación de todas las características que afectan económicamente un sistema de producción determinado (Ponzoni y Newman, 1989). En los sistemas de producción animal, la productividad es comunmente medida como beneficio generado por la empresa (Borg, 2002). Por esta razón, los objetivos de selección generalmente deben incluir cambios genéticos en las características que generan mayores beneficios económicos para el sistema ganadero, y de esta manera guiar el rol de la genética en facilitar el desarrollo de las estrategias de selección.

A modo de especificar las características más relevantes económicamente para los sistemas de producción de carne, Bourdon y Golden (2000) clasifican en orden decreciente: sobrevivencia, fertilidad y longevidad, producto, costos alimenticios, y otros costos. La importancia de éstas difiere según el ambiente productivo, económico y

de mercado, practicas de manejo y mérito genético del rodeo. Golden et al. (2000) sugieren una lista de características económicamente relevantes. Estas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características económicamente relevantes y sus indicadoras para vacunos de carne.

Características económicamente relevantes (ERT)	Indicadoras
Peso al destete directo	Peso 205d
Peso maternal (leche)	
Peso a los 600 días directo	Peso 365d
Peso carcasa directo	Peso carcasa
	Grasa intramuscular
Peso vaca de descarte	Peso de vaca descarte
Probabilidad de dificultad al parto	Escala de facilidad de parto
	Peso al nacer
	Largo de gestación
Costo de mantenimiento de vaca	Peso adulto de la vaca
	Condición corporal
	Producción de leche
	Peso de vísceras
Largo de vida productiva	Registros de terneros
	Días al parto
	Intervalo interparto
	Producción de leche
Tasa de preñez de vaquillonas	% de preñez
	Circunferencia escrotal
Terneza	Cantidad de grasa intramuscular
	Fuerza de corte
Días a faena a espesor de grasa subcutánea fijo	
Días a faena a peso final fijo	Grasa subcutánea y edad a faena
Días a faena para alcanzar grado de clasificación de calidad	Peso y edad a faena
	Grado y edad a faena
Docilidad	Escala de docilidad

(Adaptado de Golden et al., 2000)

Algunas características influyen el beneficio económico de algunos productores, pero no de otros. Para los criadores comerciales vendedores de terneros, el mayor valor económico consistiría en incrementar el número de terneros destetados, a

través de características reproductivas y maternas, así como el peso de los terneros por una mayor ganancia pre-destete. Por otro lado, los invernadores están más interesados en las ganancias pos-destete y en las características carniceras. A su vez, los consumidores se preocupan por la ternura y jugosidad, características que no representan ningún beneficio a los criadores pues no reciben ningún premio por ello (Kluyts et al., 2003).

2.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN EN GANADO DE CARNE

Una característica económicamente relevante en ganado de carne puede tener varias características indicadoras asociadas (Golden et al., 2000). En el Cuadro 1 se mostraron algunos de los criterios disponibles. A continuación se describirá brevemente grupos de características relevantes a la mejora genética en ganado de carne.

2.3.1. Características reproductivas

A pesar de que las características reproductivas tienen un alto impacto económico, su inclusión dentro de los programas de mejora ha sido obstaculizada debido a la dificultad de la registración y a su baja heredabilidad (Koots et al., 1994a). En el Cuadro 2 se presenta un resumen de algunas características y sus heredabilidades. Varios estudios recopilados por Koots et al. (1994a), muestran que las mediciones de fertilidad presentan heredabilidad de baja a media y que características indicadoras, como circunferencia escrotal entre otras, pueden ser más efectivas por su facilidad de medición para mejorar fertilidad. La alta heredabilidad de la circunferencia escrotal permite la obtención de una buena respuesta en la selección. Evans et al. (1999) estimaron una heredabilidad de 0,714 para circunferencia escrotal, pero una correlación genética aditiva muy baja (0,002) con preñez en vaquillonas, sugiriendo que debe ser desarrollado un EPD independiente para esta última, ya que su heredabilidad (0,138) lo permite, y que la selección a través de ésta sería más eficiente.

Cuadro 2. Heredabilidad promedio de características reproductivas. Entre paréntesis se presentan el número de estudios considerados.

Características	Heredabilidad
Edad a la pubertad	0,47 (6)
Edad al primer entore (días)	0,06 (7)
Tasa de concepción en vaquillonas	0,05 (9)
Tasa de concepción en vacas	0,17 (21)
Intervalo interparto en vaquillonas	0,06 (7)
Fecha de parto	0,08 (7)
Circunferencia escrotal	0,48 (25)
Tasa de destete	0,17 (9)
Facilidad de parto en vacas	0,13 (72)
Facilidad de parto en vaquillonas	0,10 (19)

(Adaptado de Koots et al., 1994a)

Algunas características como facilidad de parto y tasa de concepción son medidas en vacas y vaquillonas separadamente, debido a que los valores de heredabilidad indican cierta evidencia para tratarlos como características distintas.

2.3.2 Características de crecimiento

Las características de crecimiento fueron las primeras en registrarse por las sociedades de criadores por su facilidad de medición. Los pesos son registrados a distintos momentos en la vida del animal, como al nacimiento, al destete y al año. Estas características presentan altas heredabilidades (Cuadro 3) por lo que la selección por las mismas permiten obtener altas respuestas a la selección.

Cuadro 3. Heredabilidades de características de crecimiento.

Características	Heredabilidad
Peso al nacer: directa, materno	0.31 (167) ; 0.14 (34)
Peso al destete: directo, materno	0.24 (234) ; 0.13 (38)
Ganancia pos destete	0.31 (177)
Peso al año : directo	0.61 (27)

(Adaptado de Koots et al., 1994a)

Mayer et al. (2004) reportan valores de heredabilidades y correlaciones genéticas entre las características de crecimiento para la raza Hereford (Cuadro 4). Si bien el peso al nacer se encuentra dentro del grupo de las características de crecimiento, es utilizada a menudo como una característica indicadora de la probabilidad de distocia.

Cuadro 4. Heredabilidades en la diagonal y correlaciones genéticas debajo de la diagonal para características de crecimiento.

Característica	PN	PD d	PD m	P.año	P.adulto
PN	0.41				
PD d	0.62	0.12			
PD m			0.11		
P.año	0.51	0.90		0.23	
P.adulto	0.59	0.89		0.96	0.28

Referencias: PN peso al nacer, PDd peso al destete directo, PDm peso al destete materno, P. año peso al año, P.Adulto peso adulto. (Adaptado de Meyer et al., 2004).

2.3.3 Características de calidad de la canal

Varias sociedades de criadores han incluido características de la canal en sus programas de evaluación, debido a que los productores venden ganado con especificaciones de calidad (Bertrand et al., 2001). La selección a través de las mediciones de ultrasonido puede resultar en una mejora genética predecible para las

características de la canal (Moser et al., 1998). El área de ojo de bife (AOB), medido a través de la técnica de ultrasonido sobre el músculo *Longissimus dorsi*, es una característica indicadora del rendimiento carnicero y está asociada al peso final y peso de la canal (Moser et al., 1998). El porcentaje de grasa intramuscular, también medido por ultrasonido en este músculo, está altamente correlacionado con la cantidad de grasa intramuscular de la canal (Moser et al., 1998).

Las heredabilidades de las mismas son moderadamente altas. Koots et al. (1994a) revisó varios trabajos y las heredabilidades promedio encontradas fueron 0,42 para AOB, 0,44 para espesor de grasa, 0,38 para marmoreo, 0,23 para peso de la canal y 0,41 para peso de venta, todas medidas a edad constante. Las heredabilidades de estas características, medidas a grado de terminación constante son levemente superiores. En el caso de la terneza, otro atributo de calidad para los consumidores, las heredabilidades promedio fueron de 0,29.

2.3.4 Características funcionales relacionadas con la eficiencia

Hay varias características indicadoras que se refieren a la eficiencia, aunque son muy difíciles de medir. Tradicionalmente se utilizaba el tamaño adulto o “frame” como indicador de la energía de mantenimiento (Evans et al., 2002).

El peso adulto afecta muchos aspectos de la producción, incluyendo los requerimientos de mantenimiento (McMorris y Wilton, 1986), reproducción (Olson, 1994) y el valor de la vaca fallada, y por lo tanto el beneficio económico del sistema criador (Rumph et al., 2002). La heredabilidad encontrada por estos autores para el tamaño adulto es de 0,69. Sin embargo, Evans et al. (2002) mencionan que el tamaño adulto es insuficiente para estimar los requerimientos, por lo que se ha desarrollado EPD para energía de mantenimiento, combinando información del peso de la vaca adulta y su potencial de producción de leche.

Otras variables más complejas de medición de consumo han sido desarrolladas en el Reino Unido utilizando el consumo residual neto como una medida de eficiencia, que se expresa como la diferencia entre el consumo real del animal y su consumo predicho de acuerdo a su peso y ganancias diaria (Morris, 2002).

2.3.5 Correlaciones entre las distintas características

Las asociaciones genéticas entre las características en bovinos de carne son complejas. Koots et al. (1994b) realizaron una revisión de las correlaciones genéticas entre todas las características reproductivas, de crecimiento y de carniceras, siendo algunas en dirección favorable, mientras que otras en dirección contraria lo que dificulta las decisiones de selección.

2.4. DESARROLLO DE OBJETIVOS DE SELECCIÓN EN GANADO DE CARNE

Tal como fue expresado anteriormente, el desarrollo de los objetivos de selección debe ser el primer paso en la estructura de un programa de mejora. La definición de los objetivos fue desarrollada en el capítulo anterior. En este capítulo se presentan los pasos propuestos por Ponzoni y Newman (1989), complementados por Groen (1999) para el desarrollo de objetivos de selección en ganado de carne. Estos autores plantean 4 pasos:

1. Especificación del sistema de cría, producción y comercialización;
2. Identificación de las fuentes de ingresos y egresos del establecimiento;
3. Determinación de las características biológicas que influyen en los ingresos y egresos;
4. Estimación de los valores económicos de las características que componen los objetivos de selección.

A continuación se presentarán cada una las etapas.

2.4.1. Descripción del horizonte y tiempo en donde se va a desarrollar el objetivo propuesto

Para definir un objetivo de selección es necesario conocer cuál es el horizonte en los próximos años (Groen, 1999). Se debe identificar el contexto en donde se va a expresar la mejora genética: esto incluye las habilidades de manejo, niveles genéticos, tecnologías disponibles, legislaciones requeridas para la producción (bienestar animal, impacto ambiental, salud, etc). Estos aspectos están continuamente cambiando por lo que es imprescindible considerar los cambios tecnológicos y su impacto en el diseño de programas de mejoramiento sostenibles a mediano y largo plazo (Gibson y Wilton, 1998). De acuerdo a estos autores, también se debe identificar el contexto económico; esto incluye cambio de precios en los costos y productos, así como en las demandas de los diferentes productos, debido a cambios en las preferencias de los consumidores, demográficos, o por competencia por otros productos.

2.4.2. Descripción del sistema de producción. Especificación del sistema de cría, producción y comercialización

La caracterización del sistema de producción implica en primer lugar identificar las diferentes actividades dentro del sistema, establecer las interdependencias de las mismas, para luego determinar de forma precisa los diferentes flujos de entradas y salidas al sistema (Groen, 1999). Entre éstas, de acuerdo a Ponzoni y Newman (1989), se debe definir:

- Sistema o estructura de cría: ello implica el rol general del sistema de producción, razas multipropósito, líneas maternas, terminales o combinación de razas. También incluye la composición del rodeo, distribución numérica por categoría, edades promedio de cada categoría, número de reemplazos requeridos cada año, número de

animales disponibles a la venta, % de mortalidad, etc. Este paso define la fracción de genes en cada estrato.

- Sistema de producción y comercialización: involucra la descripción de cómo son manejados los animales dentro del establecimiento, por ejemplo la edad de entore, las políticas de reemplazo, % de procreos, peso y edad de faena, régimen alimenticio del ganado, manejo de pasturas, tratamientos veterinarios, personal a cargo, etc. También se debe describir el sistema de comercialización y venta, explicitando si hubiese alguna diferenciación por calidad de producto.

2.4.3. Identificación de fuentes de ingreso y costos de producción

De acuerdo a Ponzoni y Newman (1989), la identificación de las fuentes de ingreso y salidas del sistema de producción definido involucra la definición de una función de beneficio, en donde el beneficio sea función de los ingresos y costos.

Se pretende hacer una descomposición de las actividades del sistema. Las relaciones entre las actividades son consideradas como el flujo de entradas y salidas al sistema de producción. Esta aproximación, si bien es simplificada, es útil para entender el sistema, las variables que interactúan y sus relaciones (funciones matemáticas), lo que representan los flujos de productos y recursos (Groen, 1999). Para ello, se debe identificar no solo las salidas y entradas que implican movimiento de dinero, sino también aquellas que involucran movimiento de recursos, que generan un aumento de producción (ej: kg de carne/ha).

Ponzoni y Newman (1989) identifican de forma muy simplificada, aquellos ingresos y costos para un sistema definido como:

Ingresos: n° de terneros machos $\times$ \$ individual + Vaquillonas sobrantes $\times$ \$ individual + Vacas de descarte por edad $\times$ \$ individual

Costos: consumo alimento terneros x costo/kg + consumo de alimento vaquillonas x costo/kg + consumo de alimento vacas de descarte x costo/kg + costo de manejo de los terneros, vaquillonas y vacas + costos implicados en la venta de las diferentes categorías + costos fijos

Los costos de la producción animal dependen primariamente de la eficiencia de tres funciones básicas; reproducción, producción de la hembra (leche) y crecimiento (Dickerson, 1970, citado por Ponzoni y Newman,1989). Lo mismo ocurre con los ingresos, los que son obtenidos directamente por la producción de la vaca (leche) y por el crecimiento de su progenie (carne). En el ejemplo de Ponzoni y Newman (1989) el ingreso depende de la venta de los terneros al destete, las vaquillonas sobrantes y las vacas de refugo, y de los precios por animal vendido. Los costos dependen del consumo de alimento, del valor del alimento por kg., de los costos de manejo y venta de los animales, y de los costos fijos.

Los mismos autores sugieren hacer una distinción entre costos fijos y variables. Los costos variables son aquellos que varían con el nivel de producción, por lo tanto deben ser considerados. Los costos fijos son aquellos independientes del nivel de producción, como son las tasas de interés, costos de administración, etc. Estos autores proponen que los mismos sean ignorados debido a que la función de beneficio se expresa como una diferencia y que los términos que no involucran a las características desaparecen con la derivada parcial.

2.4.4. Características biológicas que influyen en los ingresos y costos

Ponzoni y Newman (1989) identifican los objetivos de selección como las características biológicas que afectan los ingresos y costos, considerando la ecuación de beneficio expresada en función de las mismas. Expresan el beneficio total, como la sumatoria del beneficio de cada categoría: $P = (P \text{ terneros machos} + P \text{ vaquillonas} + P$

vacas descarte) - costos fijos; donde cada P representa el ingreso menos el costo de cada actividad. Cada uno de estos términos puede ser descompuesto en función de las características del objetivo. Por ejemplo, el beneficio (P) respecto a los terneros machos está en función del número de vacas, número de vacas que destetan un ternero, peso de la canal, espesor de grasa, consumo de alimento. En el Cuadro 5 se resumen los ingresos y costos, y se identifican aquellas características biológicas que intervienen en los mismos.

Cuadro 5. Identificación de ingresos y costos y características biológicas asociados.

Efecto en beneficio	Producto o actividad	categoría	características
Ingresos	Parición	terneros	Día de parto Peso de canal – directo Peso de canal – materno Espesor de grasa
		vaquillonas	Día de parto, peso de canal, espesor de grasa
	Descarte por edad	vacas	Peso de canal vacas
Costos	Alimentacion	Terneros	Consumo alim, Día de parto
		Vaquillonas	Consumo alim, Día de parto
		vacas	Consumo alim, Día de parto
	Manejo	Terneros	Día de parto
		Vaquillonas	Día de parto
	Comercializacion	Terneros	Día de parto, Peso de canal – directo y materno, Espesor de grasa
		Vaquillonas	Día de parto, Peso de canal – directo y materno, Espesor de grasa
		vacas	Peso de canal

(Adaptado de Ponzoni y Newman, 1989)

De acuerdo a Groen (1999), en esta etapa se debe hacer una lista completa de las características que afectan el beneficio económico del sistema de producción definido, agrupándolas de acuerdo a su contribución en el sistema. Gibson (2005) plantea la importancia de no dejar características afuera del genotipo agregado que puedan conducir a subestimar o sobreestimar la importancia de otras características. Por ejemplo, ignorar fertilidad puede conducir a la sobreestimación del beneficio asociado al

incremento de rendimiento carnívero. La posibilidad de que una característica sea registrable no es un requisito para su inclusión en el genotipo agregado, pero sí para ser incluida en el índice.

2.5. VALORES ECONÓMICOS

El valor económico para una característica i se define como el efecto marginal v_i de una unidad de cambio en el nivel genético de la característica i en el objetivo de selección, manteniendo todas las demás características incluidas en el genotipo agregado constantes (Gibson, 2005). En otras palabras, se refiere al beneficio que puede ser esperado por cada unidad de incremento en mejoramiento genético de una característica (Ponzoni y Newman, 1989).

El valor económico de las mismas características puede diferir dependiendo de los sistemas de producción y mercado, circunstancias productivas, niveles de productividad del rodeo, aspectos sociales y económicos (Groen, 1999). Similarmente, sistemas de producción con distinta política de venta tienen valores económicos marcadamente diferentes (Hazel et al., 1943, Bourdon y Brinks, 1987). Koots y Gibson (1998a) compararon los valores económicos estimados para tres sistemas de producción con distintos genotipos en donde se observó que los valores económicos variaron de acuerdo a la orientación del sistema de producción (Cuadro 6).

Varios autores concuerdan que el valor económico relativo de algunas características, fundamentalmente de las reproductivas, dependen considerablemente de los valores fenotípicos medios utilizados en la estimación de los mismos (Amer et al., 1996, citado por Kluyts et al., 2003); y Enns et al. (2006).

Cuadro 6. Valores económicos estimados (U\$\$) para un sistema puro de cría o rotacional (PB), línea materna (DL) y línea paterna (SL).

Característica	PB	DL	SL
Tamaño adulto	3,62	-1,33	3,24
Facilidad de parto directo	3,81	6,49	4,56
Facilidad de parto materno	3,81	10,98	0,00
Fertilidad de la vaca	14,72	18,56	0,00
Sobrevivencia del ternero	17,53	18,11	9,43
Sobrevivencia de la vaca	3,72	4,24	0,00
Pico de producción de leche	0,45	0,46	0,00

Adaptado de Koots y Gibson (1998a)

2.5.1. Estimación de valores económicos

Existen distintos métodos utilizados para la estimación de los valores económicos, los cuales son expuestos por Gibson (2005). Las dos más utilizadas son las funciones de beneficio y los modelos de simulación bioeconómico.

2.5.1.1. Funciones de beneficio

Una función de beneficio es una única función, que representa las relaciones entre el desempeño de las características económicamente relevantes en los animales y el ingreso económico (Bourdon, 1998). Las funciones de beneficio han sido ampliamente utilizadas para determinar los valores económicos en sistemas de producción con vacunos y ovinos (Ponzoni y Newman, 1989; Ponzoni, 1998; Newman et al., 1992; MacNeil et al., 1994).

El valor económico para una característica i puede ser obtenido con la primera derivada parcial de la ecuación de beneficio (P) que incluye todas las características:

$$P = f(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$$

en donde y_i es el comportamiento de la característica i , y

$P_i = \frac{\partial f}{\partial y_i}$, la derivada parcial para la característica i respecto a la función P . Este método al utilizar las derivadas parciales evita la contabilización doble de costos (Gibson, 2005).

Esta ecuación también puede ser descripta como $y_i = u_i + g_i$, donde u_i es la media de la población para la característica i . Entonces la función se puede escribir como:

$$P = f(u_1 + g_1, u_2 + g_2, \dots, u_n + g_n) = f(u + g)$$

en donde **u** y **g** son los vectores de medias la población y desvíos genéticos aditivos respectivamente para las n características.

Debe ser enfatizado que las derivadas parciales son tomadas a valores productivos medios de las características en cuestión, ya que el objetivo es estimar el efecto en el beneficio que se genera por los cambios de esas medias (Brascamp et al., 1985). Decisiones de manejo que no estén vinculadas a la mejora genética no deberían influenciar las funciones de beneficio para calcular los valores económicos de las características del objetivo. Así mismo, es fundamental que las condiciones de manejo sean las óptimas (Ponzoni, 1998) para el cálculo y estimación de los valores económicos.

2.5.1.2. Funciones lineales y no lineales

Generalmente, las estimaciones de valores económicos expresados como el beneficio económico marginal al aumentar una unidad la característica de interés mientras las demás se mantienen constantes, asumen que la relación entre ambos es lineal (Meszaros, 1999). Sin embargo, algunas características pueden presentar una

relación no lineal con el beneficio económico. Éstas presentan un valor óptimo en que el precio recibido es el máximo y que declina si se mueve desde este punto para cualquiera de los lados. Un ejemplo de esto es el precio recibido por el pH de la carne (Meszaros, 1999).

Cuando el beneficio es una función lineal de los valores de las características, la maximización del beneficio del total de la población es igual a la maximización del beneficio promedio de un individuo en la población. En características que no son linealmente relacionadas con el beneficio individual y en donde el genotipo agregado no es lineal, el genotipo agregado puede presentar una asociación cuadrática entre las variables (Wilton et al., 1968, citado por Meszaros, 1999). En ecuaciones de beneficio lineales, el nivel productivo promedio no influye en los valores económicos marginales. Si la ecuación es no lineal, en cambio, el valor del cambio genético es influenciado más fuertemente por el nivel de desempeño. En estos casos surge la necesidad de desarrollar diferentes pesos económicos de acuerdo a la media de la característica. En casos de características con umbrales, la mejora de la misma no genera un beneficio económico hasta no llegar a determinado umbral, y una vez alcanzado dicho umbral, la mejora no incrementa el precio del producto (Fogarty y Gilmour, 1993, citado por Borg, 2004).

Koots y Gibson (1998b) señalan que se debe tener especial cuidado en la construcción de los modelos, especialmente en la definición de las características y las interrelaciones entre ellas. El supuesto de una relación lineal entre las características, además de ser una sobresimplificación de la realidad, puede llevar a impresiones irreales sobre el potencial del cambio genético. Sin embargo, Brascamp et al. (1985) sugieren que la mayoría de las ecuaciones de relación no lineales pueden ser generalizadas a una aproximación lineal debido a que la selección resulta en pocos cambios en el comportamiento.

La formulación de funciones de beneficio económicas han sido ampliamente utilizadas y hay varios ejemplos de aplicaciones útiles. De acuerdo a Newman et al. (1994) y Gibson y Wilton (1998), los métodos de Funciones de beneficio o Modelo Bioeconómico son las técnicas principales para la estimación de valores económicos. A pesar de esto, Amer (2006) considera que cuando se analizan las funciones de beneficio desde el contexto de teoría económica, resultan demasiado simples e inadecuadas para representar los principios económicos y las inter-relaciones biológicas que existen en la realidad.

2.5.1.3. Modelos Bio-económicos

Otra alternativa extensivamente utilizada para el cálculo de los valores económicos es el uso de modelos bioeconómicos de simulación. Un modelo de simulación bioeconómico es una sumatoria de ecuaciones que pueden ser agrupadas en tres niveles: las ecuaciones del primer nivel simulan relaciones biológicas (p.ej. parámetros climáticos, pasturas, consumo de MS, etc), las de segundo nivel simulan decisiones de manejo y de dinámica del rodeo (cría, recría, tasas de reemplazos, descarte, alimento); y las ecuaciones de tercer nivel reflejan el beneficio económico u otra medida de eficiencia económica (Bourdon, 1998; Koots y Gibson, 1998a).

Estos modelos de producción bioeconómicos han sido desarrollados primariamente para la comparación de razas y diferentes sistemas (Bourdon y Brinks, 1987; Koots y Gibson, 1998a). Más recientemente, han sido utilizados para derivar valores económicos para un número limitado de características en segmentos particulares de los sistemas de producción (Amer et al., 1994). Este método incluye programación matemática compuesta por un conjunto de ecuaciones de beneficio, que permiten una más completa descripción de los fenómenos biológicos y económicos entre las características y el escenario productivo del sistema analizado. Se basa en simulaciones de sistemas que describen el ciclo biológico de un animal bajo un análisis

económico y productivo que relacionan costos y salidas, recursos físicos y de manejo (Dekkers, 2003).

Los valores económicos son determinados por estos modelos mediante la simulación de cambios en cada componente genético de comportamiento (manteniendo los demás componentes constantes) y observando los cambios ocurridos en la salida económica final. Esto se puede resumir de la siguiente manera (Dekkers, 2003):

1. Se corre el modelo para las medias de todas las características, incluyendo la media de la característica i , (ui) y se registra el beneficio que se genera por animal (P_{ui})
2. Se incrementa en una unidad Δ la característica i , como $ui + \Delta$, mientras que se mantiene todas las demás características en sus valores medios, se corre nuevamente el modelo y se registra el promedio de beneficio/animal: $P_{ui + \Delta}$
3. Se deriva el valor económico para la característica i como:

$$V_i = \frac{P_{ui + \Delta} - P_{ui}}{\Delta}$$

Las diferencias en los valores económicos obtenidos para distintos sistemas de producción hacen que sea difícil ajustar un único objetivo de selección sin crear objetivos individuales para cada sistema (Fogarty y Gilmour, 1993, citado por Borg, 2004; Koots y Gibson, 1998a; Amer, 2001). Sin embargo, mediante la simulación, el problema de que los valores económicos varían de acuerdo a cada situación puede ser solucionado debido a la personalización del diseño del programa. Las tangentes de las curvas que describen las relaciones estudiadas por los modelos de simulación pueden ser utilizadas como los valores económicos relativos en una aproximación lineal y por lo tanto convertirse en una función lineal objetiva (Harris y Newman, 1994).

