



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“OBJETIVOS DE SELECCIÓN PARA UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN LECHERO CON REMISIÓN A PLANTA”**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACIÓN Y
BIBLIOTECA

por

Myriam Jordana RIVERO VIERA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2004

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. M.Sc. Jorge Urioste

Ing. Agr. Laura Astigarraga

Ing. Agr. Gabriel Rovere

Fecha: _____

Autor: _____
Myriam Jordana Rivero Viera

AGRADECIMIENTOS

A *Jorge*, por su orientación y colaboración, por su apoyo incondicional y buenos consejos, y por su atenta disposición al trabajo, sin lo cual hubiera sido difícil realizar esta tesis.

A *Laura*, por brindarme su atención e interés por el tema, por sus valiosos aportes y ayuda en varias etapas del trabajo, y por haberme orientado oportunamente para que llegara este día.

A *Gabriel*, por fomentarme el interés por este tema, por sus aportes y comentarios oportunos, y por su apoyo sincero.

A Mario Fossati, por brindarme desinteresadamente valiosa información y por sus comentarios y opiniones que orientaron una parte importante del trabajo.

Al Instituto Nacional para el Mejoramiento Lechero y a FUCREA, por nutrirme de información imprescindible para respaldar el desarrollo de esta tesis.

A Raúl Ponzoni por su asesoramiento oportuno a la distancia.

A los docentes de Facultad de Agronomía, que de alguna manera colaboraron y aportaron para la realización de este trabajo.

A mis compañeros y amigos, por su aliento y apoyo, y por demostrar franco interés en el desarrollo y culminación de la carrera.

A mis familiares, en especial a mi madre y mis hermanos, por su contención y compañía, y por estimularme en todo momento para que cumpliera mis objetivos.

A *Diego*, mi esposo, por acompañarme y alentarme a lo largo de la carrera, por interesarse sinceramente en mis progresos, y por haber estado dispuesto a hacer sacrificios importantes en pos de cumplir este objetivo.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS Y GRÁFICAS	
<u>1 INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 INTRODUCCION.....	3
2.2 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO DE SELECCIÓN.....	3
<u>2.2.1 Especificación del sistema de producción</u>	6
<u>2.2.2 Identificación de las fuentes de ingresos y costos</u>	9
<u>2.2.3 Determinación de las características biológicas que afectan ingresos y egresos</u>	10
<u>2.2.4 Determinación del valor económico relativo de cada característica</u>	12
2.2.4.1 Métodos para derivar valores económicos.....	14
2.2.4.2 Función de beneficio.....	16
2.2.4.3 Definición de la ecuación de beneficio.....	18
2.2.4.4 Ajustar la escala de la función de beneficio.....	20
2.3 EXPRESIONES DESCONTADAS.....	21
2.4 CORRELACIÓN ENTRE OBJETIVOS	23
2.5 ÍNDICES DE SELECCIÓN	23
<u>2.5.1 Eficiencia relativa de los índices</u>	24
2.6 RESULTADOS REVISADOS.....	25
2.7 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA REVISIÓN.....	26
<u>3 MATERIALES Y MÉTODOS</u>	28
3.1 INTRODUCCIÓN.....	28

3.2 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	28
<u>3.2.1 Nivel animal</u>	29
3.2.1.1 Leche y componentes.....	29
3.2.1.2 Edad al primer parto.....	29
3.2.1.3 Peso vivo.....	29
3.2.1.4 Cálculo de los requerimientos del animal.....	30
3.2.1.5 Cálculo de los requerimientos de las vacas (período de ordeño y seco).....	31
3.2.1.6 Cálculo de los requerimientos de las vaquillonas.....	32
3.2.1.7 Requerimientos de la cría.....	33
3.2.1.8 Requerimientos de la recría.....	33
3.2.1.9 Requerimientos de los animales en producción.....	34
<u>3.2.2 Nivel rodeo</u>	35
3.2.2.1 Requerimientos del rodeo en producción.....	36
3.2.2.2 Requerimiento del rodeo de reposición.....	37
<u>3.2.3 Nivel predio comercial</u>	37
3.2.3.1 Uso del suelo.....	37
3.2.3.2 Pasturas.....	38
3.2.3.3 Nivel de suplementación.....	41
3.2.3.4 Destino de los productos.....	42
3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INGRESOS Y COSTOS..	42
<u>3.3.1 Ingresos</u>	42
<u>3.3.2 Costos</u>	43
3.3.2.1 Costos fijos.....	44
3.3.2.2 Costos variables (alimentación).....	44
3.3.2.3 Costos variables (resto de los costos variables).....	47
3.4 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS QUE INFLUYEN EN LOS INGRESOS Y COSTOS.....	48
3.5 DERIVACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO.....	49
<u>3.5.1 Escenarios alternativos</u>	50
3.6 EXPRESIONES DESCONTADAS.....	51
3.7 ÍNDICES DE SELECCIÓN	52
<u>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	53

4.1 APLICACIÓN DE LA FUNCIÓN DE BENEFICIO.....	53
<u>4.1.1 Beneficio en la situación actual</u>	53
4.1.1.1 Situación Base.....	53
4.1.1.2 Situación: un kg de aumento en el peso vivo adulto.....	53
4.1.1.3 Situación: un litro de aumento por lactancia.....	54
4.1.1.4 Situación: un kg de grasa de aumento por lactancia.....	54
4.1.1.5 Situación: un kg de proteína de aumento por lactancia.....	54
<u>4.1.2 Beneficio en los escenarios alternativos</u>	54
4.2 EXPRESIONES ACUMULATIVAS DESCONTADAS	55
4.3 VALORES ECONÓMICOS	56
4.4 IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS RASGOS BIOLÓGICOS.....	60
4.5 CORRELACIÓN ENTRE OBJETIVOS	62
4.6 ÍNDICE DE SELECCIÓN	63
<u>5 CONCLUSIONES</u>	65
<u>6 CONSIDERACIONES FINALES</u>	66
<u>7 RESUMEN</u>	67
<u>8 SUMMARY</u>	68
<u>9 BIBLIOGRAFÍA</u>	69
<u>10 ANEXOS</u>	73

LISTA DE CUADROS Y GRÁFICAS

Cuadro N°	Página
1. Características incluidas en el OS por distintos autores.....	12
2. Valores económicos estandarizados de distintos autores.....	25
3. Producción de leche, grasa y proteína, y porcentaje de grasa y proteína, según número de lactancia.....	29
4. Requerimientos diarios de energía, por estación y por año, de los animales de recría, según edad.....	34
5. Requerimientos diarios para mantenimiento, producción y gestación, según número de lactancia.....	34
6. Requerimientos anuales por estación de parto, según número de lactancia.....	35
7. Composición del rodeo.....	35
8. Distribución mensual y estacional (en %) de las pariciones para vaquillonas y vacas.....	36
9. Requerimientos ponderados por estación de parto y por categoría.....	37
10. Requerimientos individuales y totales, según categoría de recría.....	37
11. Esquema de la rotación del área de vaca masa.....	38
12. Distribución anual y producción anual de materia seca, según tipo de forraje.....	38
13. Producción estacional y anual de materia seca utilizable, según tipo de forraje.....	39
14. Proporción y oferta ponderada de materia seca utilizable, según tipo de forraje.....	39
15. Esquema de la rotación del área de recría.....	40

16.	Proporción y oferta ponderada de materia seca utilizable, según tipo de forraje.....	40
17.	Costo ponderado de cada alternativa forrajera del área de vaca masa.	44
18.	Costo ponderado de cada alternativa forrajera del área de recría.....	45
19.	Plan de alimentación de las terneras.....	46
20.	Costo de alimentación de la recría.....	46
21.	Costo de los animales de recría, según edad (años).....	47
22.	Escenarios alternativos a la situación actual.....	51
23.	Parámetros genéticos preferidos	52
24.	Beneficio económico en las distintas situaciones para los 5 escenarios.....	55
25.	Valores económicos (VE), valores económicos descontados (VED) y valores económicos estandarizados (VEE) de las características de interés para la situación actual y los escenarios alternativos	56
26.	Correlación entre objetivos.....	62

Gráfica N°

1.	Valor económico de grasa y proteína, para la situación actual (1) y los escenarios alternativos.....	58
2.	Importancia relativa de los rasgos biológicos (variación económica-genética de proteína = 100).....	61

1 INTRODUCCIÓN

En Uruguay existen 6.548 predios que realizan lechería comercial. El rodeo comprende 751.085 cabezas (7% del total de cabezas de ganado vacuno del país) de las cuales el 59% son vacas masa. Estos predios producen anualmente 1.311.353.423 litros de leche y ocupan una superficie de 1.234.780 hectáreas (7.5% de la superficie agropecuaria) (MGAP, 2000).

La base de la alimentación del rodeo lechero es un sistema mixto: en términos generales, un 50% proviene del pastoreo directo de pasturas, y el otro 50% se basa en reservas forrajeras (silos y henos) y alimentos concentrados (granos y subproductos industriales) (FEPLAC, 2003). De la superficie total utilizada por los predios que tienen a la producción lechera como rubro principal, un 46,5% presenta mejoramientos de algún tipo (praderas permanentes, forrajeras anuales, siembra en cobertura y/o campo natural fertilizado), un 37,1% corresponde a campo natural y el restante porcentaje corresponde a cultivos para grano (MGAP, 2000).

Más del 86% de la leche producida en estos establecimientos es remitida a plantas procesadoras, mientras que la producción restante es procesada en el predio para elaborar quesos o vendida directamente para consumo humano. El 46% de la leche procesada tiene como finalidad el comercio exterior (principalmente el MERCOSUR), ubicando a Uruguay como primer país exportador de lácteos de América Latina (como porcentaje de la leche procesada) (FEPLAC, 2003). El ingreso por divisas de origen lácteo representa el 6.5% del total (MGAP, 2000).

El criterio de pago de la industria a los productores de la leche remitida se compone de dos partes: una parte se paga como leche cuota (aproximadamente el 20%) y la otra parte como leche industria. A su vez, en el pago de la leche cuota existen dos criterios: por kg de grasa butirométrica ó por kg de grasa butirométrica y por kg de proteína. La leche destinada a la industrialización se paga por grasa y proteína, con una penalización por volumen. Además, existen bonificaciones por calidad (recuento de células somáticas y recuento bacteriano), por regularidad de remisión, y bonificaciones estacionales.

Dado el objetivo económico de los predios lecheros, los productores apuntan a mejorar el beneficio de sus empresas. Este cometido lo pueden alcanzar aumentando su eficiencia en el proceso productivo, lo cual se puede lograr básicamente de dos maneras: disminuyendo los costos de producción y/o

aumentando el producto bruto. Esta última vía implica el incremento en la producción de los productos que venden. Tomando como referencia los productores que remiten su producción a una planta procesadora, y considerando el criterio de pago de la leche, se puede deducir que el producto de interés son los principales componentes sólidos de la leche: grasa y proteína.

Existen distintas alternativas de manejo que se pueden utilizar para lograr un aumento en la eficiencia de producción, como por ejemplo manejar la alimentación, la sanidad, los aspectos reproductivos, mejorar la base genética, etc. Con respecto a esta última alternativa, se puede decir que hay tres rutas potenciales disponibles para cambios genéticos en ganado lechero: 1) utilización de las diferencias genéticas entre razas, mediante cruzamientos o sustitución, 2) utilización de la variación genética dentro de razas, mediante selección, y 3) creación de variación genética nueva, usando nuevas tecnologías transgénicas.

Refiriéndose a la segunda ruta, es necesario destacar que el mayor problema para seleccionar los reproductores es el énfasis relativo puesto en las características que influyen la eficiencia de producción. Por lo tanto es necesario desarrollar un objetivo de selección. Éste se define como la combinación de características que se desea mejorar por su importancia en la eficiencia económica de la empresa, tanto aquellas que al mejorarlas dé como resultado un aumento en el ingreso del predio, como las que podrían reducir los costos de producción. El objetivo de selección implica además una ponderación de la importancia de la característica para mejorar el beneficio de la empresa.

Distintos autores han abordado el tema, ya sea tanto proponiendo metodologías para determinar los objetivos de selección, como aplicando éstas para circunstancias particulares. Ejemplo del primer grupo de investigadores es el caso de Harris et al. (1984), que propuso una serie ordenada de etapas que debe cumplir un programa de mejoramiento. Ponzoni (1992), basado en el trabajo anteriormente citado, enumeró cuatro etapas para determinar los objetivos de selección. También hay varios trabajos específicos para ganado lechero donde se determinaron los objetivos de selección en distintas circunstancias de producción (Groen, 1989; Visscher et al., 1994).

Los objetivos de este trabajo son: definir un sistema de producción lechero, determinar el objetivo de selección para dicho sistema, observar la sensibilidad de dicho objetivo a la variación en los precios de los productos y del alimento (escenarios alternativos) y proponer los respectivos índices de selección adecuados al objetivo de selección definido.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUCCION

El desarrollo de programas de mejoramiento genético que consideren todos los aspectos posibles para un objetivo particular es una tarea compleja. Por lo general, los criadores se ven abrumados por los detalles que deben ser evaluados antes de tomar sus numerosas decisiones, lo cual determina que generalmente se establezcan programas de mejora que tienen objetivos simplificados.

Para levantar estas limitantes, se ha propuesto un proceso organizado para integrar los conocimientos disponibles dentro de planes abarcativos que puedan ser sistemáticamente implementados. Las decisiones y la información relevante para desarrollar un programa de mejoramiento, han sido ordenados en una secuencia natural de ocho pasos (Harris et al, 1984):

1. Describir el sistema de producción
2. Formular el objetivo, tanto simplificado como complejo, del sistema
3. Elegir un sistema de mejoramiento y las razas
4. Estimar los parámetros de selección y los pesos económicos
5. Diseñar un sistema de evaluación animal
6. Desarrollar los criterios de selección
7. Diseñar los apareamientos para los animales seleccionados
8. Diseñar un sistema para expansión

El objetivo de esta revisión es plasmar el fundamento teórico de los pasos a seguir para definir un objetivo de selección y ejemplos de su aplicación en ganado lechero. Se tomará como referencia la metodología propuesta por Ponzoni (1992), que a su vez está basada en la citada anteriormente.

2.2 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO DE SELECCIÓN

El objetivo de selección (**OS**) es la combinación de características que se desea mejorar por su importancia en la eficiencia económica de la empresa. Al especificar dichas características, se debe determinar además, la contribución relativa de cada una de ellas al beneficio global. De lo anterior se desprende que la definición del OS es un problema económico y no de naturaleza genética.

Los OS no son un fin en sí mismos sino una parte del proceso de toma de decisiones. Contando con un OS previamente definido, se pueden hacer elecciones sobre una base objetiva, al ponderar económicamente las características de interés.

Estas decisiones pueden apuntar hacia tres aspectos del mejoramiento genético, de alguna manera, bastante relacionados:

- 1) la elección de razas o cruas,
- 2) la elección de animales individuales como padres, y
- 3) la evaluación de la inversión en programas de selección.

Tanto en el primer como en el segundo caso, luego de definir el OS, se debe obtener un criterio de selección, mientras que en el tercero, el OS debería estar relacionado con la predicción de los cambios genéticos (Goddard, 1998). Sería deseable que el mismo OS definido fuera utilizado para los tres tipos de decisiones consideradas dentro de un mismo programa de mejoramiento genético, debido a que todas ellas apuntan a maximizar el beneficio económico del interesado en desarrollar dicho programa.

Como ya se mencionó, para seleccionar animales individuales como reproductores se debe definir un criterio de selección. En esta instancia, los responsables del programa de mejoramiento se enfrentan a la decisión de cuál debería ser el o los aspectos en los cuales basarse para realizar dicha selección. Una opción sería considerar el beneficio como una característica, registrar el beneficio en los animales individuales, estimar el valor de cría para la característica "beneficio", y seleccionar los animales que presenten el valor más alto (Goddard, 1998). Sin embargo, existen algunos problemas con esta opción:

- requiere registros individuales para la característica "beneficio", lo cual puede ser difícil de obtener o sólo se obtendría tarde en la vida del animal,
- no todas las características que afectan el beneficio son medidas en todos los animales,
- la definición de la característica "beneficio" cambia cuando los parámetros económicos cambian, requiriendo de la consideración de la característica "beneficio" como una característica diferente bajo circunstancias económicas distintas, y
- el valor de cría estimado para "beneficio" puede no necesariamente combinar las características individuales que contribuyen al beneficio global de una manera óptima.

Una alternativa a seleccionar por beneficio, es desarrollar un genotipo agregado lineal y usarlo para derivar un índice de selección lineal (Hazel, 1943, citado por Cardellino y Rovira, 1987). El genotipo agregado (H) puede ser descrito como:

$$H = a_1A_1 + a_2A_2 + \dots + a_nA_n$$

donde,

A_i = valor de cría para la característica i ,

a_i = valor económico de la característica i ,

El propósito del genotipo agregado es describir la variación genética en el objetivo de selección de forma tan completa como sea posible en términos de una función lineal de valores genéticos para características biológicas, junto con los valores económicos para esas características. En contraste con la opción de considerar al beneficio como una característica, esto permite una descripción de los aspectos genéticos en términos de características biológicas más que económicas; las características biológicas tienden a ser más consistentes en el tiempo y no son afectadas por cambios en los parámetros económicos. El genotipo agregado, por lo tanto, separa los aspectos genéticos de los económicos del OS, lo cual es ventajoso tanto desde la perspectiva de la estimación de los parámetros genéticos y valores de cría, como de la perspectiva económica.

Por otra parte, la opción de definir el objetivo de selección en términos biológicos ó en términos económicos ha sido intensamente debatida. En la definición biológica, las entradas y salidas al sistema se cuantifican en términos de energía y/o proteína, mientras que en la definición económica, esta cuantificación se realiza en términos de dinero. El concepto de definición biológica intenta solucionar el problema que tiene la definición económica: incertidumbre en la estimación de precios futuros que requiere. A pesar de esto, existe coincidencia entre distintos autores en la inviabilidad de la definición biológica, aunque varían en su argumentación. Mientras algunos autores sostienen que la definición biológica es inviable porque no todas las entradas y salidas al sistema son medidas en términos de energía y/o proteína (Groen, 1989), otros lo hacen argumentando que los objetivos biológicos son equivalentes a objetivos económicos con precios bastante peculiares (Goddard, 1998), como por ejemplo eficiencia de conversión de un rodeo. Por lo tanto, parece mejor intentar hacer un honesto esfuerzo en predecir los precios futuros y conocer su incertidumbre, que forzar a todas las entradas y salidas a convertirse en unidades de energía y/o proteína, o esconder precios irreales en objetivos biológicos. Es decir, si bien las unidades monetarias tienen la debilidad de ser inestables en el tiempo y variar con los distintos lugares, el

dinero es una unidad estándar de medida del valor (Stonier y Hague, 1964, citados por Groen, 1989).

Esto no se contradice con lo anterior, en donde se mencionó que las características incluidas en el OS son biológicas. Lo que la convierte en una definición económica es que a las características biológicas se les asigna un valor, un precio. No se puede dejar de tener presente que el objetivo de mejorar genéticamente ciertas características es mejorar el beneficio económico, y no mejorar una característica *per se*. El objetivo económico se debe tener presente desde el inicio del programa de mejoramiento genético, por ejemplo, al decidir si es o no beneficiosa la adopción de determinada tecnología.

Varios autores han abordado el tema de desarrollar objetivos de selección. Algunos comienzan a partir de la definición de la función de beneficio (Visscher et al, 1994), mientras que otros comienzan con la definición explícita del sistema de producción (Groen, 1989; Ponzoni, 1992). Este último autor propone que para el desarrollo de un objetivo de selección es necesario completar las siguientes cuatro fases:

- Especificación del sistema producción
- Identificación de las fuentes de ingresos y costos
- Determinación de las características biológicas que afectan ingresos y costos
- Determinación del valor económico relativo de cada característica.

A continuación se profundizará en aspectos teóricos y prácticos del abordaje de estas cuatro etapas, con una aplicación específica a sistemas lecheros de producción.

2.2.1 Especificación del sistema de producción

Por sistema se entiende un determinado número de componentes con interacciones entre sí y con el entorno, con una cierta estructura jerárquica, y con límites definidos.

Para la especificación del sistema de producción, como primer paso del desarrollo del objetivo de selección, se deberían considerar algunos aspectos de la teoría del enfoque de sistemas. En ésta se tienen en cuenta todos los conceptos que participan en la definición: componentes, interacciones, orden jerárquico (concepto de subsistemas: dado un nivel de sistema, sistemas a

niveles inferiores se considera que son subsistemas, mientras que los elementos de sistemas de niveles superiores representan el ambiente) y límites.

Algunos autores que comienzan con la especificación explícita del sistema de producción, se apoyan en la teoría del enfoque de sistemas en este paso (Groen, 1989, Harris et al., 1994), mientras que otros realizan especificaciones numéricas de los valores que asumen ciertos indicadores y componentes del sistema (Visscher et al., 1994, López-Villalobos et al., 2000).

El apoyo en algunos aspectos de la teoría del enfoque de sistemas, permitiría la descripción organizada de los elementos que componen el sistema y sus interacciones, que no son menos importantes que aquéllos.

La especificación del sistema de producción incluye la definición del nivel y tamaño del sistema (los límites).

El nivel del sistema corresponde a qué altura de la estructura jerárquica se hace referencia. En orden descendiente de jerarquía, los niveles en los que se podría definir un sistema de producción serían: mundo, país, sector, predio, rodeo, animal, órgano/tejido y célula. Dado que el mérito genético está relacionado a la performance de un animal individual, el nivel animal debería ser el nivel más bajo a considerar para derivar valores económicos. Para cada nivel se describen en detalle los componentes que integran al mismo.

En cuanto al tamaño del sistema, se pueden distinguir tres diferentes bases de evaluación para definirlo:

1. número fijo de animales dentro del sistema
2. entrada fija de un determinado factor de producción
3. salida fija de un determinado producto

La base a tomar para definir el tamaño depende del nivel elegido. Es decir, si se va a definir el sistema en un nivel animal, se debería asumir el primer criterio; en cambio, si se trabaja con niveles superiores, cualquiera de las tres bases podría ser usada (Groen, 1989).

Considerando el nivel "predio", un ejemplo de entrada fija de un factor de producción, es el caso de las restricciones naturales en la disponibilidad de forraje de los sistemas pastoriles. En ese mismo nivel de sistema, la existencia de una cuota de remisión es un ejemplo claro de la tercera base de evaluación.

Al describir un sistema de producción a nivel de predio, se debería incluir la descripción del nivel rodeo y animal (subsistemas). Para la descripción de los

animales individuales es necesario detallar aspectos como la performance de los animales con respecto a peso vivo, requerimientos de energía, producción de leche, grasa, proteína y producción de carne. A nivel de rodeo, se deben incluir datos como el número relativo de animales en cada estrato de edad y proporciones de descarte. Por último, en el nivel predio, se debe incluir información detallada sobre el origen y los costos del forraje y del concentrado, los costos sanitarios, los costos variables de construcciones y trabajo, y el sistema de pago de los productos.

Lopez-Villalobos et al. (2000) describieron un sistema netamente pastoril a base de raigrás y trébol. Los animales presentes eran de tres razas (Ayrshire, Holstein-Friesian y Jersey) con un sistema de cruzamientos rotacional. El rodeo presentó una estructura de 11 clases de edades (2 de animales de reemplazo y 9 de animales en producción), una edad al primer parto de 2 años y un intervalo entre partos de 12 meses. Definieron una lactancia de 225 días, limitada por la oferta estacional de forraje característica de Nueva Zelanda. Además, describieron la performance, para cada raza y clase de edad, de: producción de leche volumen, grasa y proteína, peso vivo y supervivencia.

En el trabajo realizado por Visscher et al. (1994) estos autores comenzaron con la función de beneficio y asumieron ciertos valores para cada variable que la compone: producción de grasa, proteína y leche volumen, proporción de lactosa, peso vivo adulto, vida promedio en el rodeo, porcentaje de supervivencia y tasa de reemplazo. Al igual que en el trabajo anterior, asumieron 11 clases de edad. Los valores asumidos correspondieron a animales de la raza Holstein-Friesian alimentados sobre una base netamente pastoril.