De acuerdo a Bourdon (1998), la principal ventaja de la simulación bioeconómica es su precisión. Los modelos de simulación contienen gran número de

ecuaciones que representan relaciones biológicas básicas, incluyen mayores detalles biológicos que las ecuaciones de beneficio, por lo tanto pueden ser más precisos en representar la gran cantidad de efectos que se generan por el cambio de un componente genético en un animal. Si el modelo de simulación está bien hecho, debería ser flexible, en donde sea sencillo alterar alguna variable a diferencia en una ecuación de beneficio en donde reparametrizar implicaría mucho tiempo. De esta manera permitiría a los productores comerciales especificar ambientes, prácticas de manejo, mercados particulares, con ventajas en decisiones administrativas relacionadas a la selección genética animal (Bourdon y Golden, 2000).

Algunos autores (MacNeil, 1996 citado por Bourdon, 1998) cuestionan la bondad de estos modelos para el cálculo de los valores económicos ya que la simulación de un cambio genético en el desempeño de una característica, inevitablemente provoca cambios en otras características de objetivo. En otras palabras, los valores económicos determinados por simulación, no representan el efecto de un cambio independiente del cambio en otras características. Tess et al. (1983), citado por Bourdon (1998) describen estos cambios como “interacciones asociadas o efectos ambientales” del cambio genético de una unidad sobre la expresión fenotípica de las otras características. El problema puede ser un problema de definición: si se define el valor económico relativo como un cambio en los ingresos económicos por un incremento en el potencial genético de una característica independiente, y luego se incluye el potencial genético en el objetivo, entonces la independencia entre características es violada. De hecho, de acuerdo a este autor, dada esta definición, los modelos de simulación pueden ser la única manera apropiada para calcular los valores económicos.

La principal desventaja de los modelos de simulación es la complejidad de las interacciones entre factores biológicos, entradas y salidas, que requieren una gran cantidad de información y una alta inversión de tiempo, mientras que la mayoría de estos detalles tienen una influencia mínima en la definición del objetivo final. Otras de las

desventajas es que se somete a muchos riesgos cuando el usuario del mismo no conoce todos los supuestos que se utilizaron (Amer, 2006). A pesar de estos inconvenientes, los modelos de simulación bioeconómicos tienen mucho para prometer, como uso de herramienta de trabajo, si las señales del mercado fueran más claras. Una vez que estos modelos hayan sido ampliamente aplicados, validados y aceptados por la industria, pueden ser utilizados como herramientas de selección (Amer, 2006).

2.5.2. Diferentes perspectivas en el cálculo de los valores económicos

La formulación de los objetivos de selección, en cuanto a cómo debe ser expresada y maximizada la ecuación de beneficio ha sido objeto de gran debate (Dekkers, 2003; Gibson, 2005; Brascamp et al., 1985; Amer, 2006). Un aspecto a considerar debe ser desde qué perspectiva debe ser visto el beneficio que genera la mejora genética: desde el punto de vista del criador, la empresa vendedora de genética, el productor, el procesador, el consumidor, la industria entera o la sociedad como un todo (Dekkers, 2003). Moav (1973) citado por Phocas et al. (1998), encontró que el valor económico derivado por linealización de la función de beneficio depende de la característica base utilizada (por animal vendido, por vaca, por rodeo, interés nacional). También plantea la incertidumbre de si el beneficio económico debe ser definido y expresado por establecimiento, por animal, o por unidad de producto.

Brascamp et al. (1985) y Smith et al. (1986) mostraron que fijando la ecuación a cero o contemplando dos condiciones simultáneamente: expresando los costos por unidad de salida y redimensionando el tamaño de la empresa para alcanzar los cambios genéticos en la salida, llevan a valores económicos equivalentes independientemente de que sean derivados de diferentes bases. Amer y Fox (1992), sin embargo, demostraron que los procedimientos que asumen una relación lineal entre los costos y las salidas de la empresa no son reales y no es posible obtener resultados independientes de la unidad tomada fijando el beneficio a cero. Amer et al. (1994) argumentan que los valores

económicos deben ser derivados de una empresa que optimice el beneficio a través del manejo, para el genotipo determinado. Para definir valores económicos constantes, el beneficio debe ser modelado como una función de ambos: genotipo y variables de manejo, en donde el sistema y las variables de manejo deben ser optimizadas.

A su vez, las ecuaciones de beneficio pueden ser expresados de distintas maneras según como se combinen los ingresos y costos. Según Harris (1970) citado por Urioste (1995), los ingresos y costos pueden ser combinados de tres maneras distintas:

- a. Beneficio = $I - C$
- b. Retorno de la inversión = I / C
- c. Costo por unidad producida = C / I

Smith et al. (1986) estudiaron las tres alternativas, concluyendo que el uso de cualquiera de los cocientes de las alternativas b y c es más apropiado para estimar los valores económicos que el uso de la diferencia de la alternativa a. La razón es que si los costos fijos son incluidos, los valores económicos obtenidos cuando se aplica una ecuación de beneficio serán influenciados por el tamaño relativo de los costos fijos y costos variables. Sin embargo, Brascamp et al. (1985) demostraron teóricamente que si al beneficio se le otorga el valor 0, las tres ecuaciones dan el mismo resultado. Ponzoni (1998) también evaluó las tres formas para derivar los pesos económicos para los objetivos de selección en ovejas Merino, concluyendo que los valores económicos fueron consistentes para las tres ecuaciones de beneficio.

Un aspecto importante a considerar en la estimación de los valores económicos es la reescala de la empresa (Gibson, 2005). Los valores económicos deben ser estimados como diferencias en el beneficio debido a mejora genética y no debido al cambio del tamaño o escala de la empresa (Smith et al., 1986). Si el número de vacas tiene que cambiar por consecuencia de la mejora genética entonces el valor económico por vaca no es el mismo que el expresado para el total del establecimiento/ n° de vacas.

Si como consecuencia de la mejora genética hay vacas más productivas que van a requerir más alimento y si el mismo no está disponible, es necesario fijar la base de manera que el consumo se mantenga fijo. De lo contrario, se puede establecer las salidas de producto como fijas (ej. determinada cuota de leche), las que se logran con menos vacas, que consumen más por unidad, pero que en el total de los costos son menores por tener menos animales (Gibson, 2005). De acuerdo a Smith et al. (1986) debido al efecto que tiene la escala en la ecuación de beneficio, el beneficio que se obtiene por cambiar el tamaño no debe ser considerada en el cálculo de los valores económicos. Por lo tanto, para evaluar el cambio que resulta en el beneficio económico como consecuencia de la mejora genética se debe descontar el efecto que implica éste sobre la escala de la empresa.

2.5.3. Pesos económicos absolutos y relativos

De acuerdo a Gibson (2005), los pesos económicos pueden presentarse de forma absoluta, por ejemplo 0.15\$ por cordero nacido, o 3 \$ de costo por día de vida hasta la faena. Esto da una diferencia de peso económicos entre las dos características pero genera una visión engañosa de la mejora genética de las diferentes características porque no tiene en cuenta cuan fácil es aumentar 1 % la tasa de destete versus reducir 1 día el tiempo a faena. Para poder comparar los valores económicos de características con distintas unidades es necesario trabajar con pesos económicos transformados a una misma escala para que sean comparables. Según Kluyts et al. (2003), la forma más clara es estandarizar los pesos dividiendo por el desvío estándar de la característica, de manera que el valor económico se refiera al cambio de un desvío estándar (generalmente fenotípico) de la misma.

La ecuación tradicional de la respuesta a la selección (R) de una característica individual 1 es:

$R_1 = i h^2 \sigma_{p1}$, donde, i es la intensidad de selección de la característica, h^2 es la heredabilidad de la misma y σ_{p1} su desvío fenotípico.

Como la intensidad de selección es determinada por el criador, la respuesta a la selección es directamente proporcional a $h^2 \sigma_p$, siendo que $h^2 \sigma_p$ es definido como la “unidad de respuesta esperada” de la selección fenotípica con una intensidad de selección i . Por lo tanto si multiplicamos el valor económico absoluto de la característica por la unidad de respuesta esperada de la misma, podemos obtener el peso económico relativo, el que es un estimador de la respuesta económica a la selección en la característica.

$$\text{Valor relativo} = VE * R$$

donde VE es el valor económico de la característica y R la respuesta a la selección.

La expresión de los valores económicos por unidad de desvío estándar genotípico o fenotípico es importante porque no todas las características son medidas en la misma unidad. El valor absoluto de la expresión ($VE \times \sigma_A$) permite la comparación de las características en términos de variación económica-genética posible. En el Cuadro 7 se presenta un ejemplo presentado por Muñoz-Luna et al. (1988), citado por Kluyts et al. (2003). Phocas et al. (1998) expresan los valores económicos como el cambio provocado por un desvío estándar fenotípico. Urioste et al. (1998) expresan los valores económicos en unidades monetarias y también en unidades de desvío estándar aditivo (σ_A). Alternativamente los valores económicos pueden expresarse como una proporción del valor de una característica, usualmente la menor.

Cuadro 7. Expresiones de pesos económicos para diferentes características por unidad de la misma, por desvío aditivo (σ_A), desvío fenotípico (σ_P) y por diferencial de selección (δG).

Característica Método de expresión	Peso al destete (kg)	ADG g/día	Edad a faena (días)	Leche (kg)	Peso adulto (kg)	Distocia (%)
Por la unidad	158,12	15269,51	62,11	79,34	-83,49	-169,14
Por σ_P	3130,78	2443,12	2670,59	31737,83	-4174,63	-4888,33
por σ_A	1434,70	1424,57	1710,01	15868,91	-1913,06	-1466,50
Por δG	657,46	830,66	1094,94	7934,46	-876,67	-439,90

Referencias: $\delta G = i \cdot h \cdot \sigma_A$, $i = 1$, ADG = ganancia diaria promedio. (Adaptado de Muñoz-Luna et al., 1988, citado por Kluyts et al. 2003).

La tasa de cambio posible de alcanzar en las diferentes características depende de varios factores, incluyendo el diseño del programa de mejora genética, qué características son registradas y cuáles son las que se seleccionan. Por esto es importante tener una idea del cambio genético relativo en las diferentes características al momento en que se estiman los valores económicos de las mismas. De esta manera es posible identificar aquellas características con mayor potencial de respuesta económica a la selección (Gibson, 2005).

2.5.4. Expresiones descontadas

Desde que se toman las decisiones de selección hasta que los animales mejorados por esa selección comienzan a producir en el sistema transcurre un tiempo considerable. Por lo tanto el lapso de tiempo es relevante para la decisión de cuánto énfasis debe ser aplicados en la selección (Gibson y Wilton, 1998). Newman et al. (1992) plantean que al calcular los valores económicos se debe considerar que no todas las características del objetivo son expresadas al mismo tiempo, ni en la misma frecuencia. A su vez, la toma de decisiones de selección en características que resultan en cambios más rápidos y que

generen mayor beneficio proveerán mayor retorno económico que características que demoren más tiempo en expresarse (Borg, 2004).

Los modelos de expresiones descontadas son relevantes a la formulación de los índices de selección cuando las unidades de cambio son expresadas en diferentes momentos y frecuencias en la vida de un animal (McClintock y Cunningham, 1974). Los coeficientes generados por los modelos de flujo de genes ajustan los valores económicos por unidad de cambio de una característica en referencia al tiempo en que se expresa la misma. En algunas industrias con objetivos de selección limitados, todas las características se expresan simultáneamente, por ejemplo en la lechería, donde la grasa, proteína y volumen de leche se expresan al mismo tiempo, la aplicación de tasas de descuento no sería necesaria.

Las expresiones descontadas pueden ser calculadas mediante métodos que se basan en la técnica de flujo de genes (Gene Flow) de McClintock y Cunningham (1974) o el método de difusión de coeficientes (McArthur y del Bosque Gonzalez, 1990 citado por Kluyts et al., 2003). Este último método difiere del anterior en que considera solo el retraso desde el nacimiento del animal hasta la primera expresión de la mejora de la característica. El método de Gene Flow considera el mismo retraso anterior y el retraso entre el entore y el nacimiento del animal. McClintock y Cunningham (1974) ilustran el método de Gene Flow que considera el beneficio desde la selección hasta que es observado a través de varios años en varias generaciones superpuestas basado en las frecuencias de expresión y el tiempo requerido para que se exprese el beneficio desde el momento de selección.

La fórmula para el cálculo del número de expresiones descontadas es presentada por Ponzoni (1991) como:
$$\text{Expresión} = \sum_{g=1}^n \sum_{y=1}^m P_{gy} \left(\frac{1}{2}\right)^g (1/1+d)^y$$

donde P es el número de progenies expresando la característica en la generación g , y representa el año, $(\frac{1}{2})^g$ representa la fracción de genes desde el padre en la generación g , $(1/(1+d))^y$ es el factor de descuento y d es la tasa de descuento (por ejemplo, 5 %). El producto de estos tres factores es sumado a través de las n generaciones y los y años requeridos para que se exprese.

Ponzoni y Newman (1989) utilizaron dos aproximaciones en la derivación de los valores económicos: consideraron los ingresos y costos por año (que considera frecuencia con que se expresa la característica, pero no el tiempo), y el flujo descontado de genes (considera tiempo que se expresa y la frecuencia). Utilizaron tasas de descuento del 5 y 10% llegando a la conclusión que una tasa de 5% es la más apropiada para tomar como referencia. Estos autores dan un ejemplo de descuentos en la expresión de cambios en la producción de leche. Al momento de selección, si el beneficio se realizara inmediatamente el productor recibiría ingresos igual al valor económico de los kilos adicionales de leche, proteína o grasa. Sin embargo, el beneficio de la inversión no ocurre hasta por lo menos tres años después de la selección. Los pesos económicos deben reflejar el valor corriente de los cambios que se generarán en el futuro por el aumento en la productividad, por lo que el valor de mercado de la producción de leche adicional es reducido de manera que refleje el valor presente de la futura producción. Los ingresos de la producción futura son multiplicados por el factor $1/(1+d)^y$ ya descrito. Además, la tasa de descuento considera que el beneficio al tiempo t es más importante que el $t+1$. Por lo tanto, las características expresadas antes en el tiempo bajo selección van a recibir más énfasis (Kluyts et al., 2003).

Amer (1999) desarrolló varias ecuaciones para facilitar el desarrollo de las expresiones descontadas para poder ser utilizadas para cuantificar la superioridad genética en carneros u ovejas. Esta metodología fue adaptada mas tarde para su aplicaciones en ganado de carne (Amer et al., 2001). Sin embargo, Bourdon (1998) plantea que en decisiones de selección mediante programas de simulación, el uso de las

expresiones descontadas de genes no es necesaria, ya que el valor del tiempo de la mejora genética es considerado directamente en la simulación.

2.6. ÍNDICES DE SELECCIÓN

2.6.1. Teoría tradicional de índices de selección

El concepto y la estructura de un objetivo de mejoramiento genético aplicado a la ganadería fueron formalmente desarrollados por Hazel (1943), quien definió el objetivo de selección como una función lineal de los valores económicos de las características económicamente importantes.

La mejora genética a través de la selección en una característica individual se puede lograr en poco tiempo (Garrick, 2005). Sin embargo y desafortunadamente la selección por una característica puede resultar en cambios desfavorables en otras características correlacionadas (Enns, 2007a).

Cuando se emplea un programa de selección para mejorar un rodeo, generalmente la selección es aplicada para varias características simultáneamente (Hazel, 1943). Como normalmente estas características difieren en variabilidad, heredabilidad, importancia económica y correlación entre sus fenotipos y genotipos, la selección por cada una individualmente es menos efectiva que la selección por un índice que incluya varias de éstas (Hazel y Lush, 1943; citado por Harris y Newman, 1994).

Tradicionalmente se han utilizado dos formas de selección por varias características. El método más sencillo es la selección por tandem y consiste en ejercer presión de selección por una única característica hasta alcanzar cierto nivel y una vez alcanzado se selecciona otra característica de interés. El segundo método es la selección por niveles independientes de rechazo y es el que ha sido más ampliamente utilizado. El

criador elije ciertos niveles mínimos o máximos de ciertas características y selecciona dentro de los animales que cumplen con todas las condiciones. El problema es que algún animal que aún siendo muy bueno para dos características y no alcance el nivel de una tercera, queda descartado, pudiendo resultar en una gran pérdida en el progreso genético (Enns, 2007b).

Los índices de selección fueron propuestos por Hazel (1943) como el método más eficiente para seleccionar simultáneamente por varias características con el fin de optimizar la mejora genética. Hazel (1943) demostró que cuando se incluyen varias características en el objetivo de selección, éste es más eficiente que otras formas de selección genética. Para ello define el valor genético de un animal como el resultado en el desempeño de varias características ponderadas por su contribución económica y por lo tanto describe el genotipo agregado (H) como:

$$H = a_1 y_1 + a_2 y_2 + \dots + a_m y_m$$

Donde: H - es el genotipo agregado (objetivo de selección)

a - es el valor económico de la característica

y – son los valores genéticos para las características

En la ecuación, “ a ” es un peso económico marginal, indicando el valor económico generado por una unidad de cambio genético de la 1-ésima característica cuando las demás permanecen constantes.

Como el valor genético de las características incluidas en el objetivo (y_1, y_2, y_m) no son conocidas, Hazel (1943) desarrolló un índice de selección (I) para predecir el mérito genético neto de un individuo a partir de registros fenotípicos de las características incluidas en el objetivo o correlacionadas con éstas:

$$I = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_m x_m$$

Donde: **I** es el valor del índice de selección, **x₁** es la información fenotípica de una característica elegida como criterio de selección, y **b₁** es el coeficiente parcial de regresión que correlaciona el valor fenotípico de la característica con la característica del objetivo.

Cada factor de ponderación (**b₁**) puede ser obtenido a partir de la ecuación matricial:

$$\mathbf{b} = \mathbf{P}^{-1}\mathbf{G}\mathbf{a}$$

donde: **b** es un vector con los coeficientes de ponderación cada característica en el índice, **P** es la matriz de covarianzas fenotípicas de las observaciones o (criterios de selección); **G** es la matriz de covarianzas genéticas entre las observaciones y el valor de cría a ser predicho y **a** es un vector con los valor económicos de las características del objetivo.

Como las características del índice no son necesariamente las mismas que las elegidas en el objetivo de mejora (H), se utilizan correlaciones genéticas para relacionar la característica medida con la que está en el objetivo. Hazel (1943) demostró que el uso de las relaciones entre un animal y su registro fenotípico utilizado en el índice determina valores de correlaciones que ponderan adecuadamente la información fenotípica. Para ello, las ponderaciones (**b_i**) son calculadas de manera que maximicen la correlación entre el índice (I) y el objetivo de selección o genotipo agregado (H).

La eficiencia de un índice es medida por la correlación entre el índice y el objetivo de selección. El mejor índice, entre varios candidatos, es aquel que maximice la correlación (**R_{HI}**) entre índice y el genotipo agregado u objetivo de selección. Al agregar una característica o remover otra, los valores de correlación cambian. Estos cambios

determinan qué combinación de características deben ser incluidas en el índice para tomar las decisiones de selección (Ponzoni y Newman, 1989).

La ganancia genética obtenida por un ciclo de selección en el índice, con una intensidad de selección igual a 1, se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{g} = \mathbf{b}' \mathbf{G} / \sigma_1,$$

donde $\mathbf{g}$ es el vector de ganancia genética en cada característica, σ_1 es el desvío estándar del índice, $\mathbf{b}$ y $\mathbf{G}$ ya fueron definidos.

2.6.2. Propuesta de índices a partir de EPD

Generalmente se ha trabajado con índices de selección basados en registros fenotípicos. En estos casos, el principal interés es predecir el valor de cría del genotipo agregado individual. En la práctica, sin embargo, la fuente de información que está disponible para desarrollar los índices de selección son los EPD para características individuales, más que los registros fenotípicos de los mismos (Golden, 2005).

Henderson (1963, citado por Harris y Newman, 1994) demostró que estos problemas pueden ser resueltos con el uso de predicciones genéticas derivadas del BLUP (Best lineal unbiased predictor, mejor predictor lineal insesgado) en vez de información fenotípica en los individuos. De esta forma, el genotipo agregado puede ser construido en dos etapas. Primero se estiman los valores de cría individuales a través de un análisis multicaractérico que incluya todas las características incluidas en el genotipo agregado incluyendo los ajustes para diferentes fuentes de información; el segundo paso es la aplicación de los pesos económicos a cada uno de los objetivos. De esta manera el genotipo agregado a partir de valores de cría se expresa como:

$$I = b_1 \hat{g}_1 + b_2 \hat{g}_2 + \dots + b_m \hat{g}_m = \mathbf{b}' \mathbf{I} \hat{\mathbf{g}}$$

Este procedimiento “paso a paso” o “índice de substitución” denominado por Harris y Newman (1994) es expresado en función de los EPD o Valores de cría (EBV) disponibles como:

$$\mathbf{I} = \mathbf{a}_1 \text{EPD}_1 + \mathbf{a}_2 \text{EPD}_2 + \dots + \mathbf{a}_m \text{EPD}_m$$

donde: $\mathbf{a}$ – valor económico de la característica

EPD – información genética de la característica

Una ventaja de este procedimiento es que permite a cada criador poner diferente énfasis en las características del genotipo agregado, mientras utiliza la mayor precisión en los valores de cría de las características que lo componen (Dekkers, 2003).

Schneeberger et al. (1992) proponen otra variante del índice para los casos en donde las características del objetivo difieren con las características cuyas predicciones genéticas están disponibles, el cual consiste en: $I = \mathbf{b}'\mathbf{u}$, donde $\mathbf{u}$ es el valor de cría de las características cuyos EPD o valores de cría están disponibles, y $\mathbf{b}$ son los coeficientes de ponderación en el índice. Estos autores demostraron que cuando los valores de cría de las características indicadoras fueron calculados por BLUP, se usa una función lineal del valor de cría predicho para la característica indicadora para predecir el valor de cría de la característica del objetivo.

Los valores de ponderación pueden ser obtenidos como:

$$\mathbf{b} = \mathbf{v}'\mathbf{G}_{21}\mathbf{G}_{11}^{-1},$$

donde $\mathbf{G}_{21}$ es la matriz de covarianzas genéticas entre las características en el objetivo de selección y las características con predicciones genéticas disponibles

(criterios), G_{11} es la matriz de covarianzas entre los criterios de selección; y v es el vector con las ponderaciones económicas de las características del objetivo.

La principal diferencia de la propuesta de Schneeberger et al. (1992) es que este índice considera potencialmente información disponible en los parientes para la predicción de los valores de cría, lo que permite obtener distintas precisiones en las estimaciones. Es también insesgado porque las predicciones derivan del procedimiento BLUP que es de por sí insesgado. Un ejemplo de esta aplicación fue reportado por Ponzoni et al. (1998) para ganado bovino en Australia.

2.7. NUEVOS ENFOQUES EN EL DESARROLLO DE ÍNDICES DE SELECCIÓN

A pesar que la teoría de los índices de selección y sus criterios de selección están disponibles en ganado de carne hace varios años, su aplicación por la industria recién está emergiendo. Las principales causas de la indefinición de los objetivos de cría se deben a las escasas señales de la industria (Koch. et al., 1986; Wilton, 1986 citados por Miller, 2002). Sin embargo, Newman et al. (1992) señalan que la mayor limitación que ha tenido el desarrollo de los objetivos e índices de selección apropiados es la falta de estimación de correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características de crecimiento, consumo, reproducción y composición de las canales. Estos autores concluyen que la potencialidad del uso de los índices está limitado a la validez de los supuestos utilizados en la formulación del modelo.

Generalmente se ha trabajado con índices de selección basados en registros fenotípicos. Sin embargo, la fuente de información que esta disponible para desarrollar los índices de selección son los EPD para características individuales, más que los registros fenotípicos de los mismos (Golden, 2005). Schneeberger et al. (1992) demostraron cómo las predicciones genéticas de valores de cría o EPD para distintas

características generados a partir de los modelos BLUP pueden ser combinados en un índice para predecir el genotipo agregado en características económicamente relevantes y sus valores económicos asociados. Una ventaja de este procedimiento es que permite a los distintos criadores poner diferente énfasis en las características del genotipo agregado y al mismo tiempo utilizar los valores de cría (EPD) más precisos para las características de interés (Dekkers, 2003).

Recientemente, en los programas de evaluaciones genéticas se ha puesto más atención al desarrollo de predicciones genéticas que son más útiles en determinar efectos de beneficio o riesgo de alternativas de selección y decisiones de entore. Esto es en parte debido a que hasta ahora la mayoría de los programas de evaluaciones genéticas en ganado de carne disponen de EPD para características indicadoras pero muy pocas para características económicamente relevantes (Golden, 2005).

Considerando una lista de características económicamente relevantes, el desarrollo de un índice formal de selección requiere que se determinen los valores económicos de las mismas. La ausencia de valores económicos para las características ha limitado el uso de los índices y, sumado a un escaso conocimiento acerca de la relación entre los caracteres medidos como criterios y las características del objetivo, ha imposibilitado la predicción de EPD de muchas de las características económicamente relevantes (Golden et al., 2000).

Debido a que las propiedades de cada establecimiento son diferentes y por lo tanto sus necesidades de genética también, sería más indicado que cada productor desarrollara su propio índice de selección basado en sus particularidades, incluyendo los criterios de selección apropiados para sus intereses económicos y ponderados por sus pesos económicos (Newman et al., 1994; Bourdon, 1998).

Los índices de selección generales aplicados a todos los sistemas no permiten ejercer una selección eficiente para el total de espectro de valores fenotípicos existentes entre el total de rodeos comerciales. La sensibilidad de los valores económicos a los niveles de producción promedio de los rodeos sostiene la necesidad de modelos de decisión personalizados que valoricen apropiadamente los distintos EPD en la selección de estas características (Amer, 2006; Enns et al., 2006).

Los primeros desarrollos de índices de selección personalizados a través de procedimientos computacionales que permiten una modificación en los valores económicos para consideraciones específicas de cada sistema de producción fueron realizados en Australia (Harris y Newman, 1994). El programa BreedObject, propuesto por Barwick et al. (1992) y presentado por Ponzoni et al. (1998), utilizando la metodología descrita por Schneeberger et al. (1992), combina EPD provenientes del sistema de evaluación genética australiano (BreedPlan) para producir criterios de selección multicaracterísticos. Este procedimiento fue desarrollado considerando la “cultura” de los productores australianos en el entendimiento y experiencia adquirida en el uso de los EPD individuales de la evaluación genética. A pesar de que esta aproximación difiere de la teórica, en donde primero se define el genotipo agregado u objetivo y luego los criterios, ha generado una gran contribución en el progreso y uso de los índices (Newman et al., 1994). Mediante el uso de este programa, los productores son quienes controlan los factores que influyen las características.