Como ya se mencionó, uno de los autores que comienza con la definición explícita del sistema de producción es Groen (1989). Este investigador definió el sistema a nivel predio, con la consiguiente definición de los subsistemas, y además, utilizó dos bases de evaluación: en un caso, número fijo de animales y en otro, salida fija de determinado producto (cuota de producción). En el nivel animal definió los valores para las características peso vivo, producción de leche (volumen, grasa y proteína), consumo de alimento de reemplazos y vacas en producción. En el nivel rodeo especificó el número relativo de animales en cada una de las 14 clases de edad (2 de reemplazo y 12 de vacas en producción). En el nivel predio, los animales en cada clase de edad fueron combinados con los correspondientes niveles de producción y con los requerimientos de determinados factores de producción. Además, estableció los precios de los factores de producción (forraje, concentrado, mano de obra, etc.) y de los productos del sistema.

La forma de trabajo de este último autor permite una descripción organizada del sistema de producción, con un apropiado nivel de detalle de los subsistemas e interacciones entre componentes.

2.2.2 Identificación de las fuentes de ingresos y costos

Uno de los aspectos que influyen el peso relativo de las características animales, al definir el objetivo de selección, es la contribución relativa del mejoramiento de la característica en mejorar la eficiencia de producción.

Por eficiencia de producción se entiende una función de entradas y salidas del sistema de producción. Las entradas pueden ser definidas como el total de los factores de producción requeridos para la producción dentro del sistema; las salidas como el total de producto resultante de la producción dentro del sistema (Groen, 1989).

Al calcular las entradas y salidas del sistema de producción son importantes dos aspectos:

- La cantidad de cada factor de producción requerido y producto producido
- Los precios por unidad de los factores de producción y los productos

Como se mencionó anteriormente, las entradas y salidas pueden ser definidas en términos biológicos o en términos económicos. Teniendo en cuenta las consideraciones hechas, sería más adecuado definirlas en términos económicos.

Debido a que en los intercambios del sistema de producción con el entorno, de estas entradas y salidas, hay una contraparte de dinero, surge el concepto de costos e ingresos, respectivamente. Además, la definición económica del objetivo implica ponerle un valor, es decir, un precio a las características biológicas, tanto a las que representan una entrada al sistema como a las que significan una salida.

Para el caso de predios lecheros, existen costos de producción que están relacionados al número de vacas en el predio. Algunos son bastante independientes del rendimiento (control lechero, costos de inseminación artificial, costos sanitarios, etc.), mientras que los costos de alimentación están directamente relacionados al nivel de producción del rodeo. Por otra parte,

existen costos fijos (depreciación y mantenimiento de mejoras fijas, costos de administración, etc.), los cuales son independientes, tanto del número de animales como de su nivel de producción.

Para el caso particular de los predios lecheros agrupados en FUCREA (Federación Uruguaya de grupos CREA), más del 60% de los costos variables corresponden a los costos de alimentación (tanto de pasturas como de concentrados). Este porcentaje es coincidente con los sistemas de producción británicos (Simm, 1998). También tiene un peso importante el costo de la mano de obra (más del 20%). Los costos de sanidad y energía alcanzan prácticamente el 10% de los costos variables, mientras que el resto de los costos se compone de gastos en inseminación, higiene del tambo y otros. Otra parte importante de los costos totales lo componen los costos fijos (administración, depreciaciones, mejoras, impuestos, etc.). Éstos representan aproximadamente el 20% de los costos totales de los predios lecheros (CREA, 1999-2002).

Los predios especializados en la producción de leche tienen como principal ingreso la entrada de dinero por la venta de los componentes de la leche, representando más del 75% del producto bruto. Para el caso de las empresas agrupadas en FUCREA éste representa más del 80%, que a su vez coincide con la partición del producto bruto de las empresas británicas (Simm, 1998). El restante ingreso lo compone principalmente el subproducto carne (terneros, algunas terneras, vaquillonas que exceden la necesidad de reemplazo y vacas de descarte). Existen otros ingresos de menor importancia y gran variación interanual, como pueden ser la venta de reservas forrajeras o alquiler de servicios de maquinaria (CREA, 1999-2002).

La identificación de las fuentes de ingresos y costos permite el desarrollo de la ecuación de beneficio, donde el beneficio es una función de ingresos y costos, necesaria para el cálculo de los valores económicos.

2.2.3 Determinación de las características biológicas que afectan ingresos y costos

En esta etapa se deben identificar claramente cuáles son las características de los animales que están incidiendo directamente en los ingresos y costos. En este punto se debe tener especial cuidado en no confundir las características que conforman el OS, es decir, las características que se desea mejorar por su importancia en el beneficio económico, con las

características que conforman el criterio de selección (son las características que son medidas en la práctica y se utilizan para tomar decisiones).

La contribución relativa de una característica al beneficio global no depende de su facilidad de medida o mejora, sino del efecto que un cambio en esa característica tendría en la eficiencia económica de la empresa (Ponzoni, 1992). Por otra parte, se menciona que las características no deberían ser dejadas fuera debido a la falta de información, mientras que deberían ser excluidas si no hay variación genética en ellas (Goddard, 1998). Estas dos visiones de los criterios a tener en cuenta para decidir que características contribuyen al objetivo de selección parecen tener cierto grado de desacuerdo. La primera menciona que la facilidad de mejora no se tiene en cuenta para decidir la importancia de una característica en el OS, mientras que la segunda afirma que si una característica no presenta variación genética no debería ser tenida en cuenta. Sin embargo, parece razonable no incluir en el OS una característica a la cual no se la va a poder mejorar por la vía de la selección ya que no presenta variación genética aditiva. Debe tomarse la precaución de no dejar características fuera del objetivo de selección que puedan llevar a decisiones subóptimas.

Además, una característica no debería ser reemplazada por un predictor salvo que esa predicción sea 100% precisa. Por ejemplo, consumo de alimento no debería ser reemplazado por una predicción basada en peso vivo debido a que hay animales que tienen el mismo peso pero diferente consumo (Goddard, 1998).

Para el caso de ganado lechero, varios países han implementado un índice de selección para combinar valores de cría para rendimiento de leche, grasa y proteína. Sin embargo, estos índices están sólo basados en los ingresos y costos marginales de alimentación de las características de interés, y no toman en cuenta otras componentes importantes de beneficio. Es decir, ignorando los costos de alimentación asociados con requerimientos de mantenimiento, estos índices de selección favorecen vacas grandes de alta producción en vez de vacas pequeñas de mediana producción (Visscher et al. 1994). El peso vivo de las vacas es importante en los sistemas de producción sobre pasturas debido a que afecta la carga por hectárea y el beneficio del predio, a través de sus efectos en los requerimientos para mantenimiento y en el valor de los animales descartados.

En ganado lechero, las posibles características a incluir en el objetivo de selección pueden ser generalmente clasificadas como características de producción (leche, grasa y proteína), características de performance reproductiva, características de salud y características de eficiencia de

alimentación. Algunas veces se incluyen características de facilidad de trabajo (como por ejemplo temperamento y velocidad de ordeño).

El Cuadro 1 resume las características comúnmente incluidas en los estudios de objetivos de selección en bovinos de leche.

Cuadro 1 – Características incluidas en el OS por distintos autores.

	L	V	GyP	La	RCS	PV	EPP	CCMS	FP	Sv	LVP
Cardozo et al. (2002)		x	x			A	x				x
Steverink et al. (1994)		x	x			x		x			
Charffeddine y Alenda (1998)		x	x		x	A					x
López-Villalobos et al, (2000)	x		x			x				x	
Visscher (1994)		x	x			x				x	
Groen (1989)		x	x			A y N					
Groen (1989)								x			
Gibson (1989)		x	x	x							
Dekkers (1994)	x		x						x		

L = producción de leche (kg)

V = leche volumen (leche – (proteína + grasa)) (kg)

GyP = producción de grasa y proteína (kg)

La = producción de lactosa (kg)

RCS = recuento de células somáticas

PV = peso vivo (kg), A = adulto , N = al nacimiento

EPP = edad al primer parto

CCMS = capacidad de consumo de materia seca

FP = facilidad de parto

Sv = sobrevivencia de las vacas

LVP = longevidad de vida productiva

Como se puede apreciar, además de las características de producción, el peso vivo es una característica que comúnmente se incluye en el objetivo de selección. Cuando esta característica es incluida, no se utiliza como estimador del consumo, sino como de importancia directa en los costos e ingresos del sistema de producción. Otras características que tienen que ver con calidad de la leche y longevidad del rodeo en producción son también incluidas en algunos OS.

2.2.4 Determinación del valor económico de cada característica

El valor económico de una característica i es definido como el efecto de un cambio marginal (una unidad) en el nivel genético de la característica i (g_i)

sobre la función objetivo (función de beneficio). Dicho de otra manera, el valor económico de una característica es lo que contribuye la misma a mejorar la eficiencia económica de producción.

Por lo tanto, dada una situación base, el valor económico de una característica puede ser calculado como el cambio en eficiencia debido a un cambio marginal en el mérito genético para la característica en cuestión (Groen, 1989).

Desde un punto de vista matemático, el valor económico de una característica se define como una derivada parcial del genotipo agregado con respecto a cada característica evaluada en el punto de la media de los valores genotípicos (Harris 1970, citado por Harris et al. 1984).

La derivación de los valores económicos implica:

- cuantificación de los cambios en las cantidades físicas de salidas y entradas del sistema como resultado del cambio en mérito genético,
- valoración de esos cambios en cantidades físicas (Groen, 1989).

Para calcular el peso económico de un carácter determinado se deriva parcialmente la función de beneficio con respecto a dicho carácter, manteniendo los demás caracteres constantes en sus niveles medios de producción del rodeo en estudio.

El peso económico de una característica se puede expresar en función de distintas variables. Con la siguiente ecuación se calcula el peso económico por vaca a_{x_i} de un carácter x_i , en una situación sin restricciones de entradas ni salidas al sistema (Charffedine y Alenda, 1998):

$$a_{x_i} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial \beta}{\partial x_i} = \frac{\partial I_a}{\partial x_i} - \frac{\partial C_a}{\partial x_i} \Big|_{x = \mu}$$

donde,

N: número de vacas en el rodeo (variable con respecto a la cual se expresa el beneficio)

β : beneficio global

C_a : costo de una vaca por año

I_a : ingresos de una vaca por año

x_i : el valor del carácter considerado

x : vector de todos los caracteres

μ : valores medios de todos los caracteres en la población en estudio

Por ejemplo, el peso económico del peso vivo adulto (PV) es igual a la derivada parcial de β con respecto a PV:

$$a_{PV} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial \beta}{\partial PV} = \frac{\partial I_a}{\partial PV} - \frac{\partial C_a}{\partial PV}$$

Como ya se mencionó, esta función expresa el cálculo del valor económico en lenguaje matemático, pero el concepto es el mismo: el peso relativo de una característica es el aumento en el beneficio global debido al aumento en una unidad del mérito genético de esa característica. Basándose en este concepto, se han propuesto varios métodos para determinar valores económicos.

2.2.4.1 Métodos para derivar valores económicos

Según Groen (1989) se distinguen dos métodos para derivar valores económicos:

- 1) el método no objetivo, el cual no deriva los valores económicos mediante el cálculo de la influencia de la característica en mejorar el beneficio, y
- 2) el método objetivo, el cual recurre al cálculo de valores económicos.

Dentro del método no objetivo se distinguen otros dos métodos:

- el método subjetivo, a cuyo uso se recurre cuando las características a evaluar presentan dificultad para utilizar un cálculo objetivo (por ejemplo score de ubre), y
- el método de ganancia restringida o deseada, el cual asigna valores económicos con el fin de alcanzar un nivel de ganancia genética deseada o restringida para cada característica.

La principal herramienta utilizada en los métodos objetivos es un modelo. Éste se define como una ecuación o conjunto de ellas que representan el comportamiento del sistema. El concepto de modelo refiere al análisis de sistema, lo cual implica tanto construcción como análisis del sistema. Para el análisis de sistemas se distinguen dos aproximaciones:

- aproximación positiva o evaluación de datos, y
- aproximación normativa o simulación de datos.

El primer método utiliza, para derivar valores económicos, la combinación de resultados económicos y técnicos. El segundo utiliza una función de beneficio o un modelo bio-económico (Groen, 1989).

En otra clasificación (Dekkers, 2002a) se encontró que han sido usados tres métodos generales para derivar valores económicos:

1) Método contable: en este método, el valor económico es derivado como ingresos menos costos:

$$v_i = i_i - c_i$$

Donde i_i es el ingreso extra recibido del incremento de una unidad en la media para la característica i , y c_i es el costo extra asociado con el incremento de una unidad en la media de la característica i . En este método contable, es importante evitar el doble conteo. Por ejemplo, cuando la grasa y la proteína son también incluidas en el genotipo agregado, los ingresos y costos extra asociados con un kg de aumento en la producción de leche debe ser computada mientras se mantienen las medias para producción de grasa y proteína constantes.

2) Función de beneficio: en general, una función de beneficio es una ecuación simple que describe el cambio en el ingreso neto como una función de una serie de parámetros físicos, biológicos y económicos. El valor económico de la característica i puede ser obtenido como la primera derivada parcial de una función de beneficio evaluada en la media de la población actual para todas las características. El método de la función de beneficio evita el doble conteo debido al uso de derivadas parciales.

3) Modelo Bioeconómico: los sistemas de producción son complejos y por lo general pueden no ser descriptos por una simple función de beneficio. En un modelo bioeconómico, los aspectos biológicos y económicos relevantes del sistema de producción son descriptos como un sistema de ecuaciones.

Los modelos bioeconómicos pueden ser usados para derivar el valor económico de la característica i de la siguiente manera:

- Se corre el modelo para las medias de la actual población para todas las características, se incluye la media actual para la característica i , μ_i , y se registra el beneficio medio por animal: P_{μ_i}
- Se incrementa en Δ unidades la media para la característica i , a $\mu_i + \Delta$, mientras se mantienen las medias de las otras características en sus valores actuales. Se corre el modelo y se registra el beneficio medio por animal: $P_{\mu_i + \Delta}$
- Se deriva el valor económico para la característica i como:

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

Como se puede apreciar, cualquiera sea la clasificación, el concepto de función de beneficio está presente. A continuación se ampliará la información sobre este concepto por considerarse fundamental para el cálculo de los valores económicos de las características de interés.

2.2.4.2 Función de beneficio

El uso de la función de beneficio (FB) en mejora genética animal, se limita principalmente a modelar el beneficio en función del mérito genético para los caracteres incluidos en el objetivo de selección, con el fin de calcular sus pesos económicos.

Se define como una ecuación o un modelo que describe los cambios en el beneficio económico neto en función de una serie de parámetros físicos, biológicos y económicos (Gibson, 1992).

Partiendo del concepto de que el objetivo de selección es una combinación lineal de características, en el cual el coeficiente de cada característica es su efecto en el beneficio, cuando todas las otras características son mantenidas constantes, se puede decir que FB es un procedimiento o regla que toma valores genéticos de varias características como entradas y produce beneficio como salida.

Una FB debería incluir todas las características que están incluidas en el objetivo de selección. Por lo tanto, los mismos criterios que se aplican para decidir qué característica quedan dentro del objetivo de selección se mantienen (Dekkers, 2002a).

En general, han sido usadas dos aproximaciones para derivar los parámetros de una FB:

- a) como un modelo bioeconómico de ecuación simple
- b) empíricamente, usando datos de campo por regresión múltiple de beneficio en características registradas.

Un problema con esta última aproximación es que está restringido a características registradas y, por lo tanto, confunde el objetivo de selección y el

criterio de selección, y las relaciones son fenotípicas más que genéticas (Dekkers, 2002a).

Para que la ecuación de beneficio pueda ser usada en mejoramiento animal deberían tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- el cambio en el beneficio debería ser una función de cambio genético y no de cambios en el fenotipo,
- las condiciones de manejo asumidas deberían ser relevantes para la población y el momento en el cual el cambio genético se expresará, y
- los parámetros económicos deberían reflejar el sistema de mercado y manejo en el cual la mejora genética se expresará.

La función de beneficio puede incluir variables que son controladas por decisiones de manejo, pero esta inclusión sólo es necesaria si las variables de manejo interactúan con los valores genéticos para determinar el beneficio. En este caso, la FB puede ser escrita como:

$$y = f(g, m)$$

donde,

y = beneficio del predio,

f = función de beneficio

g = vector de valores genéticos medios del rodeo (uno por característica), y

m = vector de variables controladas por manejo.

La FB puede ser usada para comparar tanto individuos como razas. Esto es, la función de beneficio no está afectada por cómo se alcanzó el cambio genético, pero de hecho, describe el efecto de ese cambio genético en el beneficio.

Si las diferencias en genotipo bajo consideración son pequeñas, relativas a la curvatura de la FB, ésta puede ser aproximada a una función lineal, lo cual es probable que sea el caso cuando la selección es hecha dentro de una raza. La aproximación lineal es:

$$y = a'g$$

$$a = \frac{\partial f}{\partial g}(g_o, m_o)$$

donde,

a es el vector de los valores económicos, y el diferencial es evaluado en la media actual de los valores genéticos (g_c) y los valores de las variables de manejo son óptimas para el rodeo actual (m_0).

A veces se recomienda que los valores económicos sean calculados mientras se reoptimizan continuamente las variables de manejo. Sin embargo, se demostró que los valores económicos a son los mismos tanto si m es fijado en el óptimo actual como si es continuamente reoptimizado para los cambios en g , dado que m_0 es un óptimo con:

$$\frac{\partial f}{\partial m}(g_c; m_0) = 0$$

Esta equivalencia sólo se aplica a la aproximación lineal y por lo tanto sólo a pequeños cambios en g . Para un cambio grande, la reoptimización de las variables de manejo para el nuevo genotipo puede afectar sustancialmente los valores económicos relativos (Goddard, 1998).

En síntesis, la función de beneficio requiere de la especificación detallada de las características biológicas incluidas como entrada. Se requieren tanto los valores medios de los méritos genéticos de las características como los precios (criterios de pago y costos) que reciben las mismas. Además, como dato de salida de la FB, se obtendrá un valor económico que puede estar expresado en distintas unidades. La variable con respecto a la cual se exprese es otro criterio a definir y está relacionado con los objetivos del sistema, como por ejemplo, maximizar el beneficio por animal, por unidad de producto, por hectárea, etc.

A continuación se profundizará en este y otros aspectos de la definición de la ecuación de beneficio.

2.2.4.3 Definición de la ecuación de beneficio

Luego de definir qué características se incluyen en la función de beneficio, es necesario determinar de qué manera se va a evaluar el cambio en el beneficio. Con respecto a esto, hay tres aspectos a considerar:

- Perspectiva desde la cual se va a encarar el beneficio: productor, industria o consumidor.
- Variable con respecto a la cual se expresará el beneficio: por predio, por animal o por unidad de producto.

- El interés de la selección: $I - C$, I/C o C/I , donde I es el total de los ingresos y C es el total de los costos.

La definición de la función de beneficio tiene que corresponder al interés de selección individual de los productores, debido a que la razón primaria de un productor al comprar cierto animal a cierto precio, se basará en su estimación de la contribución del animal en el beneficio de la empresa (Harris, 1970, citado por Groen, 1989). La perspectiva que se utilice para definir la ecuación de beneficio tendrá una influencia importante en los resultados. Es bastante lógico tomar la perspectiva del productor como referencia ya que es quien toma las decisiones a nivel productivo. Si existiera una integración importante del sector secundario con el primario (industrias y productores, respectivamente) se justificaría utilizar una perspectiva industrial si los resultados económicos de la industria se reflejaran en el precio de pago a los productores.

Se ha argumentado que los valores económicos deberían ser calculados desde la rentabilidad del producto, como por ejemplo, beneficio por unidad de producto, y se ha demostrado que esto es equivalente a ajustar la escala (Van Arendonk y Brascamp, 1990). A su vez, el beneficio puede ser también expresado por animal o por dólar total de costo. Por ejemplo, $y/n = f(g;n)/n$ es el beneficio (y) por animal para un predio con un número fijo de animales [está en función del mérito genético (g) y del número de animales (n)] (Goddard, 1998). Para cualquier unidad arbitraria de x , los valores económicos son:

$$\frac{\partial \left(\frac{y}{x} \right)}{\partial g} = \frac{1}{x^2} \left(x \frac{\partial y}{\partial g} - y \frac{\partial x}{\partial g} \right)$$

Si x es la variable de escala o cualquier otra variable controlada por manejo con $\delta x / \delta g = 0$, entonces los valores económicos relativos de y/x son los mismos de y . Es decir, la importancia relativa de cada una de las características se mantiene, cualquiera sea la variable que se tome como referencia, siempre y cuando ésta no esté relacionada al mérito genético.

En lo que refiere al interés de la selección, las alternativas posibles son: maximizar el beneficio ($I - C$), maximizar el retorno en inversiones (I/C) o minimizar el costo por unidad de producto (C/I). El interés principalmente considerado en mejoramiento animal es el primero (Groen y Ruyter, 1990).

Con respecto a lo anterior, se encontraron distintos criterios para la definición de la ecuación en los autores revisados, dependiendo de las circunstancias de producción. En un trabajo realizado para las condiciones de Nueva Zelanda, midieron el beneficio como el ingreso neto por hectárea,

calculado como el ingreso bruto menos los costos de producción (López-Villalobos et al., 2000). Groen (1989) que pretende maximizar el beneficio, calculó el beneficio por animal por año como ingresos menos costos (tanto variables como fijos). En un estudio realizado en Australia, midieron el beneficio como eficiencia económica, es decir ingresos/costos, dejando constante el total de los costos, en los cuales no incluyeron los costos de alimentación, ya que los definieron como costos fijos (la pastura es el factor limitante del predio ya que es el único alimento utilizado) (Visscher et al., 1994).

2.2.4.4 Ajustar la escala de la función de beneficio

En la función de beneficio, usualmente hay una variable controlada por manejo que indica la escala de la empresa. Por ejemplo, la variable puede ser el número de animales en el rodeo (n), por lo tanto:

$$B = f(g; n) = n(i - c) - F$$

donde,

B = beneficio,

i = ingresos por animal ,

c = costos por animal, y

F = costos fijos.

El método convencional de derivar valores económicos, es fijar las variables de manejo en valores en los cuales son óptimos para el genotipo actual y entonces examinar el efecto de pequeños cambios en el mérito del animal sobre la media actual. En la práctica, se han elegido valores arbitrarios en lugar de óptimos para una variable de manejo con el fin de fijar el tamaño del predio, por ejemplo, número de vacas. El mayor problema al derivar los valores económicos ha sido la elección de cuál variable tomar como fija (Goddard, 1998).

La variable de escala puede ser pensada como una limitante de la empresa, ya que los pesos económicos son calculados con la variable de escala mantenida constante.

En el largo plazo, todos los costos son variables y todos los costos son proporcionales a la escala de la empresa (por lo tanto todos los costos fijos son iguales a 0) (Smith et al. 1986, citado por Goddard, 1998). Bajo esta formulación, no hay valor óptimo para una variable de escala, como en este caso n , y, por lo tanto, el procedimiento normal de comparar genotipos bajo

condiciones de manejo óptimas no puede ser seguido. Si $F = 0$, la elección de un valor para n es arbitrario debido a que los valores económicos son simplemente proporcionales a n .

La escala de una empresa puede ser descrita por otras variables además del número de animales, las cuales llevan a otras parametrizaciones de la función de beneficio. Por ejemplo, la escala puede ser descrita por el área del predio. Si algunos costos son difíciles de estimar, la variable de escala debería ser elegida de modo que esos costos puedan ser asumidos como constantes mientras que la variable de escala es dejada constante.

Como ya se mencionó, el beneficio del predio depende del mérito genético de los animales y de variables controladas por manejo. La existencia de predios de los más variados tamaños sugiere que el óptimo para el tamaño de la empresa es muy rígido. En la práctica puede ser más aplicable tener valores económicos que sean apropiados para el rango de tamaños de empresas que ocurren actualmente, en lugar de tenerlos para un tamaño vagamente definido e irrealmente óptimo.

En un sistema que basa la alimentación en la pastura, una alta proporción de los costos totales está relacionada al tamaño del predio por lo que mantener el total del alimento constante es casi equivalente a dejar los costos totales constantes. Esta aproximación tiene la ventaja adicional de que no requiere calcular algunos costos conflictivos como lo son el costo de la pastura o el costo de oportunidad del capital invertido (Visscher et al., 1994). Por lo tanto, los costos que son constantes por predio (costos fijos) pueden ser ignorados.