Actualmente hay varios modelos disponibles, además del BreedObject, que permiten calcular valores económicos propios basados en la información que le proporciona el criador en cuanto al sistema de producción, de manejo, y niveles promedio de las distintas características. Un ejemplo es el desarrollado por la Universidad de Colorado (*Cow-calf decision support system*, Garrick, 2008, comunicación personal), y el desarrollado por la Universidad de Guelph (Lazenby et al., 1997). Estos programas computacionales proveen un ordenamiento de los reproductores

para el contexto específico propuesto, estimación de los beneficios potenciales a obtener, así como graficas con tendencias, lo que facilita las decisiones de selección.

De acuerdo a Garrick (2006), una vez que el productor identificó las ERT para su sistema de producción, una forma directa de calcular los valores económicos es desarrollar un modelo bioeconómico para el sistema de producción y evaluar el beneficio en condiciones de producción promedio y cuando una ERT es modificada en una unidad y todas las demás permanecen constantes. La diferencia en beneficio de estos dos análisis representa una evaluación de la derivada parcial de la ecuación de beneficio y puede ser repetida de una por vez para las distintas ERT. El resultado de los valores económicos obtenidos pueden ser utilizados como coeficiente para cada EPD para obtener el índice para cada toro potencial.

En los últimos años se han logrado importantes avances en los modelos bioeconómicos y ecuaciones de predicción. Mediante dichas tecnologías es posible predecir el comportamiento de las progenies basadas en evaluaciones genéticas y variables de manejo predescritas, tales como la alimentación, permitiendo comparar el impacto potencial del uso de diferentes toros sobre el beneficio económico de un sistema comercial. Los desafíos están en incluir y cuantificar las relaciones entre cambios del ambiente y genotipos sobre el desempeño, así como mejorar parámetros para permitir la predicción del comportamiento de las características no medidas directamente a través de características indicadoras (Wilton et al., 1998).

2.8. REFLEXION FINAL DEL AUTOR

Los antecedentes sobre la importancia y desarrollo de índices de selección datan de hace varios años. Parecen estar claros cuales son los procedimientos para la identificación de los mismos, pero la derivación de los valores económicos resulta un poco más compleja debido a que a veces no es tan evidente definir a quien se debe

optimizar, como se expresa el beneficio económico, y como modelar las interacciones biológicas asumidas. En cuanto a la construcción de los índices, la mayor limitación ha sido la falta de correlaciones genéticas entre objetivos y criterios. Sin embargo, se han realizado diferentes propuestas desde la construcción de índices a partir de EPD hasta el uso de modelos de predicción de comportamiento. A partir de estos antecedentes revisados y de acuerdo a las posibilidades de implantación en Uruguay, se identificó el procedimiento de Ponzoni y Newman (1989) a ser empleado para la identificación de los objetivos de selección en el primer trabajo. Para el cálculo de los valores económicos (VE) se optó por desarrollar un modelo bioeconómico por considerar la alternativa más adecuada para la modelación de las interacciones biológicas, como sucede en los sistemas de producción de carne, y la posibilidad de reparametrizar dichos modelos y calcular los VE para distintos sistemas. En cuanto a la construcción de los índices de selección en el segundo artículo, se evaluará la alternativa propuesta por Schneeberger et al. (1992) donde se combinan los EPD disponibles con sus VE. Se revisó bibliografía a los efectos de contar con la combinación de parámetros genéticos de las distintas características consideradas en el índice. El impacto de dichos parámetros sobre las respuestas a la selección se evaluará una vez realizados los cálculos del segundo trabajo y determinará cuales son las mayores limitantes que deben ser atacadas.

3. IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS DE SELECCIÓN PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERO EN URUGUAY A TRAVÉS DE UN MODELO DE SIMULACIÓN BIOECONÓMICO

Pravia, M. I. , Ravagnolo, O. , Urioste, J. I.

RESUMEN

La definición del objetivo de selección es crucial en el programa de mejora genética. En Uruguay las principales razas bovinas disponen de valoraciones genéticas de sus animales (EPD) para características asociadas al crecimiento, a la canal y a reproductivas. Sin embargo no ha habido una definición unánime de los objetivos de selección. El objetivo de este trabajo fue identificar las principales características económicamente relevantes que constituyen los objetivos de selección de un sistema de ciclo completo en Uruguay, y calcular los valores económicos (VE) del impacto de la mejora genética de las mismas a través de un modelo bioeconómico desarrollado con ese fin.

El modelo desarrollado en MS-Excel® e incluyó parámetros productivos (pesos, ganancias, tasas de mortandad, preñez, reemplazos) y económicos (precios de ganado, alimentación, sanidad). El sistema definido fue un ciclo completo de 100 vacas Hereford entoradas que vende anualmente novillos de 24 y 26 meses de edad, vacas de descarte y vaquillonas de reposición. Para el cálculo de los VE se consideran dos modificaciones, Ciclo completo país (CCP) y Ciclo completo cerrado (CCC). El primero considera que los terneros se venden del subsistema criador y se compran por parte del subsistema invernada, considerándose un costo en la transacción. En el CCC no existen dichos costos, ya que representa un único sistema cerrado. A partir de estos sistemas se identificaron las características biológicas que afectaban los ingresos y costos del sistema de producción y se calcularon los VE.

Los resultados demostraron que las características reproductivas fueron tres veces más importantes que las de crecimiento y consumo. En el CCP, el porcentaje de parición tuvo un VE de US\$ 96,0, seguida por el peso de canal (US\$ 21,4 y 2,5 para novillos y vacas), el consumo de MS (US\$ -0,7, -0,5, -0,7 para novillos, vaquillonas y vacas), el peso al destete directo y materno (US\$ -1,1 y -3,8) y facilidad de parto (US\$ 20,4). Para el sistema CCC el VE para el porcentaje de parición fue de US\$ 101,8, US\$ 3,0 y -2,1 para el peso al destete directo y materno respectivamente, y los restantes VE fueron idénticos al CCP.

PALABRAS CLAVES: Modelo bioeconómico, sistema ganadero, objetivos de selección, características económicamente relevantes, valores económicos.

SUMMARY

Definition of breeding objectives is a crucial step in a breeding program. In Uruguay, the main beef cattle breeds have genetic evaluations for growth, carcass and reproductive traits. However, the formal breeding objectives have not been defined. The main objectives of this work were to identify the main economic relevant traits (ERTs) that establish the breeding objectives for a beef cattle system, and to estimate the economic values (EV) for the economic relevant traits through a bioeconomic model developed.

The economic model was developed in MS-Excel® and included performance parameters (weights, growing daily gains, death, pregnancy and replacements rates), and economic prices (sale, feed and health prices). The herd system was defined as cow-calf operation of 100 Hereford cows with a finishing component which annually sells 24 and 26 month old steers, open cows and surplus replacement heifers. There were considered two alternatives, Complete country cycle (CCP) and Complete closed cycle (CCC). The first considers that the males calves from the cow-calf operation subsystem are sold and

purchased by the finish operation subsystem, considering the transaction cost. The CCC did not have such costs because the calves kept in the same integrated system. Since these production systems were defined, biological traits affecting revenues and costs were identified and economic values of each one were calculated.

The results show that reproductive traits are three times more important than growth and feed intake. In the CCP, the calving percentage had an EV of US\$ 96.0, followed by the carcass weight (US\$ 21.4 and 2.5 for heifers and cows), DM intake (US\$ -0.7, -0.5, -0.7 for steers, heifers and cows respectively), weaning weight direct and maternal (US\$ -1.1 and -3.8) and calving ease (US\$ 20.4). For CCC the EV for calving rate was US\$ 101.8, US\$ 3.0 and -2.1 for weaning weight direct and maternal respectively, and the remaining EV were identical to the CCP.

KEY WORDS: Bioeconomic model, beef cattle system, breeding objectives, economical relevant trait, economic values.

INTRODUCCIÓN

Uruguay es un país con ventajas comparativas en la producción de carne vacuna, siendo el cuarto país del mundo que más destina de su producción a la exportación, representado un 65% (Murguía, 2006). Las principales razas bovinas en nuestro país cuentan con evaluaciones genéticas de sus animales y disponen de valoraciones genéticas expresadas como diferencias esperadas en la progenie (DEP, o EPD en la sigla en inglés) para características asociadas al crecimiento, de canal y reproductivas. Las tendencias genéticas indican que en los últimos años se ha seleccionado por mayores pesos vivos basado fundamentalmente en percepciones individuales más que en una definición unánime de cuáles son los objetivos de selección de las razas de carne, ya que los mismos no han sido definidos formalmente.

La definición del objetivo de selección es crucial en un programa de mejora genética (Ponzoni y Newman, 1989; Newman et al., 1992; Ponzoni, 1998; Phocas et al., 1998). La decisión de cuáles características incluir en el objetivo debe estar basada puramente en su importancia económica y no en su dificultad de medición (Ponzoni y Newman, 1989). Los objetivos de selección o características económicamente relevantes (ERT) (Golden et al., 2000) tienen impacto directo sobre la rentabilidad de la empresa. Las características indicadoras no afectan directamente el beneficio económico, pero presentan alta correlación con las características del objetivo, poseen variación genética y son de fácil medición por lo que muchas veces son las utilizadas para la estimación de los valores de cría o EPD (Ponzoni y Newman, 1989).

A nivel nacional, Urioste et al (1998) definieron los objetivos de selección para cuatro sistemas de producción y calcularon los valores económicos para las características de interés derivadas a partir de una ecuación de beneficio. Existen trabajos australianos (Ponzoni y Newman, 1989), neocelandeses (Newman et al.,1992), europeos (Phocas et al.,1998, Amer et al.,2001, Wolfová et al. 2005b), y canadienses (Koots y Gibson,1998a,b) que también identifican objetivos de selección para dichos ambientes y calculan los valores económicos correspondientes.

El valor económico de una característica expresa el beneficio que puede ser esperado por cada unidad de incremento en la mejora genética de la misma cuando las demás se mantienen constantes (Ponzoni y Newman, 1989). Los mismos pueden ser calculados a través de funciones de beneficio o modelos bioeconómicos (Dekkers, 2003). Algunos autores (Bourdon, 1998) destacan la ventaja de la simulación bioeconómica por permitir modelar situaciones más específicas; considerando que los sistemas de producción y manejo tienen gran impacto en la importancia económica relativa de las características del objetivo, tanto que el ordenamiento de los genotipos pueden variar de acuerdo al mismo (MacNeil et al.,1994; Phocas et al., 1998; Urioste et al.,1998;Wolfova et al., 2005a).

El objetivo de este trabajo es identificar las principales características económicamente relevantes de un sistema ganadero de ciclo completo en Uruguay y, estimar el valor económico del impacto de la mejora genética de las mismas a través de un modelo bioeconómico desarrollado para ese fin. En comparación con el trabajo de Urioste et al. (1998), este trabajo presenta un modelo bioeconómico con un mayor número de características y variables detalladas, el cual puede ser adaptado a distintas situaciones particulares para obtener valores económicos personalizados. Adicionalmente, los coeficientes de producción, precios y sistemas de pago correspondientes a una ganadería más dinámica son actualizados a través de métodos e información más refinada que la que existía anteriormente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la identificación de los objetivos de selección se siguió los pasos propuestos por Ponzoni y Newman (1989): 1) especificación del sistema de producción, cría y manejo, 2) identificación de las fuentes de ingreso y costo, 3) determinación de las características biológicas que afectan los ingresos y costos, y 4) derivación de los valores económicos de cada una de las características. Se definió un sistema de producción de ciclo completo que fuera representativo de Uruguay considerando la situación actual de la ganadería y el contexto productivo esperado en los próximos 20 años. Este contexto fue definido considerando los tiempos necesarios para un plan de mejora y los plazos necesarios para reemplazar todo un rodeo de cría. Para establecer las características del sistema de producción a definir en el modelo, las decisiones de manejo, política de entore, refugo y ventas, así como los precios de venta de los productos se consultó a técnicos de la Federación Uruguaya de grupos CREA (FUCREA), Facultad de Agronomía e Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Los precios de los insumos y de productos se obtuvieron de boletines de divulgación referentes a estadísticas de precios de Instituto Nacional de Carnes (INAC), Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) y FUCREA.

Los parámetros productivos se tomaron de la población de la raza Hereford del Uruguay bajo evaluación genética poblacional. Se determinó el uso de la misma como referencia ya que se cree que en los próximos 20 años los productores ganaderos comerciales deberían estar alcanzando los niveles de producción de los estratos superiores. El modelo de simulación propuesto fue desarrollado en MS-Excel®, en donde se modelaron los distintos parámetros biológicos y económicos que se describirán a continuación.

Descripción del sistema de producción. Especificación del sistema de cría, producción y marketing.

El sistema definido es un establecimiento de ciclo completo, que cuenta con un rodeo fijo de 100 vacas de la raza Hereford inseminadas anualmente. La base forrajera para la cría es campo natural, la recría de vaquillonas sobre mejoramientos de campo y la recría e internada sobre praderas con suplementación en los últimos 3 meses del periodo de engorde. Se asume una superficie fija y se admite la adición de alimento de afuera frente a un aumento de los requerimientos. La estructura de edades del rodeo de cría esta compuesta por 7 categorías, las cuales se mantienen en equilibrio. La composición del rodeo se muestra en el Cuadro 1. El tamaño del rodeo de cría (número de vacas entoradas) se mantiene constante durante los años a través de la incorporación de reemplazos por vaquillonas nacidas en el sistema (a una tasa del 20.5%) y el descarte de las vacas falladas y viejas. Las vaquillonas falladas del primer y segundo entore (3 y 4 años de edad al parto) se retienen a la espera del próximo entore, mientras que las vacas falladas del tercer entore en adelante se venden gordas en el otoño. También la última categoría de vacas (vacas viejas) se venden gordas luego de destetar su último ternero.

Cuadro1. Estructura del rodeo de cría según la edad al parto.

	Edad al parto							Total
	3	4	5	6	7	8	9	
Número de vacas según categoría	20,5	19,7	19,1	14,6	11,1	8,5	6,5	100
Número de vacas paridas	17,7	14,3	14,6	11,1	8,5	6,5	5,0	77,8
Número de vacas refugadas al tacto			4,1	3,1	2,4	1,8	1,4	12,9
Número vaquillonas falladas retenidas	2	4,8						6,8
Número de vacas que mueren	0,82	0,59	0,38	0,29	0,22	0,17	0,13	2,6
Porcentaje de parición (%)	90	75	78	78	78	78	78	
Tasa de mortandad (%)	4	3	2	2	2	2	2	

La edad al primer servicio es a los 2 años. El porcentaje de parición promedio es de 77,8% concordando con reportes presentados para empresas ganaderas de ciclo completo (Plan Agropecuario, 2009). Los porcentajes de parición y las tasas de mortandad asumidas para cada categoría de vacas se presentan en el Cuadro 1.

Los terneros nacen en primavera y se destetan a los 205 días. Los machos se invernán y se venden (36,6) a los 24 y 26 meses de edad. Las terneras hembras se mantienen hasta los dos años cuando entran al rodeo (20,5) y las sobrantes se venden como vaquillona para entorar (16,7). El porcentaje de mortandad para los terneros y la recría o invernada hasta los dos años es de 3% para ambos sexos.

Los pesos de las distintas categorías se tomaron de la raza Hereford y fueron corregidos por efectos fijos (establecimiento, código de manejo, lote, sexo, edad de la madre y del ternero). Se definieron los pesos promedio (al nacimiento, al destete a los 205 días, a los 15 y 18 meses) tomados de lotes alimentados a campo natural para animales hijos de vacas y vaquillonas por separado. Dichos pesos fueron reducidos en un 5% en hembras de manera de ubicarse en valores más conservadores y en un 10% en machos para corregir el efecto de la ganancia diaria de los novillos respecto a la de los toritos evaluados. Con estos puntos se establecieron las curvas de crecimiento en las distintas categorías. Los mismos se presentan en el Cuadro 2. El peso al año se estimó como un peso intermedio entre el destete y 15 meses para poder hacer los cálculos de

requerimientos anuales. Para el peso de la vaca adulta se consideró el peso promedio ajustado para las vacas de 5 años de edad (edad promedio del rodeo en este sistema), y con condición corporal 4 y también fue reducida en un 5%.

Cuadro2. Descripción de los pesos de la población para los hijos de vacas y vaquillonas

Características	Animales hijos de Vacas adultas				Animales hijos de Vaquillonas			
	Machos		Hembras		Machos		Hembras	
	Peso vivo	Gan (kg/día) ¹	Peso vivo	Gan (kg/día) ₁	Peso vivo	Gan (kg/día) ₁	Peso vivo	Gan (kg/día) ₁
Peso al nacer (kg.)	36		35		34		33	
Peso al destete (kg.)	185	0,72	176	0,69	169	0,66	162	0,63
Peso al año (kg.)	266	0,51	250	0,46	253	0,52	235	0,45
Peso a los 15 meses (kg.)	315	0,54	284	0,38	306	0,58	274	0,43
Peso a los 18 meses (kg.)	386	0,76	348	0,68	362	0,60	338	0,69
Peso venta 24 meses novillos (M) , vaquillonas descarte (H)	495	0,60	390	0,23	457	0,53	380	0,23
Peso venta nov (26m) y vaq a Los 3 años			455	0,18	480	0,38	445	0,18
Peso adulto vaca			485	0,1			485	0,13

¹ las ganancias se asumen desde el peso anterior al peso que se muestra en la misma línea

Los requerimientos nutricionales para las categorías en crecimiento (desde terneros/as a novillos y vaquillonas vacías) fueron estimados utilizando ecuaciones tomadas de un modelo de cálculo de requerimientos elaborado por Beretta y Simeone (sin publicar, 2005). Este modelo se basa en ecuaciones de predicción de requerimientos de energía y proteína metabolizable (EM y PM) del AFRC (1993) y en estándares australianos (CSIRO, 1994) para animales manejados sobre pasturas. Los cálculos consideran los requerimientos de mantenimiento y ganancia expresados en energía metabolizable (Mcal/día), los que fueron transformados a kilos de materia seca (MS) requeridos por categoría y por año asumiendo una digestibilidad de la MS consumida de 50%, 60% y 65% para vacas de cría, vaquillonas y novillos respectivamente. El resumen de los kilos de MS consumida y sus costos se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Requerimientos alimenticios (kg de materia seca), costos por kg de alimento y costo total según categoría en el año.

	Hijo vaquillonas		Hijo vaca adulta		Total período		US\$ totales/
	n	Kg MS período	n	Kg MS período	(Kg)	US\$/kg MS	categoría
Machos							
Dest.al año	8,6	927	29,1	953	35.706	0,026	928
12 m a 24 m	8,3	3.263	28,3	3.528	126.860	0,043	5.404
24m a 26 m	8,1	568			4.586	0,043	195
Hembras							
Dest.al año	8,6	935	29,1	975	36.422	0,026	947
12 m a 24 m	8,3	3.002	28,3	3.037	110.809	0,026	2.881
24m a 26 m							
Vaq. fallada retenida			6,7	3.077	20.725	0,017	352
Vaq. preñada			17,7	3.905	69.117	0,017	1.175
Vaca adulta preñada			60,1	3.870	232.401	0,017	3.951
Vaca adulta fallada			17,9	2.527	45.193	0,017	768
Total MS consumida (kg)					681.819	Costo total	16.602

Para el cálculo del consumo de MS de las vaquillonas y vacas preñadas se consideró un costo energético de mantenimiento en función del peso adulto y el costo energético de gestación y de lactancia (Rovira, 1996). Se asumió distintos costos de la MS consumida de acuerdo a cual sea la fuente: campo natural (vacas), campo mejorado (terneras y vaquillonas), pradera y pradera más ración (terneros y novillos). En el caso de los terneros hasta el destete sus costos de alimentación se asume que están contemplados en los requerimientos de lactancia de las vacas (Newman et al. (1992).

Para calcular los costos asociados al parto se tomaron las frecuencias en dificultades al parto registradas en la población Hereford para las vaquillonas y vacas adultas (escala del 1 al 5, donde el 1 representa sin asistencia y el 6 mala presentación del feto; Cuadro 4). Se establecieron distintos costos a cada una de las 5 categorías tomando como referencia el trabajo de Amer et al (2001).

Cuadro 4. Frecuencias de dificultades al parto (1=sin asistencia, 2=asistencia menor, 3=asistencia mayor, 4=cesárea, 5=mala presentación del feto).

	ESCALAS DE DIFICULTAD AL PARTO				
Costos asociados (US\$)	1	2	3	4	5
Probabilidad de disminución de tasa reproductiva futura	0	0,050	0,150	0,350	0,50
Valor del ternero futuro perdido		180	180	180	180
Veterinario – cesárea	0	0	0	65	0
Muerte vaca y ternero	0	0	0	0	200
Total Costos implicados en el parto de acuerdo a la escala (Ci)	0	9	27	128	290
RODEO - PROBLEMAS EN VAQUILLONAS					
Probabilidad de ocurrencia de cada categoría (pi)	0,942	0,0460	0,009	0,0010	0,0019
Costos totales por categoría considerando probabilidad de ocurrencia en la población pertinente (US\$) (Ci x pi)	0	0,414	0,243	0,128	0,551
Costos totales/vaquillona parida (US\$) / vq) = ($\Sigma$ Ci x pi)	1,336				
Número de vaquillonas paridas	18				
Costo total en el rodeo por problemas de fac parto (CT (US\$) vq)	23,649				
RODEO - PROBLEMAS EN VACA ADULTA					
Probabilidad de ocurrencia de cada categoría	0,979	0,016	0,003	0,0010	0,0009
Costos totales por categoría considerando probabilidad de ocurrencia en la población pertinente (US\$) (Ci x pi)	0	0,144	0,081	0,128	0,261
Costos totales/vaca adulta parida (CT (US\$)/ vc) = ($\Sigma$ Ci x pi)	0,614				
Número de vacas adultas paridas	60				
Costo total en el rodeo por problemas de fac parto (CT (US\$) vc)	36,873				
COSTO TOTAL DE PROBLEMA AL PARTO (US\$)	60,52				

Los costos totales por problemas al parto en el rodeo es la suma de los costos totales de las vacas y vaquillonas respectivamente.

Se asumió un plan sanitario básico para todo el rodeo, el que se resume en un costo de US\$ 3,5 para los terneros al destete, US\$ 3,5 en la recría e invernada y US\$ 17 o 18 para las vacas y vaquillonas, incluyendo US\$ 15 de inseminación.

En cuanto a las ventas, los novillos hijos de vacas adultas se venden cuando llegan a un peso vivo promedio de 495 kg a los 24 meses y los hijos de vaquillonas a un peso vivo promedio de 480 kg con 26 meses. Las vacas falladas y de refugio se venden gordas a los 485 kg. Estas dos categorías de animales se venden a la carne en segunda balanza. Para determinar el peso de la canal se asumió un rendimiento fijo de 53% para

los machos y de 49% para las hembras (Auditoría de cadena cárnica INIA- INAC, 2009, sin publicar). Las vaquillonas de descarte se venden a los 2 años de edad como vaquillonas para entorar y el precio se asume por kg de peso vivo (1,05 US\$/kg). Los novillos fueron pagados según el sistema de pago que mantiene CarneCREA (Guardia, com. pers, 2009). El mismo consiste en un precio base (PB = 2,01 US\$/kg de canal) más un premio que varía en función del peso de la canal, la dentición y el grado de clasificación de cobertura de grasa de INAC (Cuadro 5).

Cuadro 5. Premios recibidos por la hacienda de las distintas categorías.

CATEGORÍAS	1^a	2^a	3^a	4^a	5^a	6^a	7^a
Dientes	0-2-4-6	0-2-4-6	0-2-4-6	0-2-4-6	0-2-4-6	8	0-2-4
Peso 2 ^a Balanza (kg)	>= 250	240-249	>= 240	220-239	220-239	>= 240	210-219
Grasa, Grado	2	2	1	2	1	2	2
Conformación	I N A	I N A	I N A	I N A	I N A	I N A	I N A
US\$ / kg 2 ^a Balanza	+ 0,08	+ 0,06	+ 0,04	+ 0,02	PB	PB	- 0,03
Porcentaje de novillos dentro de cada categoría							
De vacas adultas	72%	11,9%		14,4%			1,7%
De vaquillonas	61,5%	14,3%		22,6%			1,6%

Con los valores promedios estimados para peso de la canal de novillos hijos de vaquillonas (254,4 kg) e hijos de vacas adultas (262,4 kg) y el desvío estándar fenotípico de peso de la canal (27,0 kg; Auditoría de la cadena cárnica INIA- INAC, 2009, sin publicar), se calcularon las frecuencias que caen dentro de cada categoría de clasificación (Cuadro 5). Se asumió que la población caía en las categorías 1, 2, 4 y 7 de acuerdo a la dentición (0 y 2 dientes), pesos en 2da balanza y grado de clasificación de cobertura de grasa 2. En el caso de las vacas también se considera el peso promedio a la faena (237,7kg) y se contempla la variación considerada por el desvío estándar (33,3 kg).

Identificación de fuentes de ingreso y costos de producción. Beneficio económico del sistema. Modelo base.

Para identificar los ingresos y salidas del sistema se optó por diferenciar dos opciones de sistemas de producción: Ciclo Completo País (CCP) y Ciclo Completo Cerrado (CCC). Estos dos sistemas presentan los mismos parámetros (pesos vivos, costos, requerimientos, etc) definidos previamente. El CCP considera la compra y venta de los terneros dentro del establecimiento para simular una dinámica general del país en donde el subsistema criador vende sus terneros y el subsistema invernador los compra para engordar. El CCC en cambio, considera un ciclo completo desarrollado dentro de un mismo establecimiento en donde no existen costos de transacción de los animales de un subsistema al otro, sino que se maneja como un único sistema.

El beneficio económico se determinó para los dos sistemas en equilibrio o estado base. Para ello, se identificaron las fuentes de ingresos económicos y los costos directos ocurridos dentro de cada sistema. El beneficio económico surge como la diferencia entre dichos ingresos y costos (Cuadro 6) y se expresa en dólares en un año de ejercicio. También se expresa por vaca entorada, ya que el número de vacas de cría es fijo, o por US\$/ha considerando que el total de unidades ganadera (UG) es fijo y asumiendo una carga de 0,8 UG/ha.