2.3 EXPRESIONES DESCONTADAS

Los aspectos de momento y frecuencia de expresión del mejoramiento son de importancia al definir los objetivos de selección. El concepto es tener en cuenta que si el actual rodeo fuera reemplazado por un nuevo rodeo con diferentes valores genéticos, el beneficio cambiaría en un determinado tiempo. Si los cambios ocurren más rápidamente en algunas características que en otras, esto podría afectar los valores económicos relativos.

Una inseminación realizada en el presente resultará en una sola expresión de la superioridad genética en la progenie para una característica carnicera (por ejemplo peso vivo adulto), mientras que para las características lecheras resultará en varias expresiones en la hija. Además, existe la posibilidad de futuras expresiones, para ambas características, en las nietas y

descendientes más remotas. Debido a que la superioridad genética puede expresarse en animales de distinto grado de parentesco, primeramente se debe especificar una unidad estándar de expresión. Para cada característica considerada, dicha unidad se define como una expresión (de la característica) en la progenie en el año en el cual la inseminación se realiza (Mc Clintock y Cunningham, 1974).

Los factores que determinan los números de unidades estándar de expresión de la superioridad genética del progenitor, luego de la inseminación, son:

1. La probabilidad de que esa inseminación resulte en un reemplazo (está en función de la estructura poblacional).
2. El grado de relación entre el progenitor y los animales en los cuales se expresa el genotipo (comienza en $\frac{1}{2}$ para las hijas y va disminuyendo a la mitad para cada generación).
3. En número de años que separan cada expresión del año en que se realizó la inseminación.
4. El número de años luego de la inseminación que se toman en cuenta.

Este mismo concepto fue tratado posteriormente por Brascamp (1978) (citado por Charffedine y Alenda, 1998), que lo denominó "expresión acumulativa descontada", e incluye las mismas consideraciones que los puntos anteriores. Los puntos 3 y 4 hacen referencia al momento y frecuencia con los cuales se manifiesta en el futuro la superioridad genética originada por el uso de un animal seleccionado en un programa de mejora genética.

La expresión de cálculo es la siguiente:

$$\text{Exprs} = \sum_{g=1}^n \sum_{y=1}^m P_{g^y} (1/2)^g \left(\frac{1}{1+d} \right)^y$$

donde,

P: número de progenie

g: número de generación

y: año

$(1/2)^g$: representa la fracción de genes del reproductor en la generación g

d: tasa de descuento (dentro del factor de descuento)

Como se puede apreciar, para el cálculo de estas expresiones se utilizan tasas de interés, para calcular el valor presente neto de los cambios en el beneficio. La recomendación convencional es que la tasa de descuento debería

ser la tasa de interés real. La tasa de interés relevante es la que se paga por las deudas del predio (Goddard, 1998).

Debido a que el ingreso futuro está siendo descontado, debería usarse un horizonte a largo plazo (punto 4 de Mc Clintock y Cunningham, 1974), ya que no hay razón para asumir que el valor genético de la ganancia genética cesará inesperadamente.

Multiplicando la expresión acumulativa descontada por el valor económico se obtiene el valor económico descontado que es el valor económico a considerar cuando se quiere comparar la importancia económica relativa de caracteres que se manifiestan de distintas formas y en diferentes momentos a lo largo de la vida del animal.

2.4 CORRELACIÓN ENTRE OBJETIVOS

Si se consideran dos objetivos de selección, H_1 y H_2 , con los vectores de los valores económicos v_1 y v_2 , su correlación genética es (James, 1982):

$$r_{H_1H_2} = v_1'Q v_2 / \sqrt{[(v_1'Q v_1)(v_2'Q v_2)]}$$

donde,

$r_{H_1H_2}$: correlación entre el H_1 y el H_2

Q: matriz de covarianzas genéticas de las características en el objetivo de selección.

Las correlaciones así halladas son útiles para juzgar la similitud entre objetivos de selección.

2.5 INDICES DE SELECCIÓN

Luego de determinado el objetivo de selección, éste se puede aplicar en el mejoramiento genético de las poblaciones animales a partir de la determinación de un criterio de selección. Éste, denominado índice de selección, incluye las características que se medirán o estimarán en los individuos con el fin de seleccionarlos como reproductores.

A partir de valores de cría se puede estimar un índice de selección de la siguiente manera (Dekkers, 2002b) :

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

donde,

I: índice económico

i: número de características incluidas en el Índice (va de 1 a m)

b_i : es el peso en el índice de selección para la característica i; $b = C_I^{-1} C_{IH} v$

$\hat{g}_i$: es el valor genético aditivo estimado de la característica i

C_I^{-1} : es la inversa de la matriz de varianzas y covarianzas genéticas de las características del índice

C_{IH} : es la matriz de covarianzas genéticas entre las de las características del índice y las características del objetivo de selección

v: es el valor económico de las características del objetivo de selección

2.5.1 Eficiencia relativa de los índices

Para medir la eficiencia de un índice (I_A) relativo a otro (I) en mejorar el objetivo de selección, se calcula la correlación entre dichos índices (James, 1982):

$$r_{I I_A} = b' P b_A / \sqrt{[(b' C I b)(b_A' C I b_A)]}$$

donde,

$r_{I I_A}$ = correlación entre índices I e I_A

b_i = vector de coeficientes del índice i

CI = matriz de covarianzas genético aditivas de las características del índice :

La eficiencia de un índice de selección, que a su vez está relacionado al progreso genético esperado de la selección por el índice, se expresa como la correlación entre el valor de cría agregado (objetivo de selección) y el índice de selección (criterio) (Cardellino y Rovira, 1987). Esta correlación se calcula de la siguiente manera (James, 1982):

$$r_{HI} = \sqrt{[(b' C_{HI} b) / (v' Q v)]}$$

donde,

r_{HI} = correlación entre el objetivo y el índice

b = vector de coeficientes del índice

v = vector de valores económicos descontados del objetivo

CIH = matriz de covarianzas genético aditivas entre las características del índice y las del objetivo

2.6 RESULTADOS REVISADOS

Tomando al valor económico de la proteína como referencia (1), se muestra un par de ejemplos de resultados de la derivación de los valores económicos estandarizados. La estandarización de los valores se obtuvo multiplicando al valor económico por el desvío estándar aditivo.

Cuadro 2 – Valores económicos estandarizados de distintos autores.

Autor	Proteína	Grasa	Volumen	PV
Groen (1989)	1	0.97	-0.34	-0.25
Visscher et al. (1994)	1	0.41	-0.4	-0.52

Como se puede observar en el Cuadro 2, tanto proteína como grasa reciben valores positivos, mientras que volumen y peso vivo reciben valores negativos. En donde se encuentra una diferencia importante es en los valores absolutos de grasa y peso vivo.

Esto puede estar explicado en parte por los precios relativos de ambos productos. Mientras que en las circunstancias de producción holandesas (Groen) la grasa se paga un 85% de lo que se paga la proteína, en las condiciones australianas (Visscher) el valor de la grasa es un 50% del de la proteína. Esta relación de precios hace que sea mejor ponderado el mérito genético de la producción de grasa en la primera situación.

Para el caso de peso vivo ocurre algo similar. Mientras que la relación de precios de kg de carne – kg de proteína, tomada por Groen, es 0.63:1, en el trabajo de Visscher esta relación es 0.23:1. Por lo tanto, para esta última situación, el aumento de los costos de mantenimiento debidos al peso vivo se compensan menos con los ingresos, debido al menor precio relativo del kg de carne.

En un trabajo realizado en Nueva Zelanda (López-Villalobos et al., 2000), donde se evaluó la conveniencia de distintos sistemas de cruzamientos, se encontró que los valores económicos para grasa, proteína y leche, eran 2.72, 5.91 y -0.041, respectivamente, cuando la relación precio grasa-precio proteína era 1:2.2; cuando la relación cambió a 1:4, los valores económicos para grasa, proteína y leche fueron 1.78, 7.12 y -0.041, respectivamente. Como se puede

apreciar, el valor económico de la leche no varió, mientras que se vieron aumentadas las diferencias entre los valores económicos de los dos componentes.

Visscher et al. (1994) trabajando en Australia con varios escenarios alternativos, estudiaron la sensibilidad de los pesos económicos a distintas circunstancias de producción. Partiendo de una situación actual, simularon la variación individual de distintos valores de la función de beneficio, para observar el efecto que tenía sobre los valores económicos relativos. Por ejemplo, en un escenario alternativo donde aumentaron un 50% el precio del kg de proteína (dejando igual el de la grasa), el valor económico de esta característica aumentó un 51%, mientras que el valor económico de la grasa disminuyó un 29%. En términos relativos (multiplicando cada uno de los valores económicos por el desvío estándar aditivo correspondiente y tomando el valor económico estandarizado de la proteína como base 1) la disminución del valor económico de la grasa con respecto a la proteína es aún mayor (54%). En otro caso, aumentaron un 20% el promedio del peso vivo adulto, y el valor económico relativo de esta característica pasó de -0.52 a -0.57 , es decir, disminuyó en un 9%. Los autores probaron 11 escenarios alternativos donde se apreciaron distintas respuestas de las características estudiadas. Con estos dos casos citados se puede apreciar la gran sensibilidad que tienen los valores económicos a las circunstancias de producción (precios de productos, performance animal, etc.).

2.7 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA REVISIÓN

Partiendo de la base que los sistemas de producción agropecuarios tienen un fin económico, las decisiones que deben tomar los que realizan la gestión de las empresas deben apuntar, en su mayoría, a mejorar el beneficio económico. Una de las posibles decisiones a las que se enfrentan es la selección de animales como reproductores del rodeo.

El objetivo de selección (**OS**) combina las características de interés a mejorar por su importancia en el beneficio económico y además, las pondera por su contribución relativa a dicho beneficio. Esta revisión da cuenta de los principales avances en la definición de objetivos de selección desde un punto de vista general (por ejemplo, Ponzoni, 1992; Harris et al., 1984). Otros investigadores (Groen, 1989; Visscher et al. 1994; López-Villalobos et al. 2000) han trabajado específicamente en la aplicación de objetivos de selección para sistemas de producción lecheros en distintas circunstancias de producción.

La primer etapa del proceso consiste en definir claramente el sistema de producción. Tomar en cuenta que un sistema posee componentes, interacciones, orden jerárquico y límites, permite la descripción detallada del sistema de producción. La definición precisa del sistema de producción es un requisito ineludible para avanzar en las etapas que llevan a la definición del OS.

Todos estos elementos son de gran utilidad para el desarrollo del presente trabajo.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 INTRODUCCIÓN

La importancia económica relativa de las características biológicas incluidas en el objetivo de selección se determinó siguiendo las etapas propuestas por Ponzoni (1992):

- Definición del sistema de producción.
- Identificación de las fuentes de ingresos y costos.
- Determinación de las características biológicas que afectan ingresos y costos.
- Determinación del valor económico relativo de cada característica.

Para recorrer estos cuatro pasos, se realizó una recopilación de información proveniente de diversas fuentes, desde consultas personales a técnicos vinculados al sector hasta el análisis de base de datos, con el fin de desarrollar un modelo determinístico que permitiera simular, en una base anual, la performance biológica/económica de un rodeo lechero.

3.2 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

El nivel elegido para definir el sistema de producción fue el de "predio comercial". Este nivel incluye, a su vez, la descripción de dos subsistemas: rodeo y animal.

Para determinar el tamaño del sistema, se tomó como fijo el número de animales dentro del mismo.

Si bien se puede trabajar con porcentajes, es necesario tomar como referencia un tamaño de empresa, para que los valores que se incluyan de los costos (distintos a los de alimentación) estén relacionados a la escala del predio. Por este motivo se tomó como referencia un rodeo de tamaño de 250 vacas masa. Este valor es similar al tamaño promedio de los tambos socios del Instituto Nacional para el Mejoramiento Lechero (INML).

En términos generales, se asume un tambo con animales de raza Holando, con un promedio de 5000 kg de leche corregida a 305 días, que remite el total de la leche producida a una planta procesadora. Además, basa la alimentación del rodeo en producción en praderas, verdeos y concentrado,

utiliza inseminación artificial, y logra un porcentaje de parición de 80%. Realiza la cría y recría de sus propios reemplazos, vende los terneros machos sin criar, presenta una edad al primer parto de 3 años, y el peso vivo adulto es 570 kg.