Cuadro 6. Identificación de ingresos y costos de producción en los dos modelos propuestos.

	CICLO COMPLETO PAÍS	CICLO COMPLETO CERRADO
INGRESOS TOTALES (US\$)	US\$	US\$
Venta terneros	7.175	0
Venta novillos	20.436	20.436
Venta vaquillonas	6.275	6.275
Venta vacas refugo	8.478	8.478
Total Ingresos	42.364	35.189
COSTOS DIRECTOS (US\$)		
Compra terneros	8.308	0
Alimentación	16.602	16.602
Sanidad	2.348	2.348
Total Costos	27.258	18.950
BENEFICIO ECONOMICO TOTAL (US\$)	15.106	16.239
BENEFICIO / Superficie (US\$/ha)	50,30	54,85
BENEFICIO / Vaca entorada	151,1	162,39

Todos los costos asumidos son directos y varían con el nivel de producción o número de animales presente. No se asumen costos indirectos (mano de obra permanente, depreciaciones de instalaciones, impuestos, rentas o intereses) ya que no varían con el nivel de producción ni con los cambios en incrementos de unidades de las características. El CCP considera un costo por concepto de transacción en la venta y compra de los terneros destetados, 7,5% para la venta (suponiendo que se venden al destete), y un 7,11% para la compra suponiendo que se compran al mismo momento (Fuente: costos de comercialización, Pantalla Uruguay). Se asume un mismo peso y precio de los animales (2,01 US\$/kg) a la venta y compra.

Los beneficios económicos generados en los dos modelos son similares a los resultados económicos obtenidos en las carpetas de FUCREA y Plan Agropecuario para el cierre de ejercicio 2006/2007 para empresas de ciclo completo, 70 US\$/ha y 44 US\$/ha respectivamente, por lo que se puede considerar que el modelo simuló correctamente un sistema de estas características. Las principales diferencias encontradas con estos trabajos se deben a los costos de alimentación. En este estudio

para el cálculo del kg de MS consumida se asumió un costo de oportunidad de la tierra, mientras que en los análisis que realiza FUCREA no lo contemplan y si lo consideran en el Plan Agropecuario.

Identificación de las características económicamente relevantes

Se identificaron aquellas características que afectaron el beneficio económico del sistema de producción a través del modelo bioeconómico desarrollado. En el Cuadro 7 se muestra las actividades que implicaban un cambio en el modelo y aquellas características económicamente relevantes (ERTs) relacionadas a mejorar.

Cuadro 7. Identificación de características que afectan los ingresos y costos

RELACIÓN CON BENEFICIO ECONOMICO	Producto o actividad	Características directas
INGRESOS:		
Venta de terneros	Número de animales para la venta	Porcentaje de parición
	Peso de venta al destete	Peso al destete directo y materno
Venta de novillos	Peso de canal	Peso de canal
Venta de vacas gordas	Peso de canal	Peso de canal
Venta vaquillonas	Número de vaquillonas a la venta	Porcentaje de parición
COSTOS:		
Compra terneros	Peso a la compra de terneros	Peso al destete directo y materno
Alimentación	Alimentación	Consumo de materia seca (anim. jóvenes y vacas de cría).
Sanidad	Sanidad y manejo	Facilidad de parto

Cálculo de valores económicos: modelo modificado

Los valores económicos de las características económicamente relevantes identificadas fueron calculados a través del modelo bioeconómico desarrollado,

mediante el método descrito por Dekkers (2003) y Garrick (2006). Este método consiste en el cálculo del VE, comparando el beneficio económico del estado inicial definido previamente (B_0), con el beneficio económico modificado (B_1). Este B_1 resulta de incrementar en una unidad una de las características económicamente relevantes por vez en todo el sistema y manteniendo todas las demás características constantes. La diferencia en beneficio de estos dos análisis ($B_1 - B_0$), representa para cada característica relevante, la contribución de la derivada parcial de la función de beneficio (Garrick, 2006).

Supuestos en el aumento de una unidad cada característica.

El modelo considera número de vacas de cría fijo, por lo tanto los cambios en los pesos vivos, tasas de crecimiento, consumo, etc, no modifican el número de vacas de cría en el sistema. Se asume que para poder mantener el “sistema modificado” (con pesos vivos más altos, mayores ganancias, mayores % de preñez, etc) se adiciona el alimento necesario de afuera para cubrir los nuevos requerimientos a los costos asignados.

Porcentaje de Parición (%): al aumentar en una unidad el porcentaje de parición, cambia la estructura de edades de las vacas de cría, manteniéndose constante el número de vacas. Al refugar menos vacas falladas, se modifica el número de vacas en cada estrato y se requieren menos vaquillonas de reposición, incrementando la edad promedio del rodeo al parto (de 5,28 a 5,31). Como consecuencia, hay una vaca preñada más (repartida en fracciones dentro de todas las categorías), -0,23 vacas a la venta (-0,5 vacas falladas, + 0,27 vacas de refugio por viejas); +0,48 ternero macho y +0,48 terneras hembra; +0,45 novillos para la venta y +0,69 vaquillonas para la venta (0,45+0,24 que no se necesitan para reponer). Los costos de alimentación y sanidad de los animales de recría y de vaca preñada incrementan por haber más animales de estas categorías y disminuyen los costos correspondientes a vacas falladas.

Facilidad de parto (FP): su valor económico surge de modificar en una unidad (positivamente) la escala subyacente de facilidad de parto, incrementando las frecuencias de las categorías de menor dificultad al parto y disminuyendo las escalas de mayores dificultades. Los costos estimados (C_i) se mantienen iguales, pero los costos reales (C_{ri}) se modifican de acuerdo a las nuevas frecuencias. La sumatoria de los mismos modifica el costo total por vaca, lo que se traduce en menores costos en el rodeo. Se consideró facilidad de parto sin desglosar su componente directo y materno a los efectos de simplificar los cálculos y análisis.

Peso al destete directo (PDd): al modificar peso al destete en una unidad, genera un cambio en la curva de crecimiento asociado a cambios (aumentos) en las ganancias pre-destete para lograr un peso al destete mayor y descensos de las ganancias post-destete para mantener los mismos pesos en los demás puntos de la curva de crecimiento. La modificación de las tasas de ganancias diarias lleva a mayores requerimientos pre-destete y menores postdestete, lo que se traduce en una reducción del total de los kilos de MS consumida ya que la primer etapa esta contemplada en los requerimientos de las madres. En el modelo CCP que incluye venta y compra de los terneros al destete, el incremento del peso al destete se traduce además en un incremento de la venta (del subsistema cría) y a un incremento de los costos de compra (del subsistema invernada).

Peso destete materno (PDm): Se considera el incremento en el peso al destete materno como el aumento en peso al destete contribuido por la producción de la leche de la madre. Incrementa el peso al destete en una unidad y por lo tanto al igual que el incremento de peso al destete directo, modifica las ganancias pre y post-destete, modificando los costos de alimentación. Por otro lado se contabiliza los costos de producción de la leche producida por la vaca necesaria para incrementar ese peso adicional. De acuerdo a la eficiencia de conversión encontrada, para incrementar el peso

al destete del ternero en 1 kg, la madre debe producir 9 litros de leche (Syrstad, 1993, citado por Teyer-Bobadilla, 2002), significando 10,44 Mcal (a 1,16 Mcal por litro) y 5,8 kg de MS consumidos. Considerando el precio del alimento (0,017 US\$/kg de MS) representa un costo de 0,12 US\$ por cada incremento en 1 kg de la habilidad lechera, el cual se le asigna a todas las vacas paridas. Al igual que en peso al destete directo, al incrementar los kg de los terneros destetados, modifica el monto total de la venta del subsistema cría y compra del subsistema invernada.

Peso de canal caliente (PCC): El valor económico se percibe por el ingreso correspondiente a 1 kg más de carne vendida (peso de canal) más el efecto en el premio por canal. Un mayor peso de canal promedio cambia la distribución de los pesos para cada categoría (novillos hijos de vacas y novillos hijos de vaquillonas), incrementando las frecuencias de canales que caen en las categoría de pago con mayores premios, incrementando el precio promedio recibido por la venta total de la hacienda.

Consumo de MS: El consumo de alimento fue calculado en base a los requerimientos como fue mencionado. Para el cálculo del valor económico se considera incrementar en 1 kg de materia seca/año para cada categoría en el período del ejercicio. De esta manera se distingue el valor económico por el consumo de vacas de cría, vaquillonas y de las categorías de invernada.

Expresión de los valores económicos.

Los valores económicos de las seis características fueron corregidos por sus expresiones descontadas en el tiempo (Amer,1999 y Amer et al., 2001). Para los cálculos se evaluó el uso de 1 toro por un único año sobre las 100 vacas del rodeo y su efecto en las diez generaciones siguientes. Se consideró una tasa de descuento de 5% anual.

Los valores económicos fueron también expresados por los desvíos estándar aditivos para contemplar su importancia relativa y potencial de respuesta a la selección. Los parámetros genéticos utilizados fueron obtenidos de la población nacional Hereford (Ravagonolo, comp.pers.) o de la bibliografía cuando no se encontró información nacional (Koots et al, 1994 a, b; Urioste et al., 1998; Amer et al., 2001; Meyer et al., 2004; Kluyts et al., 2007).

Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad para cuantificar el efecto de los valores fenotípicos medios utilizados de facilidad de parto sobre la importancia económica de la característica, por considerar que los mismos determinaban en gran parte la importancia relativa de la misma. También se cuantificó el efecto de ignorar el consumo sobre la importancia económica de cada característica, y la sensibilidad de los valores económicos a diferentes escenarios de precios de los insumos o productos: incrementos de 20% el precio del novillo gordo, 20% el costo de alimentación de las vacas y 20% el costo de alimentación de los novillos.

RESULTADOS

Se identificaron los objetivos de selección para los dos sistemas de producción definidos (CCP y CCC) y se obtuvieron los valores económicos (VE) de las características identificadas como económicamente relevantes. (Cuadro 8). Los mismos se expresaron como el beneficio económico total en el sistema por el incremento en una unidad de la característica considerada (kg, %). También se presenta el número de expresiones genéticas descontadas para las seis características, así como los valores económicos corregidos por las expresiones descontadas (VE_{DGF}) y por su desvío estándar aditivo ($VE_{DGF*\sigma g}$). Se expresó como VE relativo en porcentaje para ambos

casos. Cuando no se especificó el modelo (CCP o CCC) fue porque los valores económicos fueron los mismos para ambos modelos.

Cuadro 8. Valores económicos para los objetivos de selección expresados por beneficio económico total del sistema (EV), corregido por el desvío estándar aditivo ($VE \times \sigma_g$) y por el desvío estándar aditivo y expresiones descontadas (VE corr).

CARACTERÍSTICAS (Objetivos de selección)	VALOR ECONOMICO	DGF ²	DESUDIO EST. ADITIVO ³	VE _{DGF} ⁴	VE _{DGF} relativo ⁵	VE _{dgf*σ_g} ⁶	VE dgf*σ _g ⁶ relativo	
(Objetivos de selección)	US\$/incr. ¹		σg		CCP	CCC	CCP	CCC
Preñez (%)								
Ciclo completo país	237,16	0,405	9,60 a	96,0	65,3		922,1	59,9
Ciclo completo cerrado	251,42	0,405	9,60 a	101,8		66,5	977,5	61,1
Facilidad de parto	30,89	0,660	0,44 b	20,4	13,9	13,3	9,0	0,6
Peso al destete (kg)								
Ciclo completo país	-1,68	0,655	11,66 c	-1,1	0,7		-12,8	0,8
Ciclo completo cerrado	4,56	0,655	11,66 c	3,0		1,9	34,8	2,2
Habilidad lechera (kg)								
Ciclo completo país	-9,33	0,405	10,80 c	-3,8	2,6		-40,8	2,7
Ciclo completo cerrado	-5,28	0,405	10,80 c	-2,1		1,4	-23,1	1,4
Peso de canal (kg)								
novillos	87,70	0,244	12,50 d	21,4	14,5	14,0	267,5	17,4
vacas	33,40	0,075	12,50 d	2,5	1,7	1,6	31,3	2,0
Consumo de MS (kg)								
consumo de vaca	-1,74	0,405	131,90 e	-0,7	0,5	0,5	-92,9	6,0
consumo de vaquillona	-1,93	0,256	131,90 e	-0,5	0,3	0,3	-65,2	4,2
consumo de novillos	-2,88	0,256	131,90 e	-0,7	0,5	0,5	-97,2	6,3

1 Expresado como US\$/incremento en 1 unidad en 1 año de ejercicio

2 Número de expresiones descontadas

3 Fuente: a) Urioste et al. 1998; b) Amer et al. 2001; c) Parámetros población Hereford, ROU; d) Meyer et al. 2004; e) Koots et al., 1994

4 Valor económico corregido por las expresiones descontadas, expresado

5 VE corregido por expresiones descontadas. y expresado en % según la importancia relativa de cada característica

6 VE corregido por expresiones descontadas y por su desvío estándar aditivo ($VE_{dgf} * \sigma_g$)

La característica con mayor incidencia económica en los dos sistemas de producción analizados fue el porcentaje de parición, con importancias relativas de 65,3 y 66,5 % para el sistema CCP y CCC, respectivamente, cuando se expresa por sus

expresiones descontadas. La diferencia del VE entre los dos sistemas es debido a que en el sistema de CCC el incremento del porcentaje de parición genera mayor beneficio sin incrementar los costos, mientras que el CCP vende y compra terneros al destete con sus costos de transacción generando un menor beneficio. Se asume que al incrementar el porcentaje de parición incrementa el número de animales, con el consecuente incremento de costos de alimentación y aumento de animales a la venta. Cuando el porcentaje de parición se expresa por su desvío estándar aditivo ($VE_{dgf\sigma g}$), sigue siendo la característica de mayor importancia económica a pesar del bajo desvío estándar aditivo, consecuente de la baja heredabilidad de esta característica.

La característica que le sigue en importancia es el peso de canal caliente (PCC) de los novillos y vacas con VE de US\$ 87,7 y US\$ 33,4 respectivamente. El PCC tiene un claro impacto en la medida que al incrementar 1 kg se desplaza el peso promedio y cambia la distribución de canales que caen en las diferentes categorías de pago. Al expresarlo corregido por las expresiones descontadas (VE_{dgf}) y por su σg ($VE_{dgf\sigma g}$) pierde importancia relativa, fundamentalmente en las vacas porque se expresa tardíamente.

La tercera característica en importancia directa sobre el sistema fue facilidad de parto (US\$ 30,89). El VE fue el mismo para los dos sistemas ya que ambos tenían los mismos valores fenotípicos medios. Al corregirlo por sus expresiones descontadas aumenta en importancia económica debido a la alta frecuencia de expresión, pasando a ser la característica de segunda importancia (VE_{dgf}) y perdiendo relevancia cuando se expresa por su σg , indicando un bajo potencial de respuesta a la selección.

El VE del peso al destete tuvo baja importancia relativa cuando se lo consideró por su valor absoluto, siendo levemente negativo (US\$ -1,68) para el modelo CCP cuando se analiza de forma global y positivo (US\$ 4,56) para el modelo CCC. Para el

modelo CCP, cuando se analizó por subsistema separado, para el sistema criador el VE es positivo US\$ 39,56 (por venta de terneros), mientras que para el invernador es negativo US\$ -41,24 (-45,81 US\$ por compra de animales más pesados y US\$ 4,56 de alimentación que se evitan). La suma de los subsistemas da un VE de US\$ -1,68. Para el modelo CCC se evaluó el beneficio del peso al destete global dentro del sistema, siendo este valor positivo de US\$ 4,56. Esto se debe a que los animales llegan al destete con 1 kg más de peso vivo (PV) a costo 0 de alimentación y cuando entran en la etapa de recría e invernada va a tener que depositar 1 kg menos, disminuyendo los costos de alimentación de esta última etapa. Al expresarlo por sus expresiones descontadas y su σ_g incrementa levemente su importancia debido a que es una característica que se expresa tempranamente en la vida del animal.

Si se analiza el VE del peso al destete materno separado según subsistema para el sistema CCP, para la cría el VE es de US\$ 31,91 (39,56 por venta y -7,65 por costos de producción leche), mientras que para la invernada es de US\$ -41,24 (45,81 por compra y -4,56 por costos de alimentación). La suma de los VE de los dos subsistemas es de US\$ -9,33. Al igual que el PDd tiene poca importancia económica relativa en el sistema, la que incrementa al expresarse por su σ_g y por las expresiones descontadas, ya que esta característica se expresa varias veces en la vida de las vacas.

El VE del incremento de 1 kg de consumo de materia seca de las distintas categorías fue considerado de baja importancia en los sistemas. Estos VE toman mayor importancia al expresarlos por las expresiones descontadas y por su σ_g , debido a que el consumo se expresa muchas veces en la vida del animal y presenta variabilidad genética.

Análisis de sensibilidad de los valores económicos: La sensibilidad del valor económico de la facilidad de parto frente a valores fenotípicos medios es ilustrada en la Figura 1. El valor 3 es el valor de referencia de la población de estudio (considera

promedio de dificultades al parto para vacas y vaquillonas ponderado por la frecuencia de estas categorías en el rodeo). En niveles fenotípicos medios buenos (baja frecuencia de problemas al parto) el VE de esta característica tiene poca relevancia económica. En la medida que se incrementan las dificultades al parto, el VE de esta característica es mayor, y es más importante cuando se incrementan dos unidades de la escala subyacente.

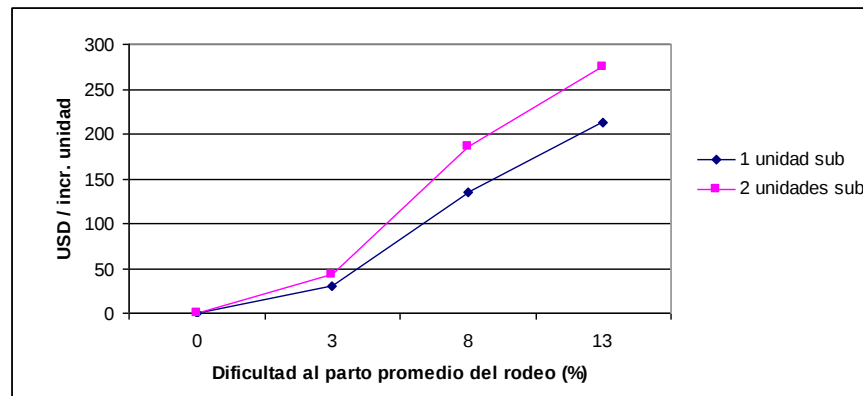


Figura 1. Sensibilidad del valor económico de Facilidad de parto según los niveles de producción promedio del rodeo.

Mediante el uso de la simulación, se evaluó en el modelo CCP las consecuencias de asumir el costo de alimentación igual a cero y su efecto sobre las seis características de importancia económica. La valoración económica de las mismas varió y el impacto mayor se dio en el incremento de la respuesta al porcentaje de parición (Figura 2), mientras para las demás características no afectó significativamente.

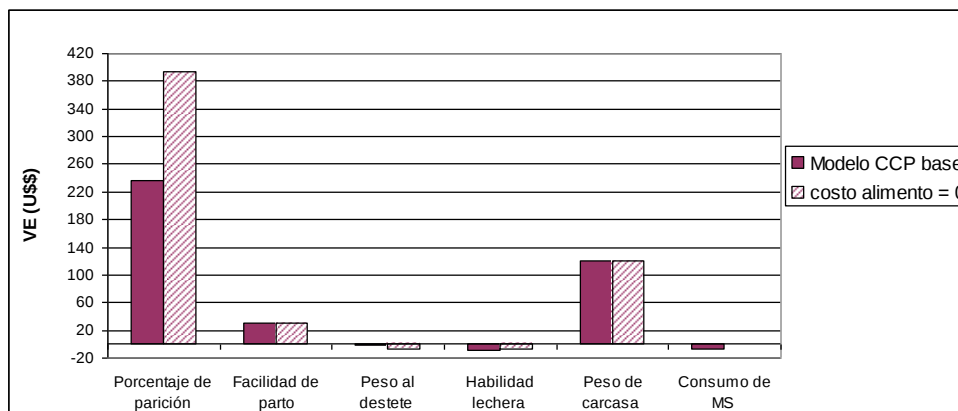


Figura 2. Sensibilidad de los VE a los costos de alimentación.

A través del análisis de sensibilidad se cuantificó el impacto de los precios sobre los VE de las características para el sistema CCP. El porcentaje de parición responde favorablemente al incremento del precio del novillo; cuando éste vale un 20% más, el VE de porcentaje de parición incrementa en US\$ 50 respecto al VE del modelo base (US\$ 250,2) (Figura 3). Como era de esperar, el VE del peso de canal (PCC) se ve favorecido con un incremento del precio del novillo. Al incrementar el precio del alimento de las vacas, el % de Parición y PDM se ven perjudicados, por lo que el valor económico de las mismas es menor al CCP base; mientras que un incremento en el precio de alimentación de los novillos, el VE de Parición se reduce US\$ 19 respecto al VE base.

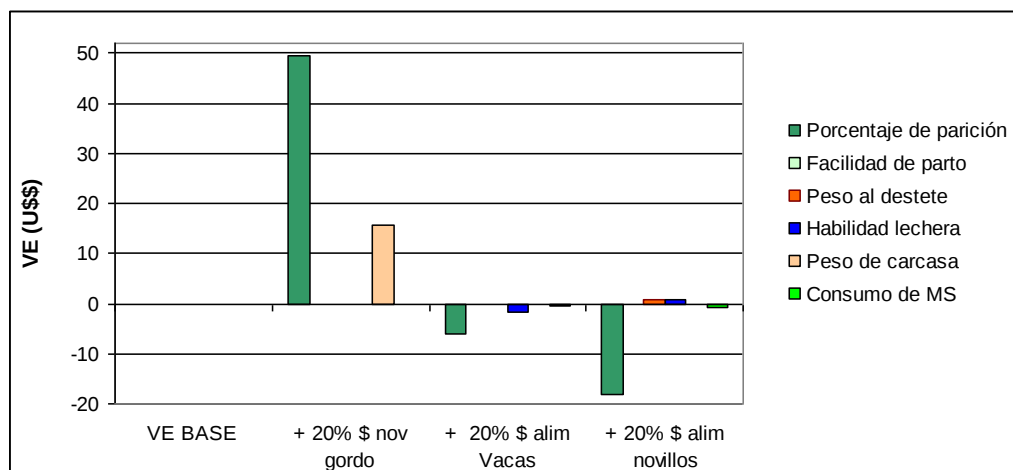


Figura 3. Sensibilidad del VE a cambios en los precios, tomando como referencia los VE brutos obtenidos para el sistema CCP para los precios y parámetros del modelo base.

DISCUSIÓN

El sistema definido fue similar al Sistema 3 presentado por Urioste et al (1998) con respecto a la estructura del mismo, las edades y pesos de venta de faena, régimen alimenticio y en cuanto a las características económicamente relevantes del sistema que definieron los objetivos de selección para el mismo. En este trabajo, el modelo bioeconómico desarrollado fue más detallado en cuanto a su modelación (estructura, pesos, ganancias diarias, requerimientos de mantenimiento, ganancia, lactación, sistema de venta) y fue diseñado de manera que sea posible modificar los parámetros productivos (pesos, ganancias, tasas de mortandad, preñez, reemplazos) y parámetros económicos (precios de ganado, alimentación, sanidad), para permitir modelar distintas situaciones productivas y calcular los valores económicos de dichos sistemas.

En este modelo, el número de vacas entoradas es fijo y los cambios generados en las características como consecuencias de la mejora genética se resuelven adicionando alimento de afuera en vez de ajustar el número de animales por ser una practica habitual

de la ganadería de hoy. Varios trabajos también asumen el número de animales fijo (Ponzoni y Newman, 1989; Newman et al, 1992; MacNeil et al., 1994; Koots y Gibson, 1998a; Phocas et al, 1998, Amer et al., 2001). Otros autores (Urioste et al., 1998, Rewe et al, 2006) plantean como límite del sistema el tamaño del establecimiento o cierta cantidad de alimento disponible fijo. Esta restricción determinó en dichos trabajos un cambio en la importancia relativa de las características. En el sistema de ganadería extensiva presentado por Urioste et al. (1998), la determinación de cierta cantidad de alimento fijo provocó no solo un VE de consumo altamente negativo, sino un VE apenas positivo para características reproductivas debido a que un aumento de tasa de destete lleva a un aumento del consumo, y por lo tanto un ajuste en la carga. Dicho sistema fue el que obtuvo menor beneficio económico acumulado en los 10 años comparados con los otros sistemas con disponibilidad de alimento variable. Rewe et al. (2006) compararon los valores económicos para las mismas características considerando una situación en donde el alimento era variable y otro donde era fija, encontrando que las características que tenían importancia económica positiva en el primer sistema fuera negativa para el sistema de alimento restrictivo.

Los valores económicos fueron derivados a través del modelo bioeconómico de simulación. De acuerdo a Bourdon (1998), la principal ventaja de la simulación bioeconómica es la precisión y que permite modelar situaciones específicas, además de evitar los supuestos de linealidad entre las características y el beneficio como lo expresan las funciones de beneficio. Algunos ejemplos que calculan VE por simulación fueron presentados por MacNeil et al. (1994), Koots y Gibson (1998a), Amer et al. (2001), Wolfova et al. (2005a), Wolfova et al. (2005b). Sin embargo, otros trabajos presentan valores económicos derivados a partir de ecuaciones de beneficio (Ponzoni y Newman (1989); Newman et al. (1992), Phocas et al. (1998), Urioste et al. (1998), Fernández-Perea y Alenda. (2004)).

Los resultados de este trabajo reafirman los hallazgos de Urioste et al. (1998). El porcentaje de parición en nuestro estudio y la tasa de destete del trabajo mencionado fueron las características más importantes indicando que las reproductivas siguen siendo las características de mayor relevancia para nuestros sistemas de producción. Ambos trabajos coinciden que el peso de canal aquí presentado o el peso de venta en el trabajo anterior son las segundas características en relevancia para los sistemas de ciclo completo. Esta característica expresa en cierto modo el crecimiento, debido a que el momento de venta es a edad constante, por lo que un mayor peso de canal indica una mayor velocidad de crecimiento. En tercer lugar, tanto el trabajo anterior como este coinciden en la importancia del consumo y seguidamente la facilidad de parto. Respecto a otras características, en este trabajo se incluyeron los pesos al destete directo y materno los cuales tuvieron importancia económica cuando se consideraban los subsistemas de cría, mientras que cuando se trata de un ciclo completo estas características no son relevantes.

La comparación con trabajos extranjeros es difícil debido a la gran variación entre las características y el grado de complejidad de los modelos, razas y niveles de desempeño promedio, sistemas de producción y sistemas de pago. Sin embargo cuando se incluyen características reproductivas, de crecimiento y de canal corregidos por sus desvíos estándar es posible comparar las relaciones entre los pesos relativos entre estas (Phocas et al., 1998). Las relaciones encontradas en este trabajo para los sistemas CCP y CCC fueron de 3,6/1,2/1 y 3,8/1,2/1 para reproductivas, canal y consumo respectivamente. Urioste et al (1998) obtuvieron para un sistema similar al nuestro, relaciones de 7/2/1 para características reproductivas, peso de venta y consumo respectivamente cuando éstas fueron expresadas por su variación genética-económica. En otro trabajo (Urioste et al., 2003) encontró relaciones de 7/1/5/5 para características reproductivas, canal, consumo y crecimiento. Phocas et al (1998) encontraron relaciones entre 3/2/1 hasta 6/2/1 para características reproductivas, de crecimiento y de canal, similares a los encontrados por estudios australianos (Barwick et al., 1992 y Nitter et al.,

1994, canadienses (MacNeil et al., 1994) y neocelandeses (Newman et al., 1992; Charteris et al. 1998) en donde la relación reproducción/crecimiento fue de 2/1. Estudios de Ponzoni y Newman (1989) en Australia, y Amer et al., (2001) en Inglaterra, confirman las mismas relaciones, indicando que las características de mayor importancia son las reproductivas. Los VE encontrados en este trabajo concuerdan con lo reportado en la bibliografía aunque difiere ligeramente en la magnitud de la relación entre las características. Esto puede estar explicado por las consideraciones del modelo sobre las relaciones entre las variables o por los valores promedios y desvíos estándar aditivos utilizados, los cuales en algunos casos son tomados de bibliografía (como parición, facilidad de parto, canal y consumo) y éstos pueden diferir significativamente de los parámetros nacionales.

La mayoría de los trabajos coinciden en que las características reproductivas son las de mayor importancia dentro de un sistema de producción, por lo que deben ser las primeras en considerarse dentro de los objetivos de selección (Phocas et al., 1998, Koots y Gibson, 1998a y 1998b).

En cuanto a la facilidad de parto, algunos trabajos (Urioste et al., 1998, Koots y Gibson, 1998, Amer et al, 2001) la han incluido en sus objetivos de selección. Generalmente la expresan por una escala de 5 categorías bajo la cual existe una escala subyacente de distribución normal. Esta característica parece ser de importancia media en los trabajos revisados (Phocas et al., 1998; Urioste et al., 1998; Amer et al., 2001) a alta en situaciones de cruzamientos (Koots y Gibson, 1998a, Urioste et al., 1998). Varios autores coinciden en que la importancia de facilidad de parto, así como características relacionadas a la reproducción son muy sensibles a los niveles productivos medios asumidos (Kluyts et al. 2003 y Enns et al. 2006). La sensibilidad del VE de esta característica frente a valores fenotípicos medios fue demostrada en este trabajo mediante un análisis de sensibilidad (Figura 1) en donde en la medida que se

incrementan las dificultades al parto, la característica pasa a tener mayor relevancia económica.

El tipo de sistema de producción determina en gran medida la importancia de ciertas características. Algunos trabajos no consideran el peso al destete (PDd) dentro de los objetivos en sistemas de ciclo completo por no afectar los ingresos o costos (Ponzoni y Newman, 1989; Urioste et al. 1998, Newman et al., 1992). Otros trabajos sí lo consideran pero obtienen valores económicos negativos o de poca importancia porque los terneros no son vendidos en ese momento (Fernández-Perea y Alenda, 2004; MacNeil et al., 1994). Sin embargo, en sistemas criadores es clara su importancia en donde el producto vendible es el ternero al destete. Jorge et al (2006) encontraron que el PDd triplicó su importancia en un sistema criador respecto a un ciclo completo. Por otro lado Wolfova et al (2005a) reportan que el PDd alcanza el 50% de las ponderaciones económicas en sistemas criadores, mientras que en sistemas de engorde no se destaca en importancia respecto a otras características. En este trabajo se comprobó la importancia económica del PDd y PDm cuando se analiza exclusivamente subsistema criador del CCP asumiendo que los terneros se venden en este momento y los VE fueron de US\$ 39,6 y US\$ 31,9 US\$ respectivamente. En el sistema CCC, el VE para PDd fue positivo a pesar de no tener impacto directo en la venta (ya que se venden a faena), pero tiene un impacto en los costos de producción. Los terneros llegan al destete con 1 kg más de peso vivo y al entrar en la etapa de recría van a tener que depositar 1 kg menos. Consideraciones similares fueron tomadas por Amer et al. (2001), donde un mayor PDd reduce los requerimientos en el invierno posterior, determinando una gran importancia económica de esta característica al considerar el efecto sobre el sistema, pero al expresarlo teniendo en cuenta las expresiones descontadas y la varianza aditiva, esta característica pierde importancia relativa, al igual a lo que ocurrió en este trabajo.

En cuanto al peso al destete materno (PDm) o habilidad lechera, el estudio de Phocas et al. (1998) demuestra que el VE depende en gran medida en cómo es

considerado en el modelo. En su modelo el incremento de 1kg al destete se traduce en 1kg a la venta, llevando a que esta característica sea la más importante económicamente y con efecto positivo. En este trabajo se consideró un costo por lactación a todas las vacas que parían un ternero y que la expresión de 1 kilo más al destete en los terneros por efecto de la habilidad materna, era corregida por un costo adicional de alimentación de las vacas para producir ese kilo extra. Esta consideración seguramente incidió en el VE de la misma ya que tiene importancia económica intermedia respecto a las demás y con valor negativo. Fernández-Perea y Alenda (2004) consideraron esta característica de la misma manera que fue tomado en este trabajo y también obtuvieron valores negativos para P_{Dm}. Otros trabajos (MacNeil, et al., 1994; Amer et al., 2001) obtuvieron el mismo VE para P_{Dd} y P_{Dm} ya que tomaron las mismas consideraciones sobre los costos para ambos.

En este trabajo, la característica directamente vinculada al crecimiento fue el peso de canal ya que se asumió la edad de faena constante. Koots y Gibson, (1998a) en cambio consideran ganancia diaria post-destete residual dentro de los objetivos de selección por tener un efecto indirecto sobre el beneficio económico a través de la reducción de los días en la etapa de engorde, afectando los costos de producción y por ende el ingreso; sin embargo la importancia relativa de esta característica no fue significativa. MacNeil et al. (1994) incluyen la ganancia diaria por el mismo motivo, altas ganancias temprano reducen el período a faena, y en su estudio fue la característica de mayor importancia económica para cualquiera de los ocho sistemas propuestos. Fernández-Perea y Alenda (2004) consideraron la ganancia post-destete de la misma manera y obtuvieron valores positivos de esta característica a pesar de que sólo representaba el 5% de la importancia relativa respecto a las demás.

Algunos trabajos han incluido características de la res tanto en los objetivos como en los criterios de selección (Amer et al, 1994, 2001; Ponzoni y Newman, 1989; Phocas et al, 1998; Koots y Gibson, 1998a, Urioste et al., 2003; Wolfova et al.,

2005a,b). Sin embargo, estos autores admiten que los resultados obtenidos dependen en buena medida de los parámetros genéticos y supuestos económicos realizados. En este trabajo la única característica relacionada a características carniceras fue el peso de canal, ya que aspectos vinculados a la conformación, grado de terminación y otros caracteres que tienen que ver con la calidad, prácticamente no se están contemplando en los sistemas de pago. En el trabajo presentado por Urioste et al. (2003) las características carniceras tuvieron una importancia menor a 20%, ubicándola como el rasgo de menor importancia relativa dentro del objetivo de selección. Algunos trabajos europeos (Amer et al., 1994; 2001; Phocas et al., 1998) han encontrado importancia económica positiva y significativa para conformación de canales en relación a crecimiento. Amer et al. (2001), definieron el pago de calidad de canal considerando el grado de clasificación europeo apostando a que en el futuro dicho sistema de pago premie una valorización dada por los consumidores. Newman et al (1992), no incluyen rasgos de canal debido a que los productores no reciben bonificaciones por canales más magras.

El consumo de alimento ha sido incluido en la mayoría de los trabajos revisados y su modelación varía desde cálculos más sencillos (Ponzoni y Newman, 1989; Urioste et al., 1998, Newman et al, 1992) a modelos más complejos (Koots y Gibson, 1998a). En este trabajo, la modelación del consumo incluyendo requerimientos de mantenimiento, ganancia, gestación y lactancia es una mejora respecto a los antecedentes nacionales en donde sólo se consideraba el consumo en la etapa crítica del año. De acuerdo a Jenkins y Ferrell (2002), el consumo debe ser incluido en los costos de las empresas ganaderas, independientemente de como se considere. Según Ponzoni y Newman (1989), ignorar el costo de alimentación provoca un cambio en el énfasis de las características, incrementando la magnitud de la importancia del crecimiento a expensas de las reproductivas, mientras que el consumo incrementa considerablemente. Esto trae aparejado una pérdida de eficiencia en la selección y en la ganancia genética del orden del 18%, lo que es suficientemente importante como para no ignorarlo. Newman et al. (1992) encontraron resultados similares en donde la eliminación del consumo en el

índice provoca un aumento en la respuesta estimada a la selección por características relacionadas al crecimiento, el consumo aumenta a expensas de la reproducción y la eficiencia de selección disminuye un 33%. En este trabajo, cuando mediante simulación se definió que los costos de alimentación eran iguales a cero, la valoración económica de las distintas características cambió, incrementándose la respuesta a la parición en US\$ 156,7. Al no considerarse los costos de alimentación, la mejora en la parición incrementa el beneficio económico por tener mayores animales a la venta sin ningún costo de alimentación.

Otros estudios consideran el cálculo del VE de peso de la vaca adulta por estar asociada a los costos de mantenimiento. Fernández-Perea y Alenda, (2004) encontraron que el peso de la vaca adulta fue la característica con mayor VE absoluto y representaba el 54% de la importancia relativa respecto a las demás. Un peso extra a una misma edad implica costos de energía de mantenimiento extra para mantener el animal vivo. Para Kluyts et al. (2007) también fue la característica con mayor relevancia junto con días al parto cuando fue expresada por su desvío estándar aditivo. En el presente trabajo no se estimó el VE del peso de la vaca adulta por considerar que se incurriría en un doble conteo ya que tanto el consumo como el peso de la vaca adulta contemplan el mismo objetivo de selección: el consumo de materia seca por producto producido. Los dos trabajos mencionados no consideraban el consumo como objetivo, sino que calcularon el VE del peso de la vaca como criterio del mismo.

El análisis de sensibilidad de los VE a los precios de venta o a los costos de producción determinó que los mismos afectaban la magnitud de los valores económicos de las distintas características. La característica que se vio más afectada fue el porcentaje de parición que incrementó en la medida que aumentó el precio de venta de los novillos, mientras que disminuyó cuando aumentaban los costos de la MS consumida. Koots y Gibson (1998b) también hicieron un estudio de sensibilidad de los valores económicos frente a cambios en precios de alimentación y de venta, diferentes genotipos y cambios

en los escenarios productivos. El incremento en los precios de venta de los novillos tuvo un efecto evidente sobre el valor económico del tamaño adulto, fertilidad y consumo residual. De esta manera se concluye que los VE absolutos dependen en gran medida de los parámetros utilizados, ya sean productivos como económicos.

CONCLUSIONES

El modelo de simulación desarrollado permitió modelar dos sistemas de ciclo completo representativo para las condiciones de Uruguay, identificar las características económicamente relevantes para dichos sistemas y calcular sus valores económicos. El mismo, permite modificar los parámetros productivos y económicos, pudiendo ser utilizado para identificar las ERT y calcular los VE para productores con diferentes objetivos de selección, permitiendo guiar sus decisiones de selección.

Las características de importancia económica identificadas fueron el % de parición, el peso de canal de novillos, el consumo de MS, el peso al destete materno y por ultimo la facilidad de parto y peso al destete directo. El valor económico absoluto depende en gran medida de cómo fueron modeladas las distintas características en el sistema. De acuerdo a los resultados obtenidos, se debería poner más énfasis en seleccionar animales con mejores comportamientos reproductivos, novillos con mayores pesos de canal y animales que consuman menos kg de materia seca por kilos de peso vivo producidos.

Una vez identificados los objetivos de selección se deberían definir los criterios de selección para poder mejorar estas características. En Uruguay los programas de evaluaciones genéticas de las razas Hereford y Angus se han concentrado fundamentalmente en característica de crecimiento y asociadas a calidad de la canal y han desarrollado EPD para las mismas. Sin embargo, para las características de mayor importancia, las reproductivas, únicamente existe un criterio disponible (Circunferencia

Escrotal) que presenta correlaciones bajas con la ERT definida. Este trabajo revela la necesidad que en el Uruguay se desarrollen EPD para estas características. Otra consideración a resaltar es que las ERTs encontradas presentan en algunos casos direcciones antagónicas. Para poder hacer una selección más eficiente que optimice el progreso genético es necesario combinar las distintas características ERT en un único índice de selección que considere las correlaciones genéticas entre las mismas. Esto va a ser abordado en el segundo artículo.

BIBLIOGRAFIA

AFRC. 1993. Energy and Protein requirements of ruminants CAB. International Cambridge.159 p.

Amer, P.R.; Kempt, R. A.; Buchanan-Smith, J. G.; Fox, G.C.; Smith, C. 1994. A bioeconomic model for comparing beef cattle genotypes at their optimal economic slaughter end point. J. Anim. Sci.72:38-50.

Amer, P.R. 1999. Economic accounting of numbers of expressions and delays in sheep genetic improvement. New Zealand Journal Agricultural Research. 42: 325-336.

Amer, P.R.; Simm, G.; Keane, M.G.; Diskin, M.G.; Wickham, B.W. 2001. Breeding objectives for beef cattle in Ireland. Livest. Prod. Sci. 67: 223–239.

Barwick, S.A.; Fuchs, W.; Davis, G.P.; Hammond, K. 1992. A Breeding objective and selection index package for use with breedplan. Proc. Aust. Assoc. Anim. Breed. Genet. Vol. 10: 565 – 568.

Beretta, V.; Simeone, A. 2005. Curso: Bases Nutricionales para el Manejo de la Alimentación en Sistemas Pastoriles y de Confinamiento Destinados al Engorde de Vacunos. Organizado por Facultad de Agronomía. Montevideo, 7-9 de noviembre de

2005.

Bourdon, R. M. 1998. Shortcomings of current genetic evaluation systems. J. Anim. Science, 1998. 76:2308 -2323.

Bourdon, R.; Golden, B. 2000. EPDs and Economics: Determining the Relative Importance of Traits. En: <http://www.ansci.colostate.edu>. Consulta enero 2007.

CSIRO, 1994. Feeding Standards for Australian livestock. Ruminants. Publications, Victoria. 226 p.

Dekkers, J., 2003. Notes for summer short course. Chapters 6-9. Iowa State University.

Enns, R.M.; Garrick, D.J.; Brigham, B.W. 2006. Economic values of heifer pregnancy and calving ease vary with average herd performance. Proc. 8th Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Belo Horizonte, Brasil.

Fernández-Perea, M.T.; Alenda Jiménez, R., 2004. Economic weights for a selection index in Avileña purebred beef cattle. Livest. Prod. Sci. 89: 223–233.

FUCREA, 2007. 25a Jornada de Información Económica en Ganadería. 16 de noviembre de 2007, LATU Montevideo.

Garrick, D. 2006. Genetic Improvement if beef cattle - Assessing the ramifications of genetic change. Proc. 8th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Belo Horizonte, Brasil.

Golden, B. L.; Garrick, D. J.; Newman, S.; Enns R. M. 2000. Economically relevant traits: a framework for the next generation of EPDs. Proceeding of the BIF 32nd Annual Research Symposium and Annual Meeting. 32: 2-13. Wichita, Kansas.

INAC, 2009. Estadísticas de precios y rendimientos. En <http://www.inac.gub.uy>. Consulta: marzo 2009.

Jenkins, T.G.; Ferrell, C.L. 2002. Beef cow efficiency - revisited. Beef Improvement Federation Proceedings. Proceedings/Symposium 2002. pp. 32-43.

Jorge Junior, J.; Cardozo, V.L.; Galvao de Albuquerque, L.G. 2006. Modelo Bioeconómico para calculo de custos e receitas em sistemas de producao de gado de corte visando a obtencao de valores economicos de características produtivas e reprodutivas. R.Bras. Zootec. V.35, n.5. p.2187-2196.

Koots, K.R.; Gibson, J.P.; Smith, C.; Wilton. J.W. 1994a. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. Anim. Breed. Abstr. 62:309–338.

Koots, K.R.; Gibson, J.P.; Wilson J.W. 1994b. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 2. Phenotypic and genetic correlations. Anim. Breed. Abstr. 62: 825-853.

Koots, K.R.; Gibson J.P. 1998a. Economic values for beef production traits from a herd level bioeconomic model. Can. J. Animal Sci. 78: 29-45.

Koots, K.R.; Gibson J.P. 1998b. Effects of production and marketing circumstances on economic values for beef production traits. Can. J. Animal Sci. 78: 47-55.

Kluyts, J. F.; Neser F.W.C.; Bradfield, M.J. 2003 Development of breeding objectives for beef cattle breeding: derivation of economics values. South African Journal Anim. Sci. 33: 142-158.

Kluyts, J. F.; Naser F.W.C.; Bradfield, M.J. 2007. Derivation of economic values for Simmental breed in South Africa. S. African Journal Anim. Sci., 37: 107-121.

MacNeil, M.; Newman, R.; Stewart-Smith, J. 1994. Relative economic values for Canadian beef production using specialized sire and dam lines. Can. Journal Anim. Sci. 74: 411-417.

Mayer, K.; Johnston, D.; Graser H. 2004. Estimates of the complete genetic covariance matrix for traits in multi-trait genetic evaluation of Australian Hereford cattle. Australian Journal of Agricultural Research., 55:195-210.

Murguía, J.M. 2006. Primer informe de consultoría. Estructura y formas de competencia en los mercados de carne bovina. Ministerio de Economía y Finanzas. Dirección General de Comercio. Consulta julio 2009. En: <http://www.consumidor.gub.uy/informacion/index.php?Id=882&ShowPDF=1>.

Newman, S.; Morris, C. A.; Baker, R. L.; Nicoll, G.B. 1992. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. Livestock production Science, 32 (1992) 111-130.

Newman, S.; MacNeil, M.; Golden, B.; Barwick, S., 1994. Implementation and use of selection indexes in genetic evaluation schemes for beef cattle. Proceedings for the fourth genetic prediction workshop. Beef Improvement Federation.

Nitter, G.; Graser, H.U.; Barwick, A. 1994. Evaluation of advanced industry breeding schemes for Australian Beef Cattle. I. Method of evaluation and analysis for an example population structure. Aust. J. Agric. Res. 45: 1641-1656.

Phocas, F.; Bloch, C.; Chapelle, P.; Becherel, F.; Renard, G.; Menissier, F. 1998. Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme.

Livest. Prod. Sci. 57: 49-65.

Plan Agropecuario. 2009. Resultado de monitoreo de empresas ganaderas. En: http://www.planagro.com.uy/docs/herramientas_gestion/13.pdf.; Consulta: marzo 2009.

Ponzoni, R.; Newman, S. 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production* 49: 35-47.

Ponzoni, R. 1998. Accounting for both income and expense in the development of breeding objectives. *Proceedings of the 9th Conference of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics*: 55-66.

Rewe, T. O.; Indetie, D.; Ojango, J.M.K.; Kahi, A.K.2006. Economic values for production and functional traits and assessment of their influence on genetic improvement in the Boran cattle in Kenya. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 23-36.

Rovira, J. 1996. Requerimientos nutritivos. En: *Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo*. Ed. Hemisferio sur. pp 17–21.

Teyer-Bobadilla, R.; Magaña, J.G.; Santos, J.; Aguilar, C 2002. Productive and reproductive performance of Holstein cows managed according to a specialized or dual purpose system in South-east Mexico. *Livest. Research for Rural Development*, 14:4.

Urioste, J.; Ponzoni, R.; Aguirrezabala, M.; Rovere, G.; Saavedra, D. 1998. Breeding objectives for pasture-fed Uruguayan beef cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 115:357-373.

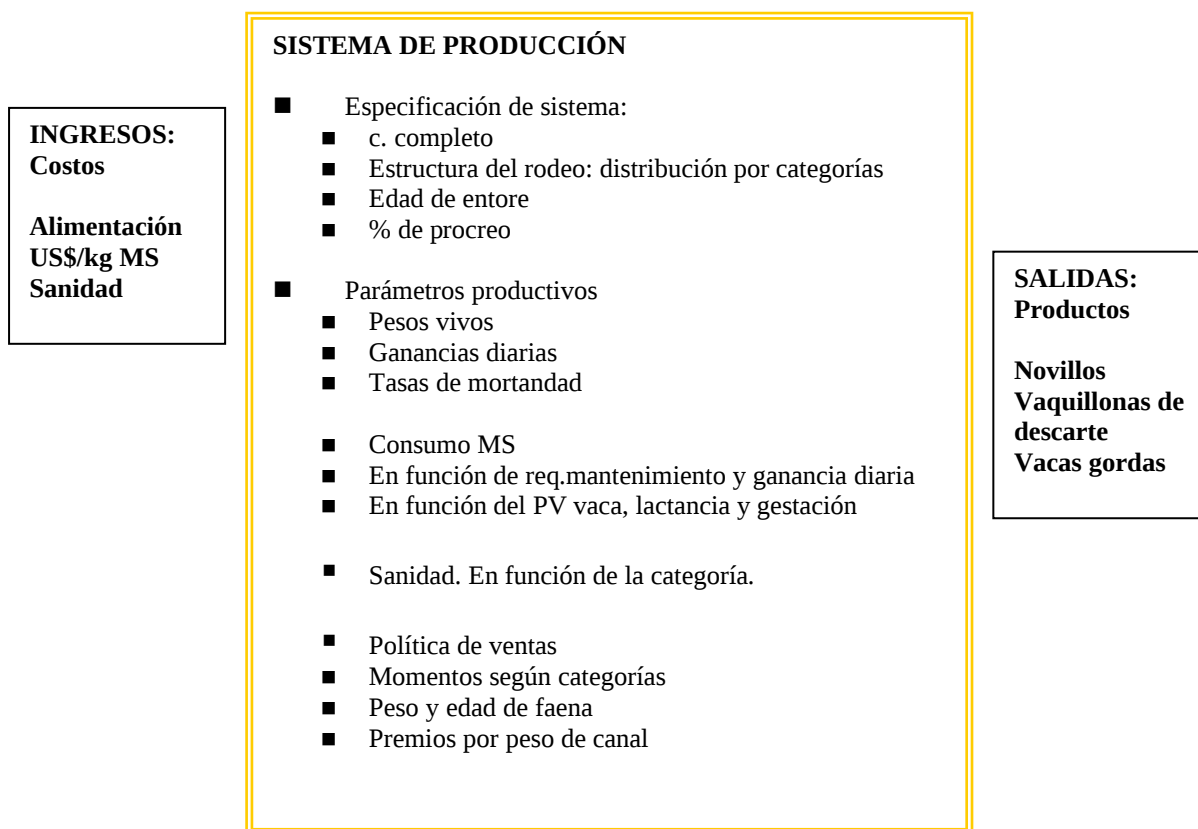
Urioste, J.; Ponzoni, R.; Aguirrezabala, M.; Rovere, G.; Saavedra, D. 2003. Características de la res en objetivos y criterios de selección para razas británicas en el Uruguay. *Agrociencia Vol VII N°1* pag 1-8.

Wolfová, M.; Wolf, J.; Příbyl, J.; Zahrádková, R.; Kica J. 2005a. Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 1. Model development. Livest. Prod. Sci. 95: 201–215.

Wolfová, M.; Wolf, J.; Zahrádková, R.; Příbyl, J.; Daňo, J.; Krupa E.; Kica J. 2005b. Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 2. Model application to production systems with the Charolais breed. Livest. Prod. Sci.95: 217–230.

ANEXOS

El modelo utilizado desarrollado en Excel tiene varias variables, las cuales algunas se consideraron fijas, pero puede ser variadas en otros estudios; y algunas variables dependen de otras por lo que cambian en la medida que se modifican las segundas.