3.2.1 Nivel animal

Al definir el sistema a nivel animal se consideró como fuente de información principal la base de datos del INML y el informe de la Evaluación Genética Holando 2003. También se recurrió a registros del Centro Regional Sur (Facultad de Agronomía). Como herramienta de cálculo se utilizó el Modelo de Decisión de la CIPIL (Comisión Inter-CREA de Producción Intensiva de Leche) 2003 (CIPIL).

3.2.1.1 Leche y componentes

Se definió que el rodeo estaba compuesto por animales de la raza Holando, con una producción promedio de 5000 kg de leche a 305 días, alrededor de 173 kg de grasa a 305 días (3.4%) y 164 kg de proteína a 305 días (3.1%).

Para los cálculos de requerimientos se utilizaron los datos del Cuadro 3.

Cuadro 3 – Producción de leche, grasa y proteína, y porcentaje de grasa y proteína, según número de lactancia.

Nº lactancia	Lactancia a 305 días (kg)	Producción de grasa (kg)	Porcentaje de grasa	Producción de proteína (kg)	Porcentaje de proteína
1	4.395	154	3.43	146	3.11
2	5.065	177	3.41	169	3.12
3	5.364	188	3.40	177	3.11
4	5.487	192	3.39	178	3.10
5 y más	5.534	192	3.38	178	3.10

Fuente: Evaluación Genética Holando 2003

3.2.1.2 Edad al primer parto

La edad al primer parto se estableció en tres años. Este valor fue tomado de la base de datos del INML.

3.2.1.3 Peso vivo

Se asumió un peso al nacer de 40 kg, un peso de entrada a la recría 2 de 150 kg y una ganancia diaria de peso hasta el primer parto de 0.44 kg.

Las vacas adultas pesan en promedio 570 kg y presentan las variaciones de peso propias del estado de lactancia en que se encuentren (temprana, media, tardía y período seco). Para definir este peso se recurrió a los registros de las pesadas realizadas en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, por la Unidad de Lechería. Las variaciones de peso fueron modeladas asumiendo que en el primer tercio de lactancia las vacas pierden 0.5 kg por día, en el segundo mantienen el peso, en el tercero ganan 0.2 kg por día, y durante el último mes y el período seco ganan 0.3 kg diarios en promedio (no incluye el peso del feto). También se modeló la evolución del peso vivo de las vaquillonas. Asumiendo un peso al primer parto de 521 kg, se modeló la evolución de peso de manera que llegaran al segundo parto con el peso adulto: en el primer tercio de lactancia pierden 0.2 kg por día, en el segundo mantienen el peso, en el tercero ganan 0.35 kg diarios y durante el último mes y el período seco ganan 0.39 kg diarios en promedio (no incluye el peso del feto).

3.2.1.4 Cálculo de los requerimientos del animal

Para el cálculo de los requerimientos del rodeo se utilizó el sistema AFRC (1993). Este sistema trabaja en base a los requerimientos expresados en energía metabolizable (EM):

$$EM = EB - \text{pérdidas en heces} - \text{pérdidas en gases y orina}$$

donde

EB: energía bruta de los alimentos

La energía disponible para el animal depende de:

- la metabolizabilidad de la energía (q), que es una propiedad del alimento, y se calcula como $q = EM/EB$, y
- de la eficiencia de utilización de la EM en energía neta (EN), la cual va a estar disponible para las funciones de mantenimiento, producción, gestación y crecimiento.

Los requerimientos de EM fueron divididos en mantenimiento, producción, crecimiento y gestación.

La eficiencia de utilización se representa con la letra k y adquiere distintos valores según la función para la que se destine la EM:

- para mantenimiento, $k_m = 0.35 q + 0.503$

- para producción, $k_l = 0.35 q + 0.420$
- para crecimiento, $k_f = 0.78 q + 0.006$, y
- para gestación, $k_c = 0.133$ (independiente de q)

3.2.1.5 Cálculo de los requerimientos de las vacas (período de ordeño y seco)

Energía neta para mantenimiento

La energía para mantenimiento se divide en Metabolismo de ayuno (F) y Aporte por Actividad (A).

El metabolismo de ayuno se calcula como:

$$F = 0.13(PV / 1.08)^{0.67}$$

donde PV: peso vivo

El Aporte por Actividad es el promedio de energía para ejercicio en estabulación. Se considera como ejercicio que el animal camina 500m, permanece 14 horas parado y presenta 9 cambios de posición. El ejercicio promedio en estabulación se calcula como:

$$A = PV \times 0.002$$

Para obtener el valor de energía de mantenimiento en términos de EM se procede de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Total de requerimientos de EN (F + A)}}{\text{km}} = \text{EM mantenimiento}$$

El gasto energético debido al ejercicio del pastoreo es considerado mediante la suma de un 30% del valor obtenido, es decir, éste se multiplica por 1.3 (Jagush, 1981, citado por AFRC, 1993).

Energía neta para producción

El costo energético de cada litro producido se calcula en función del porcentaje graso de la leche mediante la siguiente ecuación (AFRC 1993):

$$\text{Mcal/kg} = 0.361 + 0.097 \times \% \text{grasa}$$

Al costo total de energía de la producción de leche se le resta la pérdida de peso (ya que aporta energía a la producción) o se le suma la ganancia de peso (ya que es un costo adicional) de la siguiente forma:

- 6.2 Mcal/kg de peso vivo perdido, cuya eficiencia (kt) con la cual se utiliza la energía para la producción es 0.84,
- 6.2 Mcal/kg de peso vivo ganado, cuyo $\text{kg} = 0.95 \times \text{kl}$

Los requerimientos totales de producción son convertidos a EM dividiendo por kl. El gasto energético debido al ejercicio del pastoreo es considerado mediante la suma de un 30% del valor obtenido, es decir, éste se multiplica por 1.3.

Energía metabolizable para gestación

Los requerimientos para gestación son fijos para todas las categorías y asume que los terneros pesan 40 kg al nacimiento. Los requerimientos de EM son 1.1, 1.9, 3.4 y 5.8 Mcal/día, para el 6º, 7º, 8º y 9º mes de gestación, respectivamente.

3.2.1.6 Cálculo de los requerimientos de las vaquillonas

Energía neta para mantenimiento

La energía neta para mantenimiento se calcula de la misma forma que para las vacas.

Energía neta para crecimiento

La retención de energía por cada kg de peso vivo ganado es:

$$\text{Mcal EN/kg} = \frac{4.1 + 0.0332 \times \text{PV} - 0.000009(\text{PV})^2}{4.184 - 0.6171 \times \text{ganancia diaria}}$$

La energía retenida por crecimiento es igual a la ganancia diaria multiplicada por el costo energético de cada kg de peso vivo (ecuación anterior).

Para convertir la energía neta a EM de crecimiento se procede según la siguiente ecuación:

$$\text{Mcal EM} = \frac{\text{ENm} \times \ln (B/(B-R-1))}{k}$$

donde,

$$k = km \times \ln (km/kf)$$

$$B = km/(km-kf)$$

$$R = \text{retención de energía de la ganancia de peso} / \text{ENm}$$

El gasto energético debido al ejercicio del pastoreo es considerado mediante el incremento de un 30% del valor obtenido, es decir, éste se multiplica por 1.3.

3.2.1.7 Requerimientos de la cría y recría 1

Asumiendo un peso al nacimiento de 40 kg, la energía total requerida para alcanzar los 150 kg, a los 6 meses, es de 1429.8 Mcal de EM por ternera (328 Mcal desde el nacimiento hasta el destete y 1101.7 desde el destete hasta los 150 kg de peso vivo).

3.2.1.8 Requerimientos de la recría 2

Partiendo de 150 kg al inicio de la recría 2 (6 meses de edad) y con una ganancia promedio diaria de 0.44 kg, se calcularon los requerimientos totales de EM (mantenimiento y crecimiento) de los animales de reposición, para llegar al peso de 521 kg (peso al parto).

Los valores de requerimientos energéticos que se encuentran en el Cuadro 4 están expresados en Mcal de EM por animal e incluyen los requerimientos extra debidos al pastoreo.

Cuadro 4 - Requerimientos diarios de energía, por estación y por año, de los animales de recría, según edad.

Edad (años)	Requerimientos diarios (Mcal de EM/día)				Requerimiento anual (Mcal de EM)
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	
0 a 1			10.2	11.8	2012
1 a 2	13.2	14.6	16.0	17.3	5600
2 a 3	18.2	19.0	23.4	30.2	8311

Estación: refiere a la estación del año, siendo la estación 1 la estación del año en que nace la ternera.

3.2.1.9 Requerimientos de los animales en producción

Los requerimientos energéticos que se presentan en el Cuadro 5 se calcularon con los datos de producción de leche, porcentaje graso y peso vivo.

Cuadro 5 – Requerimientos diarios para mantenimiento, producción y gestación, según número de lactancia.

Nº Lactancia	Requerimientos diarios (Mcal de EM)		
	Mantenimiento ³	Producción ³	Gestación
1	16.85	20.35 ¹	
2	17.96	21.43	
3	17.96	22.65	3.1 ²
4	17.96	23.13	
5 y más	17.96	23.29	

¹ Dentro de los requerimientos de producción está incluido el gasto energético de la ganancia de peso

² Es el promedio diario de los últimos cuatro meses de gestación y es igual para todas las edades.

³ Están incluidos los requerimientos adicionales por la actividad de pastoreo

Los requerimientos anuales que se presentan en el Cuadro 6 fueron calculados en base a los requerimientos diarios. CIPIL aplica un factor de corrección donde se considera una relación VO/VM de 0.83 (con intervalo interparto de 12 meses). De los datos de la Evaluación Genética Holando 2003 se obtuvo una relación VO/VM de 0.78. Por lo tanto, el factor aplicado por el modelo para obtener los requerimientos anuales fue 1.0641, que surge de dividir a 0.83 entre 0.78.

Cuadro 6 – Requerimientos anuales por estación de parto, según número de lactancia.

Nº Lactancia	Requerimientos anuales (Mcal de EM) ⁽¹⁾			
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
1	15166	15365	14595	14415
2	16061	16290	15404	15198
3	16552	16795	15858	15640
4	16746	16994	16037	15814
5 y más	16812	17062	16098	15873

(1) Datos ajustados según la productividad de cada lactancia por estación de parto (base de datos del INML, 2002)

3.2.2 Nivel rodeo

Para describir la composición del rodeo se consideraron cinco estratos de edades. El porcentaje de animales presentes en cada estrato es 30, 24, 18, 12 y 16%, para las lactancias 1, 2, 3, 4 y 5 y más, respectivamente. Estos valores fueron tomados de la base de datos del INML.

Para simular la dinámica del rodeo se asumió un porcentaje de parición de 80%. A su vez, un 50% de los animales nacidos son hembras y el otro 50% son machos. La tasa de mortalidad asumida en la fase de cría fue de 7%. En la fase de recría se asumió una mortalidad del 5% hasta el parto. La tasa de mortalidad del rodeo en producción asumida fue de 4% (com. pers. Dr. Carlos Lemaire).

Para el tamaño del sistema previamente definido (250 VM), el rodeo total está compuesto como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7 – Composición del rodeo.

Categoría	Nº animales
Cría	93
Recría 1	91
0.5 a 1 año	90
1 a 2 años	89
2 a 3 años	88
Lactancia 1	75
Lactancia 2	60
Lactancia 3	45
Lactancia 4	30
Lactancia 5 +	40

Como se puede observar, el requerimiento de reemplazos es de 75 vaquillonas. Debido a que de la recría salen 88 vaquillonas preñadas, hay un excedente de 13 animales. A su vez, los terneros machos salen del rodeo al descalostrado.

Para describir la estacionalidad de las pariciones, se tomó como referencia la base de datos de la Evaluación Genética Holando 2003. Allí se diferencian las pariciones mensuales de las vaquillonas y de las vacas adultas.

En el Cuadro 8 se muestra el porcentaje de parición a nivel mensual y estacional de las dos subpoblaciones.

Cuadro 8 – Distribución mensual y estacional (en %) de las pariciones para vaquillonas y vacas

Mes	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
Vq	17.8	14.6	10.1	6.3	5.7	10.0	12.4	8.3	5.0	2.9	1.9	4.9
Va	15.3	12.0	11.7	9.3	8.5	9.2	8.8	7.8	5.6	3.5	2.6	5.7
Estación	Otoño			Invierno			Primavera			Verano		
Vq	42.5			22			25.7			9.7		
Va	39			27			22.2			11.8		

Vq = vaquillonas

Va = vacas adultas

Las cuatro estaciones se definieron de la siguiente manera (Leborgne, 1983):

- Otoño: marzo, abril y mayo.
- Invierno: junio, julio y agosto.
- Primavera: setiembre, octubre y noviembre.
- Verano: diciembre, enero y febrero.