I) Variables consideradas:

1) Número de animales en el sistema

El número de vacas en las distintas categorías presentado en el Cuadro 1 sale de las siguientes ecuaciones:

Vacas de cría entoradas

VC1 = 20,5 son las vaquillonas necesarias a ingresar en el rodeo para que la sumatoria de vacas en el rodeo de cría sume 100 de acuerdo a las tasas de parición y mortandad dadas.

$$VC2 = 19,7 = VC1 * sobrevVC1$$

$$VC3 = 19,1 = VC2 * sobrevVC2$$

$$VC4 = 14,6 = VC3 * sobrevVC\geq 3$$

$$VC5 = 11,1 = VC4 * sobrevVC\geq 3$$

$$VC6 = 8,5 = VC5 * sobrevVC\geq 3$$

$$VC7 = 6,5 = VC6 * sobrevVC\geq 3$$

Vacas de cría paridas

$$VC1P = VC1 * sobrevVC1 * \%ParicionVC1$$

$$VC2P = VC2 * sobrevVC2 * \%ParicionVC2$$

$$VC3P = VC3 * sobrevVC\geq 3 * \%ParicionVC\geq 3$$

$$VC4P = VC4 * sobrevVC\geq 3 * \%ParicionVC\geq 3$$

$$VC5P = VC5 * sobrevVC\geq 3 * \%ParicionVC\geq 3$$

$$VC6P = VC6 * sobrevVC\geq 3 * \%ParicionVC\geq 3$$

$$VC7P = VC7 * sobrevVC\geq 3 * \%ParicionVC\geq 3$$

Vacas de cría falladas retenidas

$$VC1F = VC1 * (1 - \%ParicionVC1) * sobrevVC1$$

$$VC2F = VC2 * (1 - \%ParicionVC2) * sobrevVC2$$

Vacas de cría falladas venta

$$VC3F = VC3 * (1 - \%ParicionVC\geq 3) * sobrevVC2$$

$$VC4F = VC4 * (1 - \%ParicionVC\geq 3) * sobrevVC2$$

$$VC5F = VC5 * (1 - \%ParicionVC\geq 3) * sobrevVC2$$

$$VC6F = VC6 * (1 - \%ParicionVC \geq 3) * sobrevVC2$$

$$VC7F = VC7 * (1 - \%ParicionVC \geq 3) * sobrevVC2$$

$$sobrevVC1 = 0,96$$

$$sobrevVC2 = 0,97$$

$$sobrevVC \geq 3 = 0,98$$

$$\%ParicionVC1 = 0,75$$

$$\%ParicionVC2 = 0,90$$

$$\%ParicionVC \geq 3 = 0,78$$

Terneros destetados

$$TDmachos = (VCP1 + VCP2 + VCP3 + VCP4 + VCP5 + VCP6 + VCP7)/2$$

$$TDhembras = (VCP1 + VCP2 + VCP3 + VCP4 + VCP5 + VCP6 + VCP7)/2$$

Categoría de 1 año

$$Nov_1 = TDmachos * sobrevTD$$

$$Vq_1 = TDhembras * sobrevTD$$

$$sobrevTD = 0,97$$

Categoría de 2 años

$$Nov_2 = Nov_1 * sobrevRec$$

$$Vaq_2 = Vq_1 * sobrevRec$$

$$sobrevRec = 0,97$$

$$Vaq_2 \text{ venta} = Vaq_2 - VC1$$

2) Pesos y ganancias de las distintas categorías en las distintas etapas de la vida.

Las consideraciones sobre las mismas, así como los valores asumidos fueron

presentados en el cuerpo del trabajo (Cuadro 2). En este trabajo, los pesos fueron definidos como una variable fija y las ganancias entre los períodos son consecuencia de tal. La condición corporal de la vaca de cría en este modelo no está ligada al peso de la misma, ni a su efecto en los porcentajes de parición, sino que solo fue tomado como referencia para definir un peso de la misma.

- 3) **Consumo de materia seca de las distintas categorías.** Los mismos se presentaron en el Cuadro 3. Dichos valores surgen de las ecuaciones que se presentan a continuación, las que se basan en los pesos vivos y ganancias como variables (que en este caso se consideran fijos o solo se modifican al calcular los VE de las distintas características), así como coeficientes tomados de la bibliografía.

Cálculo de consumo para recría de terneros y novillos:

Las ecuaciones fueron tomadas de una planilla elaborada por Beretta y Simeone para el curso “Bases Nutricionales para el Manejo de la Alimentación en Sistemas Pastoriles y de Confinamiento Destinados al Engorde de Vacunos”

$MS \text{ necesaria disponible/día} = MS \text{ requerida/día} \times \text{utilización.}$

- Utilización en novillos 80%
- Se calcula por tramos (p.ej desde destete hasta el año; desde año a 15 meses; y luego se lleva a requerimientos por año de acuerdo a los número de animales en cada categoría)

$MS \text{ requerida/día} = EM \text{ total} \times (0,82 \times Dig \times 4,4).$

Digestibilidad asumida para el alimento en novillos 65%.

$EM \text{ total (Mcal/día): } EM \text{ mantenimiento} + EM \text{ ganancia}$

EM mantenimiento (Mcal/día): $(F + A + \text{cte costo cosecha}) / \text{km}$

- $F = 1 \times (0,53 \times (\text{Potencia (PV prom/1,08)})) / 4,184$
- $A = (7,08 \times \text{prom (Pv inicio + Pv final)/1000}) \times 4,184$
- Constante costo cosecha = 1,63
- $\text{Km} = 0,718$

EM ganancia (Mcal/día): $(\text{Veg} \times \text{gan/día}) / \text{kg}$

- $\text{Veg} = (c1 \times (4,1 + 0,0332 \times \text{Pvprom} - 0,000009 \times (\text{Pv})^2) / (1 - 1 \times c2 \times 0,1475 \times \text{gan/d})) / 4,184$
- $\text{Kg} = \text{qm} \times 0,78 + 0,006$
- $\text{qm} = 0,6$

Cálculo consumo para vaca de cría

EM mantenimiento (Mcal/día) para vaca preñada y lactante (Rovira, 1996)

= REq de mantenimiento de vaca/día + req de lactancia + req ternero/día

Req de mantenimiento vaca/día = $0,134 \times (\text{PV vaca } 0,75)$

Req de lactancia en función de (Pv vaca y mes lactancia)

- Para vacas 500 kg y según mes lactancia: 1er mes: 22 Mcal/día, 2do mes 23,4 Mcal/día, 3er mes 22,2 Mcal/día.
- Req del ternero en función de la edad del ternero.
1er mes: 0 Mcal/día, 2do mes 2,4Mcal/día, 3er mes 7,3 Mcal/día

Se calculan la sumatoria de requerimientos (EM Mcal/día) por mes de lactancia y se llevan a un año. La digestibilidad asumida de la MS para las vacas es de 55%.

4) Frecuencia de dificultades al parto. Los valores fueron tomados de la población Hereford y fueron mostrados en el cuerpo del trabajo (Cuadro 4).

5) Precios. Los precios de la materia seca, costos de sanidad, precios de venta de los productos fueron asumidos fijos por unidad.

II) Generalidades sobre el funcionamiento del modelo.

Limites del sistema. Se asume como limite del sistema el número de vacas de cría al entore el cual se mantiene fijo (100). Sí es posible aumentar los % de preñez, lo que modifica el número de terneros destetados, novillos, vaquillonas y vacas de refugio a la venta. Esta diferencia en animales genera cambios en los requerimientos totales alimenticios, lo que se soluciona adicionando alimento desde afuera al costo asumido según la categoría.

En el análisis del sistema NO se considera la superficie en cuanto a % de campo natural, praderas, etc y su interacción con las distintas categorías. Sino que se consideran determinados animales existentes, un consumo estimado y un costo de la materia seca consumida. Por lo tanto no es posible evaluar en este sistema el impacto de aumentar o reducir cierta área de praderas, verdeos, etc, ya que estos no están considerados.

La única referencia a la superficie fue tomada a los efectos de llevar el beneficio económico obtenido por superficie y ser comparable con resultados de empresas reales de ciclo completo. En este caso lo que se hizo fue: de acuerdo a las categorías y numero de animales presentes, llevarlos a UG equivalentes y, asumiendo una carga de 0,8 UG/ha se puede tener una referencia de hás necesarias. De esta manera se calcula el cociente BE/has necesarias.

Entradas del sistema > alimentación. Tal como se mencionó, en la medida que se modifiquen los requerimientos ante cualquier cambio en el número de animales

presentes (con excepción del número de vacas entoradas que permanece constante), o frente al aumento del peso de alguna categoría, movida artificialmente para el cálculo de los valores económicos, dichos aumentos o disminuciones de requerimientos son suplidos con alimento externo al establecimiento a los costos por kilo de MS respectivo.

Salidas del sistema > ventas de productos. Las ventas están dadas por la venta de terneros (en la opción CCP en el subsistema cría), venta de novillos, venta de vaquillonas sobrantes, venta de vacas de refugio falladas o viejas. Los novillos salen todos juntos al cumplir en promedio los 24 meses (novillos hijos de vacas adultas) o 26 meses (novillos hijos de vaquillonas). Se asume entonces que todos tienen la misma edad (no hay distribución de edades), pero sí se asume un peso promedio de venta con una distribución para esa edad, la cual se transforma en una distribución de pesos de canales a los cuales se les aplica la grilla de pago por calidad (presentado en el cuadro 5).

Sistema base

El beneficio económico surge de la diferencia de los ingresos menos los costos. Los ingresos y costos fueron presentados en el Cuadro 6 del trabajo.

Sistema modificado para cálculo de los valores económicos. Se incrementa una unidad en las características identificadas como objetivo por vez. Las variables que se modifican fueron detalladas en el cuerpo del trabajo.

III) Expresiones descontadas

Para el cálculo de las expresiones descontadas se tomó como referencia los cálculos presentados por Amer (1999) y Amer et al. (2001). En estos anexos se presentaran las ecuaciones y las matrices utilizadas para el cálculo de las expresiones descontadas

utilizadas en este trabajo. Por mayores explicaciones referirse a los trabajos mencionados.

La descendencia de hembras hijas de un toro, son las que re-utilizan como reemplazos ya sea como hembras terminales o como hembras que crían su descendencia. Por lo tanto, los genes del toro se expresan en las vacas o en la descendencia de esas vacas (vaquillonas, vacas de cría y novillos).

Las expresiones descontadas para las siguientes características se calculan como:

X_{MRA} para características que la expresan las vacas adultas todos los años (preñez, habilidad materna, consumo)

X_{MRC} para características terminales expresadas en las vacas (peso de canal)

X_{MRL} para características expresadas en la descendencia de las vacas (facilidad de parto directa)

X_{MRW} para características expresadas en la descendencia de las vacas al destete (peso al destete directo)

X_{MRS} para características terminales expresadas en los novillos (peso de canal)

$$X_{MRA} = \mathbf{1}'\mathbf{z} \text{ evu } X_{FRA}/4$$

$$X_{MRH} = \mathbf{1}'\mathbf{z} \text{ evu } X_{FRH}/4$$

$$X_{MRC} = \mathbf{1}'\mathbf{z} \text{ evu } X_{FRC}/4$$

$$X_{MRL} = [\mathbf{1}'\mathbf{z} \text{ ev}/2]\{uX_{FRL}/2+(1+r)/l_s\}$$

$$X_{MRW} = X_{MRL} \% \text{sobrv nac-dest}$$

$$X_{MRS} = [\mathbf{1}'\mathbf{z} \text{ ev}/2]\{uX_{FRS}/2+(1-u/2)(1+r)\}$$

Para ello es necesario calcular las expresiones genéticas para una característica expresada anualmente por una vaca (X_{FRA}), por vaquillonas (X_{FRH}), y al final de la vida de una vaca (X_{FRC}). También se requiere el cálculo del número de expresiones

expresadas al nacimiento (X_{FRL}) y a la faena (X_{FRS}) de los terneros hijos de las vacas de reemplazo.

$$X_{FRA} = q'Dg_{sum}$$

$$X_{FRC} = q'Gg_{sum}$$

$$X_{FRH} = q'Hg_{sum}$$

$$X_{FRL} = q'Fg_{sum}/2I_s$$

$$X_{FRS} = q'Eg_{sum}/2$$

Se presenta el significado de cada uno de los parámetros, matrices y vectores utilizados en los cálculos y como están conformados:

$s_{n \times 1}$ vector de probabilidades que una vaca sobreviva y para en el grupo de edad $i - 1$ hasta el grupo de edad i para $i = 1$ hasta n , donde n es la edad mas alta considerada.

$$s' = [0; 0; 0,97; 0,97; 0,96; 0,97; 0,98; 0,98; 0,98]$$

$p_{n \times 1}$ vector de número de terneros que alcanzan la edad reproductiva o edad a faena por vaca parida en cada grupo de edad i . El primer parto se asume a los tres años de edad, por lo que los elementos de p_1 , p_2 , s_1 y s_2 llevan valores de cero.

$$p' = [0; 0; 0,87; 0,73; 0,76; 0,76; 0,76; 0,76; 0,76]$$

$a_{n \times 1}$ vector de probabilidades de que una vaca sobreviva y para a una edad i , dado que esta viva a la edad 1, lo que se calcula como:

$$a_i = \prod_{j=2}^i s_j . \quad i = 2, \dots, c, \quad = 0$$

Donde c es la edad, $= n$, a la cual cada vaca es descartada. En este trabajo $c = 9$.

$$a' = [0; 0; 0,97; 0,94; 0,90; 0,88; 0,86; 0,84; 0,82]$$

$\mathbf{d}_{n \times 1}$ vector de probabilidades de que una vaca muera o sea descartada a la edad i , $\mathbf{d}_i$, se calcula como: $d_i = 1 - a_i$ para $i = 3$; $= a_{i-1} - a_i$ para $i = 4$ hasta $c-1$; $= a_{i-1}$ para $i = c$; o por defecto $= 0$.

$$\mathbf{d}' = [0; 0; 0,030; 0,029; 0,038; 0,027; 0,018; 0,017; 0,841]$$

$\mathbf{1}$ es un vector de n unos.

$$\mathbf{1}' = [1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1]$$

$\mathbf{Q}$ matriz de descuento para características que se expresan en distinto tiempo, con elementos Q_{ij} en la diagonal para $i=1$ hasta n donde:

$Q_{ii} = [1/(1+r)]^{i-1}$ para $i=1$ hasta n , donde r es la tasa descuento. Todos los elementos fuera de la diagonal son 0.

$\mathbf{D}_{h \times h}$ es una matriz de transición con columnas con las probabilidades de sobrevivencia retrasadas por cada fila de nuevo año, donde h es el horizonte en años desde el nacimiento de la hembra de reemplazo, donde:

$D_{ij} = a_{i-j}$ para $j < i$ y $i - j < c$; de lo contrario $= 0$

$$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,97 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,94 & 0,97 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,90 & 0,94 & 0,97 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,88 & 0,90 & 0,94 & 0,97 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,88 & 0,90 & 0,94 & 0,97 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,88 & 0,90 & 0,94 & 0,97 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,88 & 0,90 & 0,94 & 0,97 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,88 & 0,90 & 0,94 & 0,97 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$\mathbf{E}$ es una matriz de transición $h \times h$ de terneros terminales producidos por grupo de vaca, ajustado por la sobrevivencia de la vaca y retrasados por año de nacimiento

$E_{ij} = a_{ij}(p_{i-j} - f)$ para $j < i - 1$ y $i - j < c$; de lo contrario $= 0$

f es el número de terneros requeridos como reemplazo a la primera edad reproductiva por vaca parida por año. En una estructura de edad constante: $f = 1 / \sum_{i=1}^c a_i$

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,69 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,53 & 0,69 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,54 & 0,53 & 0,69 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,52 & 0,54 & 0,53 & 0,69 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,51 & 0,52 & 0,54 & 0,53 & 0,69 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,50 & 0,51 & 0,52 & 0,54 & 0,53 & 0,69 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,49 & 0,50 & 0,51 & 0,52 & 0,54 & 0,53 & 0,69 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,49 & 0,50 & 0,51 & 0,52 & 0,54 & 0,53 & 0,69 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Similarmente, **F**, **G** y **H** son matrices para terneros, vacas de descarte y vaquillonas respectivamente, donde:

$\mathbf{F}_{ij} = a_{i-j} p_{ij}$ para $j < i$ y $i-j < c$; de lo contrario = 0.

$\mathbf{G}_{ij} = d_{i-j}$ para $j < i - 1$ y $i - j < c + 1$; de lo contrario = 0.

$\mathbf{H}_{ij} = 1$ para $i - 1 = 1$; de lo contrario = 0.

$$\mathbf{F} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,85 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,68 & 0,85 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,68 & 0,68 & 0,85 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,66 & 0,68 & 0,68 & 0,85 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,65 & 0,66 & 0,68 & 0,68 & 0,85 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,64 & 0,65 & 0,66 & 0,68 & 0,68 & 0,85 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,62 & 0,64 & 0,65 & 0,66 & 0,68 & 0,68 & 0,85 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,62 & 0,64 & 0,65 & 0,66 & 0,68 & 0,68 & 0,85 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,03 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,03 & 0,03 & 0,0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,04 & 0,03 & 0,03 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,03 & 0,04 & 0,03 & 0,03 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,02 & 0,03 & 0,04 & 0,03 & 0,03 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,02 & 0,02 & 0,03 & 0,04 & 0,03 & 0,03 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,84 & 0,02 & 0,02 & 0,03 & 0,04 & 0,03 & 0,03 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,84 & 0,02 & 0,02 & 0,03 & 0,04 & 0,03 & 0,03 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$\mathbf{g}_k$ es un vector de h elementos por incrementos en el flujo de genes por cada generación k desde 1 hasta m , donde m es el máximo numero de generaciones consideradas.

$$\mathbf{g}'_1 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

$$\mathbf{g}'_k = \frac{1}{2} f \mathbf{D} \mathbf{g}_{k-1}$$

$\mathbf{g}_{sum}$ = es las expresiones genéticas anuales acumuladas a través de las generaciones

$$\mathbf{g}_{sum} = \sum_{k=1}^m \mathbf{g}_k$$

$\mathbf{q}$ es un vector con h elementos de factores de descuento

$\mathbf{q}_i = [1/(1+r)]^{i-2}$, de manera que el factor de descuento es 1 a los dos años de edad

$r = 0,05$ (tasa anual asumida)

$$1/(1 + r) = 0,95238$$

$u = 0,56$ (proporción de hembras que se retienen)

$I_s = 0,94$ (sobrevivencia de terneros del nacimiento hasta al año)

$h = 9$ (es el número de años en el horizonte desde el nacimiento de la vaca de reemplazo)

$y = 1$ (número de veces que se utiliza el toro)

$e = 1$ (se asume 1 para evaluar el impacto por vaca)

$$f = 0,1609$$

$$m = 3$$

$$v = a'p / (1'a) = \text{número de terneros / vaca parida}$$

$$w = \text{es un vector de } y \text{ elementos de manera que } w_i = [1/(1+r)]^i$$

$$z = \text{es un vector de } y \text{ elementos de manera que } z_i = [1/(1+r)]^{i+1}$$

4. DESARROLLO DE ÍNDICES DE SELECCIÓN PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERO A PARTIR DE EPD DISPONIBLES

Pravia, M. I. , Ravagnolo, O. , Urioste, J. I.

RESUMEN

Las sociedades de criadores disponen de evaluaciones genéticas para características de crecimiento, reproductivas y de asociadas a la canal. La expansión del número de diferencias esperadas en la progenie (EPD, sigla en inglés) disponibles en algunos casos ha dificultado las decisiones de selección. Los índices de selección multicastréricos propuestos por Hazel han sido el método más eficiente para maximizar la ganancia genética de un objetivo de selección.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un índice de selección que optimizara el progreso genético de los objetivos de selección definidos para un sistema de producción ganadero de ciclo completo. Los objetivos de selección para dicho sistema fueron definidos por Pravia et al. (2010) y se basan en la mejora del porcentaje de parición, peso de carcasa, facilidad de parto, disminución del consumo y de los pesos al destete materno y directo. El índice fue desarrollado en función de los EPD disponibles, los cuales consideran circunferencia escrotal, peso al nacer, peso al destete directo y materno, peso a los 18 meses, área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea medidos por ultrasonografía. Para realizar los cálculos y obtener los coeficientes del índice se asumió que las correlaciones entre las características del objetivo y los criterios fueron estimadas en un modelo multicastrácter.

Los resultados demostraron que la selección a través del índice de selección propuesto permitió obtener progreso genético en las características del objetivo, lo que se tradujo en un mayor retorno económico para el sistema. Al comparar índices

alternativos se pudo constatar que el índice que incluye reproducción y características de carcasa, además de las de crecimiento, permite obtener un mayor progreso genético y retorno económico. La inclusión del porcentaje de parición en el índice duplicó la respuesta en esta característica al igual que el retorno económico, lo que alentaría a las sociedades de criadores agregar esta información en los sistemas de registros. Las estimaciones de parámetros genéticos nacionales es una limitante y la utilización de distintas fuentes de información de bibliografía para cubrir estas deficiencias determina gran parte de los resultados obtenidos.

PALABRAS CLAVES: Índices de selección, ganado de carne, EPD, reproducción, crecimiento, consumo, respuesta a la selección.

SUMMARY

Breeder societies have genetic evaluations for growth, reproductive and carcass traits. The expansion of the EPDs available however sometimes makes the selection decision to be difficult. The selection indexes proposed by Hazel have been the most efficient method to maximize genetic gain in the breeding objective.

The aim of this work was to develop a selection index that optimizes the genetic response for the selection objectives defined for a beef cattle operation system. The objectives for this system were defined in a previous work and include calving rate, carcass weight, calving ease, feed intake, and direct and maternal weaning weight. The index was developed based on the available EPDs, which consider the scrotal circumference, birth weight, direct and maternal weaning weight, 18 month weight, ultrasound rib eye area and subcutaneous fat thickness. To make the calculations to obtain the coefficients of the index it was assumed that correlations between objectives and indicator traits were estimated through multi trait model estimation.

The results showed that selection through the proposed index achieve genetic progress in the breeding objective and resulted in an increased economic return to the system. When alternative indices were compared, the index that included reproduction and carcass traits in addition to growth achieves higher genetic progress and economic return. The inclusion of calving rate in the index doubled their response which encourages the breeder societies to add this information in the recorded system. The lack of national parameter estimates is a limitation and the use of different sources of literature to cover this absence affected the results obtained.

KEY WORDS: Selection index, beef cattle, EPDs, reproduction, growth, feed intake, response to selection

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente las sociedades de criadores han recolectado información para generar Diferencias Esperadas en la Progenie (EPD, sigla en inglés) de características de crecimiento, asociadas a características carniceras medidas por ultrasonido, y más recientemente para características reproductivas. Sin embargo, la expansión del número de EPD disponibles en algunos casos ha dificultado las decisiones de selección, ya que muchas veces hay más de un EPD para representar la misma característica de interés. A su vez el gran número de características o EPD disponibles genera otro problema inherente al programa de mejora genética, al haber más características seleccionadas simultáneamente, la tasa de mejora en cada una de ellas es menor (Enns, 2007b).

Los índices de selección multicaractericos propuestos por Hazel (1943) han sido el método más eficiente para maximizar la ganancia genética en la elección de un objetivo de selección. Estos índices simplifican la comparación de los animales basados en valores de cría para características individuales. Para asegurar que el énfasis en la selección es proporcional a la importancia económica de cada característica se necesitan

los valores económicos para cada característica del objetivo (Amer et al. 2001). Adicionalmente es necesario contar con información de las varianzas y covarianzas genéticas entre los criterios de selección en el índice y éstos y las características del objetivo. Generalmente se asume que estas se conocen sin error a pesar de que pocas veces se dispone de ellas (Dekkers, 2003).

Generalmente se ha trabajado con índices de selección basados en registros fenotípicos. En la práctica, sin embargo, la fuente de información disponible para desarrollar los índices de selección son los EPD para características individuales (Golden, 2005). Schneeberger et al. (1992) demostraron cómo los EPD y sus valores económicos pueden ser combinados en un índice para predecir el genotipo agregado. Una ventaja de este procedimiento es que permite a los distintos criadores poner diferente énfasis en las características del genotipo agregado y al mismo tiempo utilizar los valores de cría (EPD) más precisos para las características de interés (Dekkers, 2003).

A pesar que la teoría de los índices de selección en ganado de carne y sus criterios de selección están disponibles desde hace varios años, su aplicación por la industria recién está emergiendo. Las principales causas de la indefinición de los objetivos de cría se deben a las escasas señales de la industria (Miller, 2002), ausencia de valores económicos y un escaso conocimiento acerca de la relación entre los caracteres medidos como criterios y las características del objetivo, lo que ha imposibilitado la predicción de EPD de muchas de las características económicamente relevantes (Newman et al, 1992; Golden et al., 2000).

El primer objetivo de este trabajo es desarrollar un índice de selección que optimice el progreso genético de los objetivos de selección definidos para un sistema de producción ganadero de ciclo completo establecido por Pravia et al. (2010). El índice propuesto es desarrollado a partir de los EPD provenientes de los sistemas de evaluación

genética existentes en Uruguay. En segundo lugar se evalúan las respuestas a la selección obtenidas por el uso del índice definido a través de selección individual y se comparan con respuestas de índices alternativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación del índice se consideró los objetivos de selección identificados por Pravia et al. (2010) para el sistema ciclo completo país (CCP) y sus valores económicos corregidos por las expresiones descontadas. Para ello se definió el “genotipo agregado” de un animal (Hazel, 1943) como el resultado en el desempeño de cada característica ponderadas por su contribución económica:

$$\mathbf{H} = \mathbf{a}_1 \mathbf{y}_1 + \mathbf{a}_2 \mathbf{y}_2 + \dots + \mathbf{a}_n \mathbf{y}_n \quad (1)$$

donde: H - es el genotipo agregado (objetivo de selección)

a_{1-n} - es el valor económico de la característica 1

y_{1-n} - es el valor genético de la característica 1

Cuando las fuentes de información disponibles son valores de cría en vez de características fenotípicas, el genotipo agregado puede ser desarrollado en función de los EPD (Golden, 2005):

$$I = a_1 \text{EPD}_1 + a_2 \text{EPD}_2 + \dots + a_m \text{EPD}_m \quad (2)$$

Harris y Newman (1994) llamaron a este índice (I) como “índice de substitución”, donde: a – valor económico de la característica, y EPD – información genética de la característica

Tomando las características económicamente relevantes (ERTs) y sus valores económicos definidos por Pravia et al. (2010), el índice en función de los EPD que

optimiza la mejora genética en las características del objetivo del sistema CCP se describe como:

$$CCP = 96,0*EPD_{\% \text{ Preñez}} + 20,4*EPD_{FP} - 1,1*EPD_{PDd} - 3,8*EPD_{PDm} + 23,9*EPD_{PCC} - 1,9*EPD_{ConsumoMS} \quad (3)$$

donde % Preñez, es el porcentaje de preñez, FP es facilidad de parto, PDd y PDm son peso al destete directo y materno, PCC el peso de canal caliente, ConsumoMs el consumo de materia seca anual.

El peso de canal caliente considerado contempla la suma del valor económico del peso de canal de los novillos y vacas de descarte, mientras que el consumo consideró la sumatoria de las tres categorías (novillos, vacas y vaquillonas).

De las características identificadas como económicamente relevantes presentadas en el índice, solamente 2 de ellas (PDd, PDm) cuentan con evaluaciones genéticas y por lo tanto disponen de EPD. No obstante, existen EPD disponibles de características indicadoras y otras que están en proceso de registración pero no se dispone de EPD aún (Cuadro 1). Considerando esta situación, se definió un índice de selección para el CCP a partir de los EPD disponibles actualmente utilizando la método propuesto por Schneeberger et al. (1992).

Cuadro 1. Clasificación de las características económicamente relevantes y sus características indicadoras cuyos EPD están disponibles.

Objetivos de selección		Criterios de selección	
Características	EPD disponibles	Criterios de selección	EPD disponibles
Tasa de preñez		Circunferencia escrotal (CE)	√
		Porcentaje de parición (% de Parición)	registrando
Facilidad de parto		Facilidad de parto directa y materna (FP)	registrando
		Peso al nacer (PN)	√
Peso al destete directo	√	Peso al destete directo (PDd)	√
Peso al destete materno	√	Peso al destete materno (PDm)	√
Peso de carcasa		Peso a los 18 meses (P18m)	√
		Área de ojo del bife (AOB)	√
		Espesor de grasa subcutánea (EGS)	√
Consumo de alimento		Peso a los 18 meses (P18m)	√ □
		Peso de la vaca al destete (PVA)	registrando

Los parámetros genéticos utilizados fueron obtenidos de la población Hereford bajo el sistema de evaluación genética nacional (Ravagnolo, sin publicar) para circunferencia escrotal (CE), peso al nacer (PN), peso al destete directo (PDd) y materno (PDm), y peso a los 18 meses (P18m), área de ojo de bife (AOB) y espesor de grasa subcutánea (EGS); y de información bibliográfica proveniente de: Urioste et al. (1998) para el % parición y facilidad de parto (FP), Meyer et al. (2004) para peso de carcasa (PCC) y de Koots et al. (1994 a,b) para los parámetros de consumo. Estos se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores fenotípicos medios, heredabilidades (h^2), desvíos genéticos y fenotípicos para las características objetivos y criterios; correlaciones genéticas (encima de la diagonal) y fenotípicas (debajo de la diagonal) entre las mismas.

	Parición	Fac Parto	CE	PN	PDd	PDm	P18	PCC	Consumo	AOB	EGS
	%	esc.suby.	cm	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg. MS	cm2	mm
promedio	78	96	32	35	173	173	359	258	3600	44,2	3,1
h^2	0,05	0,1	0,39	0,49	0,2	0,17	0,27	0,58	0,34	0,41	0,49
sd genet	9,6	0,095	1,31	3,19	11,68	10,8	13,23	12,5	131,9	3,42	1,13
sd fenot	43,3	0,3	2,7	4,3	25	29	38	25	226,2	7,00	2,6
	Parición	Fac Parto	CE	PN	PDd	PDm	P18	PCC	Consumo	AOB	EGS
Parición		0,05	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fac Parto	0,15		0,00	-0,31	-0,21	0,00	-0,15	-0,15	0,00	0,00	0,00
CE	0,00	0,00		0,04	0,19	0,19	0,39	0,35	0,10	0,06	0,06
PN	0,00	-0,30	0,11		0,50	-0,14	0,55	0,60	0,20	0,15	-0,24
PDd	0,05	-0,20	0,34	0,46		-0,16	0,70	0,55	0,45	0,49	-0,01
PDm	0,10	-0,20	0,37	0,34	-0,16		0,00	0,00	0,80	0,00	0,00
P18	0,00	-0,15	0,36	0,38	0,70	0,00		0,91	0,79	0,51	0,32
PCC	0,00	-0,15	0,41	0,41	0,55	0,00	0,85		0,60	0,48	0,29
Consumo	0,10	0,00	0,00	0,00	0,45	0,20	0,64	0,62		0,00	0,44
AOB	0,10	0,00	0,06	0,10	0,20	0,00	0,35	0,45	0,00		-0,10
EGS	0,00	0,00	0,06	-0,09	0,20	0,00	0,30	0,37	0,00	-0,11	

Referencias: Porcentaje de Parición, Fac.Parto expresado unidades de la escala subyacente, CE circunferencia escrotal, PN peso al nacer, PDd peso destete directo, PDm peso destete materno, P18 peso a los 18 meses, Consumo de MS/anual PCC peso de canal, AOB Area de ojo de bife, EGS espesor de grasa subcutánea.

Para la construcción de las matrices de varianzas y covarianzas genéticas entre las características de interés se utilizó información proveniente de varias fuentes, (Evaluación genética nacional de la raza Hereford, Ravagnolo sin publicar; Koots et al., 1994 a, b; Urioste et al., 1998; Meyer et al., 2004) por no encontrarse estimaciones nacionales para todas las combinaciones de características. Se asumió que las correlaciones utilizadas entre las características fueron estimadas en un modelo multicarácter. Esta suposición puede tener consecuencias en los resultados. En el caso de consumo no se encontró información completa (varianzas y correlaciones con otras características) para situaciones en pasturas por lo que se optó por utilizar información de confinamiento para el período de un año, asumiendo los errores del supuesto. Los

valores fenotípicos presentados fueron los asumidos para el sistema definido por Pravia et al. (2010).

Para poder realizar los cálculos con la información que se disponía se asumió selección individual, lo que significa que se asume que un mismo animal cuenta con información propia para todas las características registradas y que dicha información es utilizada para estimaciones de EPD individuales (Schnneberger et al., 1992). Amer et al. (1998) también tomaron este supuesto para poder simplificar los cálculos. Sin embargo, para poder estimar la precisión real del índice es necesario conocer las distintas fuentes de información para cada característica, la que no siempre proviene del mismo animal. Hay características que pueden ser medidas en ambos sexos, mientras que otras como circunferencia escrotal y preñez no, por lo tanto la precisión de cada una va a depender de la fuente de información utilizada en su estimación. En este caso las características más afectadas en la precisión son la circunferencia escrotal por medirse solo en machos y el peso al destete materno que requiere una evaluación de la madre medida a través de los hijos y se expresa solamente en aquellas hembras que han destetado un ternero.

1. Desarrollo del índice y cálculo de las respuestas a la selección: Considerando los supuestos anteriores y siguiendo la metodología propuesta por Schnneberger et al. (1992) se calcularon los coeficientes de ponderación “**b**” de los EPD disponibles que conforman el índice de selección, de manera de que maximicen la ganancia genética total del genotipo agregado (H) con el índice de selección propuesto (I), como:

$$\mathbf{b}' = \mathbf{G}_{11}^{-1} \mathbf{G}_{12} \mathbf{v} \quad (4)$$

en donde **b** es el vector de ponderaciones del índice para los EPD predichos tomados como criterios de selección; **G₁₁**, es la matriz de covarianzas genéticas entre las características cuyos EPD están disponibles, de dimensión $m \times m$, en donde m es el número de criterios); **G₁₂** de dimensión $m \times n$, es matriz de covarianzas genética entre

los m criterios de selección del índice y las n características del objetivo o verdaderos valores de cría; $\mathbf{v}$ es el vector de ponderación económica de las características en el objetivo de dimensión $n \times 1$. Los criterios utilizados fueron los EPD actualmente disponibles presentados en el Cuadro 1.

Se estimó una aproximación de la varianza del índice (S^2_I) como:

$$S^2_I = \mathbf{b}' \mathbf{Var}(\tilde{\mathbf{u}}_i) \mathbf{b} \quad (5)$$

en donde $\mathbf{Var}(\tilde{\mathbf{u}}_i)$ es la matriz de varianza-covarianza de los EPD predichos y se calcula como:

$$\mathbf{Var}(\tilde{\mathbf{u}}_i) = \mathbf{B}' \mathbf{P}_{11} \mathbf{B} \quad (6)$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{P}_{11}^{-1} \mathbf{G}_{11} \quad (7)$$

donde $\mathbf{P}_{11}$ es una matriz de dimensión $m \times m$ entre las varianzas- covarianzas entre los criterios disponibles y $\mathbf{G}_{11}$ ya fue definida previamente.

Considerando la ecuación general de intensidad de selección se calculó el diferencial de selección ($\mathbf{S}$) resultante del uso del índice a una intensidad de selección de 1 como: $\mathbf{S} = \mathbf{i} \sigma_I$ (8)

donde $\mathbf{S}$ es el diferencial de selección, i la intensidad de selección y σ_I es el desvío estándar del índice. De esta manera se calculó la ganancia genética en los criterios ($\mathbf{d}$) y en los objetivos ($\mathbf{n}$), resultantes del uso del índice a una intensidad de selección de 1 de acuerdo a lo propuesto por Schnneberger et al. (1992) como:

$$\mathbf{d} = (\mathbf{S} / S^2_I) \mathbf{Var}(\tilde{\mathbf{u}}_i) \mathbf{b} \quad (9)$$

$$\mathbf{n} = (\mathbf{S} / S^2_I) \mathbf{G}_{21} \mathbf{G}_{11}^{-1} \mathbf{Var}(\tilde{\mathbf{u}}_i) \mathbf{b} \quad (10)$$

La ganancia genética económica (G.G.E.) obtenida se calculó como la respuesta en cada característica multiplicado por su valor económico, y la ganancia genética total es la sumatoria de las respuestas económicas individuales. Para realizar estos cálculos

fue asumido una intensidad de selección igual a 1 y un intervalo generacional de 4,64 años de acuerdo a la edad promedio de los padres cuando nacen los hijos asumido para la población en estudio (Pravia et al., 2010).

Todos los cálculos realizados asumen que las características utilizadas en el índice son todas medidas en el mismo animal. Estos supuestos son solo parcialmente verdaderos, por lo que los resultados deben interpretarse como una aproximación de las ganancias genéticas potenciales a obtener.

2. Comparación entre índices alternativos: Similarmente al trabajo presentado por Urioste et al. (2003), se comparó las respuestas a la selección en los objetivos obtenidas por la utilización de cuatro índices alternativos: un índice basado en EPD de crecimiento únicamente (C) el cual consideró PN, PDd, PDm, y P18m; un índice de crecimiento y reproducción (CR) el cual consideró las características anteriores más CE; y el índice completo calculado en el punto anterior que incluye todos los criterios disponibles para características de crecimiento, reproducción y res (CRR). También se evaluó la inclusión de EPD para % de parición en el índice anterior (índice CRR + P) y su impacto en las respuestas a la selección en las características, a los efectos de evaluar la beneficio de incluir información de esta característica en los sistemas de registros y así disponer de dichos EPD.

RESULTADOS

1. Desarrollo del índice y cálculo de las respuestas a la selección: En el Cuadro 3 se muestran los coeficientes de ponderación del índice obtenidos para los criterios disponibles y en el Cuadro 4 se muestra la respuesta a la selección obtenida para las características del objetivo y del índice como consecuencia de uso del índice a una intensidad de selección de 1. También se presenta la ganancia genética económica para cada característica (G.G.E.) y la ganancia genética económica total.

Cuadro 3. Coeficientes de ponderación de los criterios en el índice (b).

Ponderacion de cada criterio en el indice							
Coeficientes	Cir. Escrotal (cm)	PN (kg)	PDd (kg)	PDm (kg)	P18m (kg)	AOB (cm2)	EGS (mm)
b	405,3	161,0	-7,2	-26,1	-54,0	136,8	302,8

Los coeficientes b del índice obtenidos para cada característica pueden ser multiplicados por cada EPD disponible y sumados para obtener el valor del índice de cada animal. Los animales pueden ser ordenados de acuerdo a este índice y la selección debería ser considerando estos valores.

Cuadro 4. Respuesta a la selección en las características del objetivo y del índice como consecuencia de una intensidad de selección de 1 en el índice, y Ganancia genética económica (GGE) para cada característica individual y total acumulada.

Ganancia lograda en cada característica del objetivo luego de un ciclo de seleccion en el indice							
	Parición %	Fac Parto (unid. E.sub)	PDd (kg)	PDm (kg)	PCC (kg)	Consumo (kg MS)	
Respuesta	0,99	-0,01	1,85	-4,18	5,74	-46,61	Σ total
G.G.E. (USD)	95,42	-0,27	-2,04	15,88	137,19	88,56	334,7 USD
Ganancia lograda en cada característica del indice luego de un ciclo de seleccion en el indice							
	Cir. Escrotal (cm)	PN (kg)	PDd (kg)	PDm (kg)	P18m (kg)	AOB (cm2)	EGS (mm)
Respuesta	0,48	1,97	1,86	-4,18	4,96	0,17	-0,08

Comparando las respuestas obtenidas (Cuadro 4) con los valores fenotípicos medios de las características (Cuadro 2), la selección a través del índice propuesto a una intensidad selección igual a 1 y asumiendo selección individual generó un progreso genético de 0,99 % en el porcentaje de parición lo que representó un 1,3 % de incremento respecto a la media fenotípica; una disminución de la facilidad de parto del 0,01 de la escala subyacente, equivalente a un 0,01 % del fenotipo medio, un incremento en el peso al destete directo de 1,85 kg y una disminución de 4,18 kg del peso al destete

materno, representado un 1 y - 2,4 % respecto al promedio fenotípico. En cuanto al peso de carcasa, el incremento de 5,74 kg representó una mejora del 2,2% y la disminución del consumo de 46,61 kg de MS al año una mejora del 1,3%. Estas respuestas se logran en un ciclo de selección, lo que está dado en 4,64 años que es la edad promedio de los padres cuando nacen los hijos.

Por otro lado, las características indicadoras que están en el índice también presentaron una respuesta a la selección; un incremento de 1,5% la circunferencia escrotal, un 5,7% el peso al nacer, 1 % y -4,2 % el peso al destete directo y materno, un incremento de 1,4 % el peso a los 18 meses y de 0,4% el área de ojo de bife, y una reducción de 2,6% la grasa subcutánea.

La ganancia genética económica total obtenida para una animal estándar luego de un ciclo de selección a una intensidad de 1 aplicada al índice propuesto es de USD 334,7 y está determinada por la sumatoria de las ganancias genéticas en cada característica multiplicada por el valor económico de la misma. La mayor ganancia económica está dada principalmente por la mejora en el peso de carcasa (USD 137,19) seguida por el porcentaje de parición (USD 95,42) y por la disminución del consumo (USD 88,56). Estas ganancias son logradas en 4,64 años de acuerdo al intervalo generacional del sistema.

2. Comparación entre índices alternativos: En el Cuadro 5 se presentan las respuestas obtenidas en los objetivos y criterios como consecuencia del uso de distintos índices con diferente información: índice de crecimiento (C), crecimiento y reproducción (CR), crecimiento, reproducción y res (CRR) y el índice CRR más preñez (CRR + P).

Cuadro 5. Respuestas a la selección en las características del objetivo y del índice, y respuesta económica acumulada obtenida como consecuencia de la utilización de los índices C, CR, CRR y CRR + P.

Respuesta en características	Índices alternativos			
	C	CR	CRR	CRR + P
<i>Características del objetivo</i>				
Parición (%)	0,00	0,98	0,99	2,20
Fac Parto (u.s)	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01
PDd (kg)	2,29	1,28	1,85	1,21
PDm (kg)	-4,60	-4,08	-4,18	-3,84
PCC (kg)	4,65	4,79	5,74	4,86
Consumo (kgMs)	-28,91	-46,41	-46,61	-42,47
<i>Características indicadoras</i>				
Cir. Esc. (cm)		0,48	0,48	0,45
PN (kg)	2,37	1,98	1,97	1,74
P18m (kg)	3,83	3,97	4,96	4,09
AOB (cm2)			0,17	-0,02
EGS (mm)			-0,08	-0,07
<i>Resp. econ. acum.(USD)</i>	180,7	310,1	334,7	420,9

Considerando que los objetivos de selección son los mismos para los tres casos, si se selecciona por un índice que considere únicamente el crecimiento (índice C), se obtiene un progreso mayormente dado por un incremento del peso de carcasa, una reducción del consumo y una reducción del peso al destete directo, pero sin ningún progreso genético en el % de parición. Si se selecciona por el índice CR, se logra mejorar el % de parición en 0,98 %, el peso de carcasa se mantiene prácticamente igual, peso al destete directo disminuye, el materno aumenta levemente y adicionalmente se logra disminuir el consumo casi al doble. Con el índice CRR, el progreso genético en la mayoría de las características se mantiene similar al índice anterior con excepción del PCC que incrementa en 1 kg, lo que está explicado por la respuesta correlacionada que genera la inclusión de AOB y EGS por sus altas correlaciones con el crecimiento. La facilidad de parto parece incambiada para cualquiera de los tres casos. Al evaluar la alternativa de incluir el EPD de % de parición (índice CRR + P), la respuesta en esta característica incrementa al doble, mientras que la respuesta en las demás características

son levemente menores que el índice anterior. En cuanto a la respuesta económica acumulada, los ingresos obtenidos por la mejora genética por el uso del índice CR superaron en un 72% al índice C, los ingresos con el índice CRR superaron en un 8% al CR y el índice CRR + P superaron en un 36% a los ingresos del índice CR y en un 26% al CRR.

DISCUSIÓN

Análisis de los coeficientes de ponderación del índice (b): Las características de mayor importancia económica no siempre se vieron reflejadas en una mayor ponderación de la característica indicadora en el índice. Sin embargo es esperable que los coeficientes de ponderación del índice difieran de los valores económicos de las ERT del genotipo agregado. En primer lugar porque son distintas características, en segundo lugar debido a que dichos coeficientes son resultado de multiplicaciones de matrices en donde intervienen varianzas y covarianzas de distinta magnitud determinada por la unidad de la característica (% , kg, cm, mm) lo que lleva que sea muy difícil identificar las causas de los valores absolutos.

Los coeficientes “b” de CE y EGS fueron los más altos en valor absoluto influenciados seguramente por la unidad de medida, cm y mm respectivamente, mientras que los restantes se miden en kg. En el caso del PN, indicadora de facilidad de parto, su coeficiente “b” tuvo un valor alto y positivo (161,02) contrario a lo que podría esperarse por su correlación negativa (-0,3) con facilidad de parto. Esta característica no tuvo gran importancia económica debido a los buenos valores fenotípicos promedio en la población de estudio (Pravia et al., 2010), lo que pudo haber causado que el PN pesara más como criterio para mejorar PCC por su alta correlación (>0,5) con los siguientes pesos (PD, P18m y PCC) que para disminuir facilidad de parto. El coeficiente negativo del P18m se explica porque esta característica, además de ser un criterio para mejorar el PCC, también es indicadora del consumo ya que presenta altas correlaciones genéticas

con ambas (0,91 y 0,79 respectivamente) y por lo tanto ejerce el papel de evitar el aumento del consumo. El PCC es mejorado a través de la respuesta correlacionada por el PN, el AOB y EGS cuyos coeficientes “b” son positivos, al igual que sus altas correlaciones genéticas con el PCC (0,6, 0,48 y 0,29 respectivamente).

La mayoría de los trabajos revisados que incluyen características indicadoras en el índice no presentan los coeficientes de ponderación índice, sino solamente las respuestas logradas (Amer et al., 1998; Ponzoni y Newman, 1989; Urioste et al., 2003). La principal razón puede deberse a que los valores económicos de los objetivos de selección son mas fáciles de interpretar que los coeficientes del índice (Dekkers y Gibson, 1997). La mayoría de las veces los coeficientes de los índices no son presentados porque proveen poca información convincente para los criadores, tal como fueron los valores obtenidos en este trabajo, debido a que contienen covarianzas entre características del objetivo y aquellas con EPD, lo que es muy complejo para explicar (Garrick y Golden, 2009).

Ganancias genéticas en objetivos y criterios: La respuesta obtenida en el % de parición (0,99) se puede calificar como media considerando la baja heredabilidad de esta característica (0,05). Esto comprueba que la CE como criterio de mejora de la preñez no es un buen indicador ya que presenta una correlación genética baja (0,2) y que por lo tanto seria conveniente incorporar otras características indicadoras como día al parto, % de parición, intervalo entre partos. Esta correlación entre CE-Preñez ha generado grandes controversias debido a los distintos resultados encontrados, desde correlaciones muy bajas o nulas (0,002; Evans et al. 1999) a otras medianas a altas (0,48; Koots et al, 1994b). Urioste et al (2003) incluyeron día al parto, adicionalmente a CE, lo que permitió obtener mayores respuestas en el % de parición. En este trabajo se evaluó incluir % de parición lo que se discutirá en la comparación de índices alternativos.

En el caso de la facilidad de parto la respuesta fue desfavorable, lo que puede estar explicado en parte por el bajo valor económico de esta característica y por las altas correlaciones positivas de su indicadora (PN) con otras características de crecimiento (especialmente PCC) con un mayor valor económico y positivo. En cuanto al PDd y PDm es esperable que se movieran en sentido contrario debido a su correlación negativa, independientemente de que ambas tienen valor económico negativo. La estimación de la respuesta en el PDm pudo haber estado sobreestimada al ser una evaluación de la madre y no del animal que se evalúa, y por lo tanto no cumple con la suposición de que todas las características fueron medidas en el mismo animal.

El PCC logró un progreso genético casi de medio desvío estándar aditivo de la característica, lo que puede ser explicando fundamentalmente por su alta heredabilidad (0,58) y correlación genética (0,91) con P18m y AOB que fueron quienes ejercieron la selección a favor. La respuesta en el consumo fue positiva, con una reducción de un 1,3% a pesar de su alta correlación con las características de crecimiento. Sin embargo, los resultados particularmente para el consumo, pueden estar influenciados por los parámetros utilizados (varianzas y covarianzas con las demás características), por ser referidos a consumo en confinamiento por no disponer de información para alimentación en pasturas.

En cuanto a las características indicadoras, también obtuvieron respuestas. Llama la atención la respuesta en el PN, lo que ya fue explicado por la baja importancia de la facilidad al parto. En el caso del P18m la respuesta fue menor que para PCC si comparamos respecto a los valores fenotípicos medio, lo que puede explicarse por el doble papel del P18m como indicador de crecimiento y como regulador del consumo.

Un aspecto importante a destacar es que los coeficientes del índice, así como las respuestas logradas en las características del objetivo y del índice fueron dependientes de los parámetros genéticos utilizados, ya que al modificar las varianzas en las

características y las correlaciones entre las mismas determinaron una variación en sus valores absolutos (no publicado). Las mayores limitantes se encuentran en consumo, parición, facilidad de parto y carcasa, que por no contar con información nacional los parámetros fueron obtenidos de bibliografía. Esta información utilizada proviene de distintos ambientes, razas y poblaciones, además de originarse de análisis multivariados en donde no están contempladas la totalidad de las características aquí utilizadas, lo que puede estar determinando diferencias en las respuestas esperables.

Comparación de índices alternativos: Los resultados obtenidos concuerdan con los de Urioste et al (2003) en donde en la medida que se incorporan características vinculadas a fertilidad la respuesta en los objetivos es más balanceada por mejorar preñez manteniendo la ganancia genética en características de crecimiento. Cuando se incorporó CE en el índice, la respuesta favorable no fue únicamente en la reproducción, sino que todas las características se vieron favorecidas. El incremento en preñez no repercutió en reducción en crecimiento explicado fundamentalmente por las correlaciones positivas entre CE con los demás pesos, lo que lleva a que éstos se mantengan en los mismos niveles con excepción del PDm que disminuye. Esta disminución del PDm es la que permite lograr una disminución en el consumo de MS. El asumir una correlación de 0 entre parición y consumo, y de 0,1 entre consumo y CE, determina que el incremento de parición no genere incrementos en el consumo. Este supuesto tiene gran incidencia, cuando se modificó las correlaciones por una correlación CE-parición de 0,61 (sin publicar) se obtuvo una menor respuesta en la mejora de la parición y un incremento del consumo. Cuando se incorporó características carniceras en el índice (CRR), se observó que éstas permitieron mejorar el peso de carcasa o venta, pero a diferencia con el trabajo de Urioste et al. (2003) aquí se logró disminuir aún más el consumo. La ganancia genética económica obtenida por el índice CR representó una mejora porcentual de 72% respecto al índice C y una mejora de 8% al pasar del índice CR al CRR. Urioste et al. (2003) encontraron la misma tendencia, en donde la inclusión de características reproductivas en el índice mejoraban sustancialmente el retorno económico, mientras

que la inclusión de características de carcasa no incrementaban la respuesta. Cuando se incluyó el % de parición en el índice (CRR + P), la respuesta en esta característica aumentó al doble. Estos resultados permiten sostener la importancia de la inclusión de este registro en los servicios de recolección de información para las evaluaciones genéticas.

Discusión general: La mayor limitación que ha tenido el desarrollo de los objetivos e índices de selección apropiados es la falta de estimación de correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características de crecimiento, consumo, reproducción y composición de carcasas (Newman et al., 1992), y la potencialidad del uso de los índices está limitada a la solidez de los supuestos utilizados en la formulación del modelo. A su vez, disponer de todos los EPD provenientes de una evaluación genética multicaracterística es muy difícil de lograr. Sin embargo, Dekkers (2003) sostiene que si el EPD de la característica individual tiene alta precisión, las ponderaciones del índice pueden ser aproximadas al valor económico, debido a que en este caso, la información correlacionada tiene poco impacto en el EPD y un EPD individual es similar a un EPD derivado de un multicaracterístico. En este trabajo, para poder realizar los cálculos se asumió que los animales disponían de un registro en todas las características y que las mismas eran evaluadas en un modelo multicaracterístico a pesar de que esta condición no se cumple estrictamente. Las evaluaciones genéticas nacionales utilizan modelos multicaracterísticos para grupos de características; por un lado se hace una evaluación para las características de crecimiento juntas (PN, PDd, PDm y P18meses), por otro lado otra evaluación entre PD junto con CE, y aparte PD con las características de carcasas, AOB y EGS. Si bien estrictamente no es una única evaluación multicaracterística se asemeja bastante y se creyó más conveniente asumir este supuesto, en lugar de estimaciones univariadas independientes. Por esta razón es que se presentaron índices según la propuesta de Schnneberger et al. (1992) a partir de EPD multicaracterísticos, en lugar de otras propuestas presentadas por Dekkers (2003) para EPD univariados.