3.2.2.1 Requerimientos del rodeo en producción

Teniendo en cuenta los requerimientos individuales para cada estación de parto, el porcentaje de animales en cada categoría de edad y el porcentaje de vacas y vaquillonas que paren en cada estación, se calculó el requerimiento promedio de un animal que compone este rodeo, como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9 – Requerimientos ponderados por estación de parto y por categoría.

	Requerimiento ponderado por estación de parto (Mcal de EM)				Total por categoría (Mcal de EM)	Proporción en el rodeo de cada categoría	Requerimiento ponderado por categoría (Mcal de EM)
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
Lactancia 1	6461	3380	3751	1398	14990	0.3	4497
Lactancia 2	6264	4398	3420	1793	15875	0.24	3810
Lactancia 3	6455	4535	3520	1845	16356	0.18	2944
Lactancia 4	6531	4588	3560	1866	16546	0.12	1985
Lactancia 5 +	6557	4607	3574	1873	16610	0.16	2658

Sumando la última columna del Cuadro 9 se obtiene el requerimiento medio anual de un animal del rodeo. Dicho valor resultó ser 15894 Mcal de EM, lo que es lo mismo decir que el requerimiento promedio diario es de 43.55 Mcal de EM. Considerando las 250 vacas masa que componen el rodeo, el requerimiento total diario es de 10886.5 Mcal de EM, mientras que el requerimiento total anual es de 3974 Gcal de EM.

3.2.2.2 Requerimiento del rodeo de reposición

Considerando el número de animales en cada categoría de reposición y los requerimientos anuales promedio de cada una de las mismas, se calculó el requerimiento total anual de EM del rodeo de reposición (Cuadro 10).

Cuadro 10 – Requerimientos individuales y totales, según categoría de cría

Categoría	Nº de animales	Requerimiento individual (Mcal de EM)	Requerimiento total (Mcal de EM)
Cría	93	328	30507 Mcal
Recría 1	91	1101.7	100255 Mcal
0.5 – 1 año	90	2012 Mcal	181 Gcal
1 – 2 años	89	5600 Mcal	498 Gcal
2 – 3 años	88	8311 Mcal	731 Gcal

3.2.3 Nivel predio comercial

3.2.3.1 Uso del suelo

El sistema definido posee una superficie mejorada equivalente al 85% de la superficie de pastoreo lechero (SPL). El restante 15% corresponde a campo natural. La superficie mejorada incluye tanto pasturas artificiales como

mejoramientos en cobertura. Se establecieron dos rotaciones: una para el rodeo en producción y otra para la recría.

3.2.3.2 Pasturas

Área de rodeo en producción

Dentro de la superficie destinada a las vacas masa se definió una rotación estabilizada de cuatro años con praderas, verdeo de verano, maíz para silo y verdeo de invierno. Las praderas comprenden especies de leguminosas y gramíneas, tanto invernales como estivales (*Trifolium repens*, *T. pratense*, *Lolium multiflorum*, *Lotus corniculatus*, gramíneas perennes, etc.). El verdeo de verano se realiza con sorgo forrajero para pastoreo directo. Para el verdeo de invierno se utiliza avena y raigrás anual. En el Cuadro 11 se presenta un esquema de la rotación estabilizada en el área de las vacas masa.

Cuadro 11 – Esquema de la rotación del área de vaca masa

Año 1		Año 2	Año 3	Año 4
Avena + Raigrás				
SoFo	MzSilo	Pp ₁ ^o	Pp ₂ ^o	Pp ₃ ^o

SoFo = sorgo forrajero

MzSilo = maíz para silo

Pp_i = praderas plurianuales

A partir de los datos de Leborgne (1983) y de mediciones realizadas en predios lecheros (com. pers. Ricardo Mello), se estableció la oferta anual de materia seca de cada tipo de forraje y su distribución estacional de producción relativa (Cuadro 12).

Cuadro 12 – Distribución anual y producción anual de materia seca, según tipo de forraje.

	Distribución estacional (%)				Producción anual (kg materia seca /ha)
	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	
Pradera 1 ^o		21	54	25	6000
Pradera 2 ^o	22	20	43	15	9000
Pradera 3 ^o	23	19	58		4700
Av+Rg	42	58			3000
SoFo	27			73	6000
Mz Silo				100	8500

Av + Rg = avena más raigrás; SoFo = sorgo forrajero; Mz Silo = maíz para silo

Sobre los datos del Cuadro 12 se calculó la oferta de materia seca por estación (Anexo 1). Posteriormente, tomando como referencia los valores de porcentaje de utilización de materia seca de Leborgne (1983) y considerando los estimados en el proyecto Alimentación y Reproducción de Conaprole 2003, se establecieron los diferentes porcentajes de utilización por estación para cada tipo de forraje (Anexo 2). Basándose en la información anterior, se calculó la oferta estacional de materia seca utilizable de cada tipo de forraje que compone la rotación (Cuadro 13).

Cuadro 13 – Producción estacional y anual de materia seca utilizable, según tipo de forraje.

	Producción estacional de materia seca utilizable (kg/ha)				Producción de materia seca utilizable anual (kg /ha)
	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	
Pradera 1º	0	794	1750	810	3353
Pradera 2º	1247	1134	2090	729	5200
Pradera 3º	681	563	1472	0	2716
Av+Rg	794	1096	0	0	1890
SoFo	583	0	0	2365	2948
Mz Silo	0	0	0	7225	7225

Av + Rg = avena más raigrás; SoFo = sorgo forrajero; Mz Silo = maíz para silo

Considerando el peso relativo de cada tipo de forraje en la rotación, se calculó la oferta promedio de cada hectárea de la superficie destinada a las vacas masa (Cuadro 14). La sumatoria de la proporciones no da como resultado 1 ya que los verdeos de verano e invierno, si bien ocupan el mismo lugar físico, lo hacen en distintos momentos del año, es decir, se usa dos veces la misma superficie.

Cuadro 14 – Proporción y oferta ponderada de materia seca utilizable, según tipo de forraje.

	Proporción del área de rotación de cada alternativa forrajera	Producción ponderada de materia seca utilizable anual (kg)
Pradera 1º	0.25	838
Pradera 2º	0.25	1300
Pradera 3º	0.25	679
Av+Rg	0.25	473
SoFo	0.125	369
Mz Silo	0.125	903

Av + Rg = avena más raigrás; SoFo = sorgo forrajero

Mz Silo = maíz para silo

La sumatoria de la última columna del Cuadro 14 da como resultado que la oferta promedio de materia seca utilizable es de 4561 kg/ha/año.

Área de recría

El área destinada a la recría presenta una rotación estabilizada de cuatro años, con praderas y verdeos (invernales y estivales), mejoramiento en cobertura y campo natural. En el Cuadro 15 se presenta un esquema de la base forrajera de la recría.

Cuadro 15 – Esquema de la rotación del área de recría.

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
VV/VI	Pp _{1º}	Pp _{2º}	Pp _{3º}
Mejoramiento en cobertura			
Campo natural			

VV = verdeo de verano (sorgo forrajero)

VI = verdeo de invierno (avena y raigrás anual)

Pp = praderas plurianuales

Asumiendo la misma oferta de materia seca utilizable que la asumida en las pasturas destinadas al rodeo en producción, y además, que la producción anual del mejoramiento en cobertura es de 5400 kg/ha/año (Leborgne, 1983) y la del campo natural es de 3800 kg/ha/año (Leborgne, 1983), ambos con un promedio de 60% de utilización, se calculó la oferta media por hectárea de materia seca utilizable (Cuadro 16).

Cuadro 16 – Proporción y oferta ponderada de materia seca utilizable, según tipo de forraje.

Proporción del área de rotación de cada alternativa forrajera	Producción ponderada de materia seca utilizable anual (kg)
Pradera 1º	0.12 402
Pradera 2º	0.12 624
Pradera 3º	0.12 326
Av+Rg	0.12 227
SoFo	0.12 354
CN mej	0.12 389
CN	0.40 912

Av + Rg = avena más raigrás

SoFo = sorgo forrajero

CN mej = campo natural mejorado

CN = campo natural

En promedio, cada hectárea de la superficie destinada a la recría, ofrece 3234 kg de materia seca utilizable.

Aporte energético de las pasturas

Para calcular el aporte de EM de las pasturas se utilizó el sistema AFRC 1993. Este método estima que el valor medio de EB por cada kg de materia seca de alimento es de 18.8 MJ/kg MS, es decir 4.53 Mcal/kg MS. Al multiplicar este valor por el coeficiente de digestibilidad de la energía (similar al de la materia seca) se obtiene el valor de energía digestible (ED).

El valor de EM de los alimentos se obtiene multiplicando a la ED por un factor 0.82 (asume una pérdida de 18% de la ED en gases y orina). Para el cálculo de EM de los forrajes el factor 0.82 se ajusta en función de la digestibilidad del forraje (Anexo 3).

Por lo tanto, el valor promedio de aporte de EM de un kg de MS es de 2.6 Mcal.

3.2.3.3 Nivel de suplementación

Dado que la carga animal asumida es de 0.89 VM/ha VM y que cada hectárea ofrece anualmente en promedio 4561 kg de MS utilizable, cada animal consume 5110 kg de MS de forraje al año. Para calcular las necesidades de suplementación del sistema se calculó que cada animal en producción consume diariamente 14 kg de MS de fibroso, en promedio, ya sea por pastoreo directo o de reservas (silo).

Dado que la necesidad media diaria de EM de un animal en producción es de 43.55 Mcal y que el aporte de 14 kg de forraje es de 36.4 Mcal, el déficit de energía que se debe cubrir con el suplemento es de 7.15 Mcal/día.

Como suplemento del rodeo se asume que se utiliza grano de maíz molido. Este alimento aporta 3.18 Mcal/kg de MS y su contenido de MS es de 86% (NRC, 1988).

Para cubrir el déficit diario de EM se requieren 2.25 kg de MS de grano de maíz, por lo cual, considerando el porcentaje de materia seca, significan 2.61 kg de maíz (base fresca). Expresado a nivel anual, las necesidades de suplementación alcanzan los 953.7 kg de grano de maíz molido por vaca masa.

Del total de MS consumida como fibroso (forraje y suplemento), el silo de maíz representa el 17%, el grano de maíz el 14%, y el forraje consumido directamente de pastoreo representa el 69%. Teniendo en cuenta que el promedio de producción del rodeo es de 5000 kg por lactancia, la suplementación se utiliza a razón de 191 g/kg.

3.2.3.4 Destino de los productos

Por tratarse de un sistema de producción especializado en el rubro lechería, su principal producto comercializable es la leche.

Dentro de la dinámica poblacional del sistema, se generan subproductos que también son comercializados: todos los terneros machos nacidos y descalostrados, vaquillonas preñadas que exceden la necesidad de reemplazo y vacas de descarte.

El total de la leche producida es remitida a una planta procesadora. En el Censo General Agropecuario del 2000 se aprecia que el 86% de la leche producida es remitida a plantas procesadoras exclusivamente.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INGRESOS Y COSTOS

3.3.1 Ingresos

Los productos del sistema que generan ingresos son la leche, la carne y la venta de reemplazos.

Para determinar los ingresos que se generan por la venta de leche hay que tener en cuenta el criterio de pago de este producto. Para este fin se consideró el sistema de formación del precio de la leche de Conaprole del tercer trimestre 2003.

En la formación del precio de la leche se diferencian dos tipos de criterios: pago por leche consumo y pago por leche industria.

En el primer criterio, la leche se paga por porcentaje de grasa, esto es, 111.54 pesos por cada kg de grasa; asumiendo una tasa de cambio de 28 pesos uruguayos por dólar, el valor es 3.98U\$S.

En el segundo criterio se paga por grasa y proteína con un descuento por volumen. Los valores base de este criterio son: 64.13 pesos por cada kg de proteína, 24.84 pesos por cada kg de grasa y un descuento por litro de 0.35 pesos; asumiendo una tasa de cambio de 28 pesos uruguayos por dólar, los valores son 0.89, 2.29 y 0.0125 U\$, respectivamente. Existen bonificaciones por remisión de invierno y primavera, por calidad y por regularidad. Se asumió que el sistema remite el 20% de su producción como leche cuota y el 80% como leche industria, lo cual es similar al promedio (MGAP, 2000).