Resulta oportuno presentar ciertas críticas planteadas por algunos autores (Garrick y Golden, 2009) en cuanto a que índices desarrollados a partir de EPD de características indicadoras, y no por características ERT, muchas veces carecen de sentido biológico y es en parte por eso que los productores no los utilizan. Recientemente, en los programas de evaluaciones genéticas se ha puesto más atención al desarrollo de predicciones genéticas que son más útiles en determinar efectos de beneficio o riesgo de alternativas de selección y decisiones de entore (Golden, 2005; Garrick y Golden, 2009). Amer (2006) sostiene que se deberían generar valores de cría tanto para características registrables como para aquellas que afectan directa y económicamente el objetivo de selección. Los valores de cría deberían ser predichos a partir de información registrada mediante una evaluación genética multi-característica utilizando BLUP, en donde se construyen ecuaciones para características no registradas o a partir de valores de cría de características registradas basados en el principio de regresiones genéticas parciales. Esta alternativa podría ser examinada en futuros trabajos.

CONCLUSIONES

El índice de selección propuesto a partir de los EPD disponibles permitió obtener progreso genético en las características identificadas en el objetivo de selección para el sistema de producción definido, lo que determinó un mayor retorno económico para este sistema. Al comparar índices alternativos, se pudo constatar que el índice que incluyó características de crecimiento, reproductivas y carcasa (CRR) permite obtener un mayor progreso genético en todas las características del objetivo, un mejor balance entre estas y un mayor retorno económico. La inclusión del porcentaje de parición en el índice, permitiría mejorar al doble la respuesta en esta característica al igual que el retorno económico, lo que alentaría a las sociedades de criadores incorporar esta información en los sistemas de registros a los efectos de obtener evaluaciones genéticas para estas características.

Es importante destacar que los resultados obtenidos son válidos solamente asumiendo selección individual, en donde cada “animal estándar” cuenta con información propia para todas las características registradas y dicha información es utilizada para estimaciones de EPD individuales. Al mismo tiempo, los resultados logrados están determinados por los parámetros genéticos utilizados. Estimaciones de parámetros genéticos nacionales para algunas características que constituyen el objetivo de selección como preñez, consumo y carcasa, es una limitante por lo cuales mayores esfuerzos deberían ponerse en obtener información para estas características. Mientras no se disponga de información de consumo en pastoreo, sería conveniente buscar alternativas para mejorar la consideración de esta característica en futuros índices.

BIBLIOGRAFIA

Amer, P.R.; Crump, R. ; Simm, G. 1998. A terminal sire selection index for UK beef cattle. *Animal Science* 67: 445-454.

Amer, P.R.,; Simm, G.; Keane, M.G.; Diskin, M.G.; Wickham, B.W. 2001. Breeding objectives for beef cattle in Ireland. *Livestock Production Science* 67 223–239

Amer, P. R. 2006. Approaches to formulating breeding objectives. *Proc. 8th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.*, Belo Horizonte, Brasil.

Dekkers, J. C. M.; Gibson, J. P. 1997. Applying breeding objectives to dairy cattle improvements. *J. Dairy Sci.* 8 (2): 19-35.

Dekkers, J., 2003. Notes for summer short course. Chapters 6,7,8 & 9. *Iowa State University*.

Enns, M. 2007a. The Role of Economically Relevant and Indicator Traits. in_ Beef Sire Selection Manual. p.51-54. National beef cattle evaluation consortium (www.nbcec.org).

Enns, M. 2007b. Selection Decision: Tools for Economic Improvement Beyond EPD. in_ Beef Sire Selection Manual. p.55-62. National beef cattle evaluation consortium (www.nbcec.org).

Evans, J. L.; Golden, B. L.; Bourdon, R. M; Long K. L. 1999. Additive Genetic Relationships Between Heifer Pregnancy and Scrotal Circumference in Hereford Cattle. J. Anim. Sci. 1999. 77:2621–2628

Garrick, D.J.; Golden, B. L. 2009. Producing and using genetic evaluations in the United States beef industry of today. J. Anim. Sci. 87 (E.Suppl.): E11-E18.

Golden, B. L.; Garrick, D. J.; Newman, S. ; Enns R. M. 2000.Economically relevant trait a framework for the next generation of EPDs. Proceeding of the BIF 32nd Annual Research Symposium and Annual Meeting. 32: 2-13.Wichita, Kansas.

Golden, B. L. 2005. Genetic prediction for time to finish end points in beef cattle. Animal Science Annual Meeting. Abstract Num. 408 in <http://www.fass.org/2005/abstracts/toc.htm>

Hazel, L.N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. Genetics 28:476-490.

Koots, K. R.; Gibson, J. P.; Smith, C.; Wilton, J. W. 1994a. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. Anim. Breed. Abstr. 62:309–338.

Koots, K.R.; Gibson, J.P.; Wilson, J.W. 1994b. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 2. Phenotypic and genetic correlations. Anim. Breed. Abstr. 62: 825-853.

Meyer, K.; Johnston, D.; Graser H. 2004. Estimates of the complete genetic covariance matrix for traits in multi-trait genetic evaluation of Australian Hereford cattle. Australian Journal of Agricultural Research. 2004, 55, 195-210.

Miller, S. 2002. Beef cattle breeding programmes: progress and prospects. Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Montpellier. France.

Newman, S.; Morris, C. A.; Baker, R. L.; Nicoll, G.B. 1992. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. Livestock production Science, 32 (1992) 111-130.

Ponzoni, R.W.; Newman, S. 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. Animal production. 49: 35-47.

Pravia, M.I.; Ravagonolo, O.; Urioste, J. 2010. Identificación de objetivos de selección para un sistema de producción ganadero en Uruguay a través de un modelo de simulación bioeconómico. Primer artículo publicado en esta tesis.

Schneeberger, M.; Barwick, S. A.; Crow, G. H.; Hammond, K. 1992. Economic indices using breeding values predicted by BLUP. J. Animal Breeding and Genetics: 109 (1992), 180-187

Urioste, J.I.; Ponzoni, R.W.; Aguirrezabala, M.; Rovere, G.; Saavedra, D. 1998. Breeding objectives for pasture-fed Uruguayan beef cattle. J. Anim. Breed. Genet. 115:357-373.

Urioste, J.I; Ponzoni, R.W.; Aguirrezabala, M.; Rovere, G.; Saavedra, D. 2003
Agrociencia Vol VII N°1 pag 1-8. Características de la res en objetivos y criterios de selección para razas británicas en el Uruguay

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

El primer trabajo tuvo como principal objetivo identificar los objetivos de selección para un sistema ganadero de ciclo completo a los efectos de orientar las decisiones de selección. El modelo de simulación desarrollado permitió modelar dos sistemas de ciclo completo representativos para las condiciones de Uruguay, identificar las características económicamente relevantes (ERT) para dichos sistemas y calcular sus valores económicos (VE). Los resultados confirman los trabajos nacionales anteriores (Urioste et al., 1998), ratificando la importancia económica de la reproducción como la principal característica del objetivo de selección para empresas de ciclo completo en Uruguay. En segundo lugar se destacaron el peso de canal caliente, fundamentalmente en novillos, seguido por el consumo de materia seca. Con menor importancia el peso al destete materno y directo y la facilidad de parto. De acuerdo a estos resultados obtenidos, se debería poner más énfasis en seleccionar animales con mejores comportamientos reproductivos, novillos con mayores pesos de la canal y animales que consuman menos kg de materia seca por kilos de peso vivo producidos. Sin embargo, es pertinente aclarar que los VE absolutos obtenidos son dependientes de los valores fenotípicos asumidos para las distintas características en la descripción del modelo.

Para obtener un progreso genético en las características del objetivo es necesario disponer de evaluaciones genéticas para poder ejercer selección en ellas. Lamentablemente no se dispone a nivel nacional de EPD para todas las características identificadas como ERT aunque sí para algunas indicadoras. En el caso de las reproductivas solamente existe un criterio, circunferencia escrotal que presenta baja correlación con la ERT. Adicionalmente, algunas de estas características presentan direcciones antagónicas lo que significa que la mejora de alguna va en detrimento de otra. El ejemplo más claro es el crecimiento y el consumo. Para poder realizar una selección más eficiente, estas características deben ser combinadas en un índice de selección el cual pondere a cada característica por su contribución económica.

En el segundo trabajo, el índice de selección propuesto a partir de los EPD disponibles permitió obtener progreso genético en las características identificadas en el objetivo de selección para el sistema de producción definido, lo que determinó un mayor retorno económico para este sistema. Al comparar índices alternativos, se pudo constatar que el índice que incluyó características de crecimiento, reproductivas y carniceras (CRC) permite obtener un mayor progreso genético en todas las características del objetivo, un mejor balance entre estas y un mayor retorno económico que los índices de selección que incluyeron solo características de crecimiento (C) o crecimiento y características de la res (CR). La inclusión del porcentaje de parición en el índice, permitiría mejorar al doble la respuesta en esta característica al igual que el retorno económico, lo que alentaría a las sociedades de criadores agregar esta información en los sistemas de registros a los efectos de obtener evaluaciones genéticas para estas características. La mayor limitación de este trabajo fue la falta de estimaciones de correlaciones genéticas entre las características, fundamentalmente entre preñez, consumo y las demás características de crecimiento, lo que determinó que los índices y las respuestas obtenidas estén limitados a los parámetros genéticos utilizados.

El principal aporte de esta tesis fue el desarrollo de un método para calcular los objetivos de selección para dos sistemas ganaderos en Uruguay, la identificación de las características económicamente relevantes y su importancia relativa a los efectos de orientar las decisiones de selección, y la implementación de índices de selección de manera de optimizar dicha selección en los sistemas. Esto, si bien algunos resultados pueden estar acotados a los supuestos definidos, es una gran contribución a la investigación nacional en este tema ya que hasta la fecha existía un único antecedente que no se había llevado a la práctica en un índice concreto. Mucho trabajo queda por hacer en cuanto a seguir perfeccionando los sistemas, el análisis de sistemas criadores e invernadores por separado, así como plantearse nuevos escenarios futuros donde existan premios por calidad. No obstante el desarrollo de estos dos trabajos es un avance adicional que sirve como antecedente para seguir trabajando en esta área.

El segundo gran aporte fue la identificación de las limitantes, como son los parámetros genéticos para algunas de las ERT ya mencionadas, reproductivas y de consumo, que si bien se presumía la necesidad de estudiarlas, en este trabajo quedó demostrada la importancia de contar con ellos. Esta es un área donde se debería poner esfuerzos en generar información nacional, ya que son características relevantes para los sistemas de producción de carne en pasturas. Hasta no disponer de esta información, sería más conveniente que utilizar alguna característica indicadora para considerar el consumo, p.ej. el peso de la vaca adulta, para evitar respuestas que se alejen de las reales o esperables.

Una iniciativa que puede ser estudiada en futuros trabajos es la propuesta de algunos autores (Garrick y Golden, 2009; Amer, 2006) en estimar índices de selección que involucre directamente características económicamente relevantes y no indicadoras. Para ello sería necesario estimar EPDs para porcentaje de preñez, peso de carcasa y consumo de materia seca, entre otras, a partir de correlaciones genéticas con las características indicadoras. Esta alternativa facilitaría el entendimiento de los coeficientes de ponderación del índice por los productores, mientras que cuando se trata de características indicadoras los mismos carecen de sentido lógico tal como fue encontrado en el segundo trabajo. También se podría incursionar en un modelo bioeconómico integrado con los EPDs disponibles a los efectos de predecir las respuestas en comportamiento para un sistema de producción y situación económica determinada, permitiendo al criador evaluar distintas alternativas de selección, tal como lo ha planteado la NBCEC (National Beef Cattle Evaluation Consortium).

6. BIBLIOGRAFIA

AFRC. 1993. Energy and Protein requirements of ruminants CAB. International Cambridge.159 p.

Amer, P.R.; Fox G.C. 1992. Estimation of economic weights in genetic improvement using neoclassical production theory: an alternative to rescaling. British Society of Animal Production, 54:341-350.

Amer, P.R.; Kempt, R. A.; Buchanan-Smith, J. G.; Fox, G.C.; Smith, C. 1994. A bioeconomic model for comparing beef cattle genotypes at their optimal economic slaughter end point. J. Anim. Sci., 1994. 72:38-50.

Amer, P.R.; Crump, R. ; Simm, G. 1998. A terminal sire selection index for UK beef cattle. Animal Science 67: 445-454.

Amer, P.R. 1999. Economic accounting of numbers of expressions and delays in sheep genetic improvement. New Zealand journal of Agricultural Research, 1999. Vol. 42: 325-336.

Amer, P.R.; Simm, G.; Keane, M.G.; Diskin, M.G.; Wickham, B.W. 2001. Breeding objectives for beef cattle in Ireland. Livest. Production Sci. 67 223–239

Amer, P. R. 2006. Approaches to formulating breeding objectives. Proc. 8th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Belo Horizonte, Brasil.

Barwick, S.A.; Fuchs, W.; Davis, G.P.; Hammond, K. 1992. A Breeding objective and selection index package for use with breedplan. Proc. Aust. Assoc. Anim. Breed. Genet. Vol. 10: 565 – 568.

Beretta, V.; Simeone, A. 2005. Curso: Bases Nutricionales para el Manejo de la Alimentación en Sistemas Pastoriles y de Confinamiento Destinados al Engorde de Vacunos. Organizado por Facultad de Agronomía. Montevideo, 7-9 de noviembre de 2005.

Bertrand, J. K.; Green R. D.; Herring W. O.; Moser D. W. 2001. Genetic evaluation for beef carcass traits1. J. Anim. Sci. 2001. 79(E. Suppl.):E190–E200

Borg, R. C. 2004. Developing breeding objectives for Targhee Sheep. Tesis Masters of Science. Virginia Polytechnic Institute and State University. 80 p.

Bourdon, R. M.; Brinks, J. S. 1987. Simulated efficiency of range beef production II. Fertility Traits. J. Anim. Science. 1987.65:956-962.

Bourdon, R. M. 1998. Shortcomings of current genetic evaluation systems. J. Anim. Science, 1998. 76:2308 -2323.

Bourdon, R.; Golden, B. 2000. EPDs and Economics: Determining the Relative Importance of Traits. Disp. en: <http://www.ansci.colostate.edu>. Consulta Enero 2007.

Brascamp, E. W; Smith, C; Guy, D. R. 1985. Derivation of economic weights from porfit equations. Animal Production, 40:175-180.

CSIRO, 1994. Feeding Standards for Australian livestock. Ruminants. Publications, Victoria. 226 p.

Dekkers, J. C. M.; Gibson, J. P. 1997. Applying breeding objectives to dairy cattle improvements. J. Dairy Sci. 8 (2): 19-35.

Dekkers, J. 1998. Design of breeding programs: Chairman`s summary. 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Australia,1998.

Dekkers, J. 2003. Notes for summer short course. Chapters 6, 7, 8, 9. *Iowa State University*.

Enns, R.M. 2007a. The Role of Economically Relevant and Indicator Traits. in_ Beef Sire Selection Manual. p.51-54. National beef cattle evaluation consortium.

Enns, R.M. 2007b. Selection Decision: Tools for Economic Improvement Beyond EPD. in_ Beef Sire Selection Manual. p.55-62. National beef cattle evaluation consortium.

Enns, R.M.; Garrick, D.J.; Brigham, B.W. 2005. Using new selection tools. Proceedings, The Range Beef Cows Symposium XIX. December, 6, 7 y 8, 2005, Rapid City, Shouth Dakota.

Enns, R.M.; Garrick, D.J.; Brigham, B.W. 2006. Economic values of heifer pregnancy and calving ease vary with average herd performance. Proc. 8th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Belo Horizonte, Brasil.

Evans, J. L.; Golden, B. L.; Bourdon, R. M; Long K. L. 1999. Additive Genetic Relationships Between Heifer Pregnancy and Scrotal Circumference in Hereford Cattle. J. Anim. Sci. 1999. 77:2621–2628

Evans, J. L.; Golden, B.L.; Hough, B. L. 2002 A new genetic prediction for cow maintenance energy requirements. Pag 79 -88 in Proc. 2002. Annual Convention. Beef Improvement Federation.

Fernández-Perea, M.T.; Alenda Jiménez, R., 2004. Economic weights for a selection index in Avileña purebred beef cattle. Livest. Prod. Sci. 89: 223–233.

FUCREA, 2007. 25a Jornada de Información Económica en Ganadería. 16 de noviembre de 2007, LATU Montevideo.

Garrick, D. 2005 Trends and developments in Genetic Evaluation of Beef Cattle in the United States. Pag 24 -31. in Proc. 9th World Angus Forum Tech. Meet., Angus in the Global Market. Am. Angus Assoc., Kansas City, MO.

Garrick, D. 2006. Genetic Improvement if beef cattle - Assessing the ramifications of genetic change. Proc. 8th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Belo Horizonte, Brasil.

Garrick, D.J.; Golden, B. L. 2009. Producing and using genetic evaluations in the United States beef industry of today. J. Anim. Sci. 87 (E.Suppl.): E11-E18.

Gibson, J. P. 2005. Introduction to breeding objectives Armidale Animal Breeding Summer Course 2005.

Gibson, J. P.; Wilton J. M. 1998. J. Anim. Science 76:2303-2307. Defining multiple-trait objectives for sustainable genetic improvement.

Groen, A.F. 1999. Breeding Goal definition **ICAR** Technical series N°3.

Golden, B. L.; Garrick, D. J.; Newman, S.; Enns R. M. 2000. Economically relevant trait a framework for the next generation of EPDs. Proceeding of the BIF 32nd Annual Research Symposium and Annual Meeting. 32: 2-13. Wichita, Kansas.

Golden, B. L. 2005. Genetic prediction for time to finish end points in beef cattle. Animal Science Annual Meeting. Abstract Num. 408. Consulta: Setiembre de 2008. Disponible en <http://www.fass.org/2005/abstracts/toc.htm>

INAC, 2009. Estadísticas de precios y rendimientos. En <http://www.inac.gub.uy>. Consulta: marzo 2009.

Harris, D.; Newman, S. 1994. Breeding for Profit: Synergism between Genetic Improvement and Livestock Production (A Review). J. Anim. Sci. 72:2178-2200.

Hazel, L. N.; Dickerson, G. E.; Freeman, A. E. 1943. Symposium: Selection index Theory. The Selection Index-Then, Now, and for the Future.

Hazel, L.N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. Genetics 28:476-490.

Jenkins, T.G.; Ferrell, C.L. 2002. Beef cow efficiency - revisited. Beef Improvement Federation Proceedings. Proceedings/Symposium 2002. pp. 32-43.

Jorge Junior, J.; Cardozo, V.L.; Galvao de Albuquerque, L.G. 2006. Modelo Bioeconómico para calculo de custos e receitas em sistemas de producao de gado de corte visando a obtencao de valores economicos de caracteristicas produtivas e repordutivas. R.Bras. Zootec. V.35, n.5. p.2187-2196.

Koots, K. R., Gibson, J. P. Smith, C.; Wilton, J. W. 1994a. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. Anim. Breed. Abstr. 62:309–338.

Koots, K.R., Gibson, J.P.; Wilson, J.W. 1994b. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 2. Phenotypic and genetic correlations. Anim. Breed. Abstr. 62: 825-853.

Koots, K.R.; Gibson J.P. 1998a. Economic values for beef production traits from a herd level bioeconomic model. Can. J. Animal Sci. 78, N° 1, 29-45.

Koots, K.R.; Gibson, J.P. 1998b. Effects of production and marketing circumstances on economic values for beef production traits. Can. J. Anim.Sci. 78:47-55.

Kluyts, J. F., Neser F.W.C.; Bradfield, M.J. 2003 Development of breeding objectives for beef cattle breeding: derivation of economics values. South African Journal of Animal Science 3 (3).

Kluyts, J. F.; Neser F.W.C.; Bradfield, M.J. 2007. Derivation of economic values for Simmental breed in South Africa. S. African Journal Anim. Sci., 37: 107-121.

Lazenby, M.T.; Miller, S.P.; Wilton, J.W. 1997. Customized Selection Indices for Specific Production Systems and Markets. Consulta: Diciembre de 2008. Disponible en: <http://bru.aps.uoguelph.ca/Articles97>

MacNeil, M.; Newman, R.; Stewart-Smith, J. 1994. Relative economic values for Canadian beef production using specialized sire and dam lines. Canadian Journal Animal Science, 74, 411-417.

MacNeil, M. 2005. Breeding objectives for Hereford Cattle. Hereford World Magazine. Vol. 95; No.8.

Mayer, K.; Johnston, D.; Graser H. 2004. Estimates of the complete genetic covariance matrix for traits in multi-trait genetic evaluation of Australian Hereford cattle. Australian Journal of Agricultural Research. 2004, 55, 195-210.

McClintock, A.E.; Cunningham, E.P. 1974. Selection in dual purpose cattle populations: defining the breeding objective. Anim. Prod. 18: 237-247.

McMorris, M. R.; Wilton J. W. 1986. Breeding system, cow weight, and milk yield effects on various biological variables in beef production. *J. Anim. Sci.* 63:1361–1372.

Meszaros, S. A. 1999. Optimising the objective and design of breeding programs with the use of genetic algorithms. Doctoral Thesis. University of New England 205p.

Miller, S. 2002. Beef cattle breeding programmes: progress and prospects. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.

Morris, S. 2002. Selection for feed efficiency in cattle. Consulta: noviembre 2008. Disponible en: http://www.beef.org.nz/research/breeding/breed_net_feed2.asp

Moser, D.W.; Bertrand, J.K.; Misztal, I.; Kriese, L.A.; Benyshek, L.L. 1998. Genetic Parameter Estimates for Carcass and Yearling Ultrasound Measurements in Brangus Cattle1. *J. Anim. Sci.* 1998. 76:2542–2548.

Murguía, J.M. 2006. Primer informe de consultoría. Estructura y formas de competencia en los mercados de carne bovina. Ministerio de Economía y Finanzas. Dirección General de Comercio. Consulta julio 2009. En: <http://www.consumidor.gub.uy/informacion/index.php?Id=882&ShowPDF=1>.

Newman, S.; Morris, C. A.; Baker, R. L.; Nicoll, G.B. 1992. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. *Livestock production Science*, 32 (1992) 111-130.

Newman, S.; MacNeil, M.; Golden, B.; Barwick, S. 1994. Implementation and use of selection indexes in genetic evaluation schemes for beef cattle. Proceedings for the fourth genetic prediction workshop. Beef Improvement Federation.

Nitter, G.; Graser, H.U.; Barwick, A. 1994. Evaluation of advanced industry breeding schemes for Australian Beef Cattle. I. Method of evaluation and analysis for an example population structure. Aust. J. Agric. Res. 45: 1641-1656.

Olson, T. A. 1994. The effect of cow size on reproduction. In: M. J. Fields and R. S. Sand (ed.). Factors Affecting Calf Crop. pp 243–249. CRC Press, Ann Arbor, M.

Phocas, F.; Bloch, C.; Chapelle, P.; Becherel, F.; Renard, G.; Menissier, F. 1998. Developing a breeding objective for a French purebred beef carrel selection programme. Livestock Production Science 57 (1998) 49-65.

Plan Agropecuario. 2009. Resultado de monitoreo de empresas ganaderas. En: http://www.planagro.com.uy/docs/herramientas_gestion/13.pdf.; Consulta: marzo 2009.

Ponzoni, R.; Newman, S. 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. Animal Production 49: 35-47.

Ponzoni, 1991. Breeding plans for tropical sheep- getting started. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. Animal production 1989. 49: 35-47.

Ponzoni, R. 1998. Accounting for both income and expense in the development of breeding objectives. Proceedings of the 9th Conference of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics: 55-66.

Ponzoni, R.W.; Atkins, K.D.; Barwick, S.A.; Newman, S. 1998. Taking breeding objectives theory to application: experiences with programs “OBJECT” and “BREEDOBJECT”. Proc 6th Wrld. Cong. Genet. Appl. Livest. Prod., Armidale, NSW., 25, 375-378.

Rewe, T. O.; Indetie, D.; Ojango, J.M.K.; Kahi, A.K. 2006. Economic values for

production and functional traits and assessment of their influence on genetic improvement in the Boran cattle in Kenya. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 23-36.

Rovira, J. 1996. Requerimientos nutritivos. En: Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Ed. Hemisferio sur. pp 17–21.

Rumph, J. M.; Koch, R. M.; Gregory, K. E.; Cundiff, L. V.; Van Vleck, L. D. 2002. Comparison of models for estimation of genetic parameters for mature weight of Hereford cattle *J. Anim. Sci.* 2002. 80:583–590.

Schneeberger, M.; Barwick, S. A.; Crow, G. H.; Hammond, K. 1992. Economic indices using breeding values predicted by BLUP. *J. Animal Breeding and Genetics*: 109 (1992), 180-187.

Simm, G. 2000. Genetic improvement of cattle and sheep. Ed. Farming Press Miller Freeman UK Ltd 2nd edition. United Kingdom Chapter 3. pag 64-70.

Smith, C. 1985. Scope for selecting many breeding stocks of possible economic value in the future. *Anim. Prod.* 41, 403-412.

Smith, C.; James, J.W.; Brascamp, E.W. 1986. On the derivation of economic weights in livestock improvement. *Anim. Prod.* 43, pp. 545–551.

Teyer-Bobadilla, R.; Magaña, J.G.; Santos, J.; Aguilar, C 2002. Productive and reproductive performance of Holstein cows managed according to a specialized or dual purpose system in South-east Mexico. *Livest. Research for Rural Development*, 14:4.

Urioste, J.; Ponzoni, R.; Aguirrezabala, M.; Rovere, G.; Saavedra, D. 1998. Breeding objectives for pasture-fed Uruguayan beef cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 115:357-373.

Urioste, J.; Ponzoni, R.; Aguirrezabala, M.; Rovere, G.; Saavedra, D. 2003. Características de la res en objetivos y criterios de selección para razas británicas en el Uruguay. *Agrociencia* Vol VII N°1 pag 1-8.

Wilton, J.W.; Miller S.P.; Lazenby M.T. 1998. Developments in multiple trait selection practics considering multiple breeds and optimal product. *Proc 6th Wrld. Cong. Genet. Appl. Livest. Prod.*, Armidale, NSW., 25, 367-37.

Wolfová, M.; Wolf, J.; Přibyl, J.; Zahrádková, R.; Kica J. 2005a. Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 1. Model development. *Livest. Prod. Sci.* 95: 201–215.

Wolfová, M.; Wolf, J.; Zahrádková, R.; Přibyl, J.; Daňo, J.; Krupa E.; Kica J. 2005b. Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 2. Model application to production systems with the Charolais breed. *Livest. Prod. Sci.* 95: 217–230.