Para determinar los ingresos por venta de carne hay que considerar los precios de los dos subproductos del sistema que se venden como carne: terneros machos y vacas de descarte. Ambas categorías se pagan por kg de peso vivo.

Al determinar el ingreso por venta de animales de reposición hay que tener en cuenta que se pagan por unidad.

De los boletines de DIEA de los años 2000, 2001 y 2002, se obtuvieron los siguientes precios promedio:

- 0.70 U\$ por kg de ternero
- 0.436 U\$ por kg de vaca de la categoría "manufactura alta" (se asumió como la correspondiente al tipo de vaca de descarte que sale del sistema)
- 350 U\$ por cada vaquillona preñada

3.3.2 Costos

Dentro de la estructura de costos se diferencian costos fijos y costos variables. A su vez, dentro de los últimos, se diferencian los costos de alimentación del resto de los costos.

Para tener una aproximación de los costos fijos y del resto de los costos variables (excluidos los de alimentación), se recurrió a revisar información de los resultados económicos, de empresas lecheras afiliadas a FUCREA, de una serie de cuatro ejercicios agrícolas (junio de 1998 a julio de 2002). Tomando como referencia de escala el número de animales del rodeo, estas empresas lecheras analizadas, tienen un tamaño similar a la escala definida para el sistema bajo estudio. El promedio de los cuatro años es de 265 vacas masa.

Para calcular los costos de alimentación del rodeo se tuvieron en cuenta sus requerimientos energéticos, el aporte energético de los distintos tipos de alimento y los costos de cada uno.

3.3.2.1 Costos fijos

La clasificación de los costos fijos de FUCREA propone cinco categorías: administración, depreciación, mejoras, vehículos e impuestos. El valor promedio de los costos fijos, de los cuatro ejercicios, es 42760 U\$S por año (Anexo 4).

3.3.2.2 Costos variables (alimentación)

Costo de la pastura

A partir de CIPIL se determinó el costo por hectárea de cada tipo de forraje que compone la rotación de las vacas masa (Anexo 5). Considerando el peso relativo de cada tipo de forraje en la rotación se calculó el costo ponderado por hectárea de la rotación (Cuadro 17).

Cuadro 17 – Costo ponderado de cada alternativa forrajera del área de vaca masa

	Proporción de cada pastura en la rotación	Costo (U\$S) ponderado
Pradera 1°	0.25	43.3
Pradera 2°	0.25	8.0
Pradera 3°	0.25	2.5
Av+Rg	0.25	51.9
SoFo	0.125	14.9
Mz Silo	0.125	48.6

Av + Rg = avena más ralgrás

SoFo = sorgo forrajero

Mz Silo = maíz para silo

Al sumar la última columna del Cuadro 17 se obtuvo el costo promedio de cada hectárea de la rotación. Dicho valor es 169.2 U\$S por hectárea. Tomando en cuenta que cada hectárea de la rotación ofrece 4561 kg de MS utilizable, el costo de cada kg de MS consumida es de 0.037 U\$S.

Para calcular el costo de la superficie asignada a la cría de reemplazos, fue necesario estimar el costo del mejoramiento en cobertura (Anexo 6). Dado que se asumió que el mejoramiento se renueva cada tres años, el costo anual fue 50.3 U\$S.

Al ponderar por el peso relativo de cada pastura en la rotación, se calculó el costo promedio por hectárea (Cuadro 18).

Cuadro 18 - Costo ponderado de cada alternativa forrajera del área de recría.

	Proporción de cada pastura en la rotación	Costo (U\$S) ponderado
Pradera 1°	0.12	20.8
Pradera 2°	0.12	3.8
Pradera 3°	0.12	1.2
Av+Rg	0.12	24.9
SoFo	0.12	14.3
CN mej	0.12	6.0
CN	0.40	0

Av + Rg = avena más rálgrás

SoFo = sorgo forrajero

CN mej = campo natural mejorado

CN = campo natural

La sumatoria de la última columna dio como resultado 71 U\$S por hectárea. Considerando que cada hectárea de la superficie de recría ofrece 3234 kg de MS utilizable, el costo de cada kg de MS consumida es de 0.022 U\$S.

Costo del suplemento

Como ya se mencionó, en este sistema de producción se asumió que el suplemento proporcionado a las vacas en producción es grano de maíz molido. A partir de los Anuarios de DIEA, se promedió el precio de tres años (2000, 2001 y 2002). El valor calculado fue 108.66 U\$S por tonelada de grano (en base fresca). Dado que el contenido de materia seca del maíz es de 86%, el costo es de 0.126 U\$S por kg de MS.

Costos de alimentación por animal

Costos de cría y la recría 1 de las terneras

Como ya se mencionó, para que una ternera alcance los 150 kg de peso vivo, se requiere un total de 1429.8 Mcal de EM, desde el nacimiento. Asumiendo un plan de alimentación de la cría a base de leche, concentrado y forraje, se calcularon los costos por ternera (Cuadro 19).

Cuadro 19 – Plan de alimentación de las terneras.

	Cantidades consumidas	Mcal de EM aportadas
Consumo de leche (l)	220	139.7
Consumo de grano (kg de materia seca)	137	374.7
Consumo de forraje (kg de materia seca)	352	915.2

Para calcular los aportes energéticos de la dieta se consideró que la leche aporta 5.3 Mcal de EM por kg de materia seca (contiene un 12% de MS en promedio) (AFRC, 1993), que la ración (a base de maíz) aporta 3.18 Mcal de EM por kg de MS y que el forraje aporta 2.6 Mcal de EM por kg de MS.

En el Cuadro 20 se presenta el cálculo de los costos de alimentación de la cría.

Cuadro 20 – Costo de alimentación de la cría.

	Consumo	Costo (U\$S/unidad)	Costo total (U\$S)
Leche	220 litros	0.098*	22.5
Grano	137 kg	0.1087	14.9
Forraje	352 kg MS	0.022	7.7

* Costo de producción

El costo total de alimentación por ternera criada fue 29 U\$S. Asumiendo que 93 terneras son criadas, el costo total de la cría es 2697 U\$S. Considerando una dieta a base de forraje y concentrado, el costo de cada ternera en la recría 1 fue de 16.1 U\$S. Asumiendo que en la recría 1 hay 91 terneras, el costo total de esta fase es de 1465.8 U\$S

Costos de recría 2 al parto

Considerando los requerimientos de EM de cada categoría de recría se calcularon los costos por vaquillona (Cuadro 21) para llegar desde los 150 kg al peso del parto. Para esto se consideró que cada kg de MS de forraje aporta 2.6 Mcal de EM. Además, como ya se determinó, el costo de cada kg de MS de forraje proveniente del área de cría tiene un costo de 0.022 U\$S.

Cuadro 21 – Costo de los animales de recría, según edad (años).

Edad	Requerimientos (Mcal de EM)	Requerimientos (kg de materia seca)	Costo (U\$S/animal)	Costo total por categoría (U\$S)
0.5 - 1	2012	773.8	17.0	1530
1 - 2	5600	2153.6	47.1	4191
2 - 3	8311	3205.7	70.4	6197.2

La sumatoria de la última columna del Cuadro 21 da como resultado que el total de costos de las categorías de recría es 11918.2 U\$S.

Costos de las vacas en producción

Como ya se mencionó, se asume que las vacas masa consumen diariamente 14 kg de MS de fibroso en promedio. Dado que el costo de cada kg de MS utilizable, de la rotación establecida para los animales en producción, es de 0.037 U\$S, el costo medio diario del forraje consumido es de 0.52 U\$S por vaca. En base anual, el costo de fibroso de cada vaca masa es de 189.5 U\$S.

Por otra parte, el nivel de suplementación anual es de 953.7 kg de maíz molido por vaca masa. Considerando que el costo de cada tonelada de grano es de 108.66 U\$S, el costo anual del suplemento es de 106.3 U\$S por vaca masa.

Al sumar ambos subtotales, se obtiene que el costo de alimentación total anual por cada vaca masa es de 293.1 U\$S. Esto significa que, para el total del rodeo en producción, el costo de alimentación es 73284.1 U\$S.

Al dividir el costo de alimentación entre el requerimiento promedio de energía, se obtuvo el costo por unidad de energía, el cual fue de 0.01845 U\$S/Mcal de EM.

3.3.2.3 Costos variables (resto de los costos variables)

Exceptuando los costos relacionados a la producción y compra de alimento, la clasificación de costos de FUCREA para las empresas lecheras propone clasificarlos en: trabajo, energía, inseminación, higiene del tambo, sanidad y otros. En promedio, los costos variables distintos a los de alimentación, alcanzaron los 54207.4 U\$S por año (anexo 7).

3.4 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS QUE INFLUYEN EN LOS INGRESOS Y COSTOS

Desde el punto de vista de la influencia en los ingresos, y, teniendo en cuenta los criterios de pago, se determinó que la producción de proteína y de grasa son dos características que tienen incidencia directa en los ingresos económicos del sistema de producción. Por otra parte, al vender las vacas de descarte también se obtienen ingresos, y éstos están en función del peso vivo de los animales refugados. Por lo tanto, el peso vivo tiene una incidencia directa en los ingresos, si bien son de importancia menor en relación a los ingresos percibidos por la venta de proteína y grasa.

Desde la perspectiva de los costos, y, considerando el criterio de pago de la leche remitida a la planta procesadora, el volumen de leche tiene una influencia directa en los costos ya que existe un costo por flete de la leche industria (penalización por litro de leche industria remitido). Por otra parte, los requerimientos energéticos de mantenimiento de los animales están en función del peso vivo, de manera que, al aumentar el peso vivo, aumentan los requerimientos energéticos, y, por lo tanto, los costos de alimentación. Por ende, el peso vivo también tiene una incidencia directa en los costos del sistema de producción.

Por lo tanto, las características a las cuales se debe incluir en el objetivo de selección, y por consiguiente, determinar su importancia económica relativa son:

- producción de proteína (kg),
- producción de grasa (kg),
- volumen de leche (kg), y
- peso vivo adulto (kg).

Existen otras características que influyen en los ingresos y costos del sistema de producción que no se incluyeron a los efectos de limitar el trabajo. En lo que refiere a la calidad de la leche producida, existen bonificaciones en el momento del pago que consideran el recuento de células somáticas y el recuento bacteriano. Debido a que el recuento bacteriano es una característica de índole higiénica (ambiental), el recuento de células somáticas sería la característica a incluir en un objetivo de selección para mejorar la calidad de la leche. A su vez, las características reproductivas, si bien poseen baja heredabilidad, podrían ser incluidas en los objetivos de selección debido a su influencia en la eficiencia de producción (tanto en costos como ingresos), además de influir en la intensidad de selección. La longevidad productiva es

otra característica factible de incluir en un objetivo de selección debido a su importancia en los costos e ingresos.

3.5 DERIVACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO

La etapa inicial para derivar los valores económicos de las características identificadas es el establecimiento de la función de beneficio. El beneficio se definió como:

$$B = I - C$$

donde,

B: beneficio,

I: ingresos, y

C: costos

A su vez, los ingresos están compuestos por la venta de leche y carne, mientras que los costos están compuestos por los costos de alimentación y el resto de los costos variables (distintos a los de alimentación). Tanto en la situación base como en las situaciones aumentadas en una unidad, los costos fijos se ignoraron debido a que se asumió que eran iguales para todas las situaciones ya que al aumentar una unidad en la característica a derivar no había aumento de escala.

A continuación se presenta la función de beneficio:

$$B = \frac{1}{N} \left[(L \times P_L + G \times P_G + P \times P_P + T \times P_T + V_p \times P_{V_p} + V_d \times P_{V_d} \times P_{kgV_d}) - (A + R) \right]$$

donde,

B: beneficio (expresado en U\$S/animal)

N: número de vacas masa

L: producción de leche corregida a 305 días (kg)

P_L : precio de la leche (U\$S/kg)

G: producción de grasa corregida a 305 días (kg)

P_G : precio de la grasa (U\$S/kg)

P: producción de proteína corregida a 305 días (kg)

P_P : precio de la proteína (U\$S/kg)

T: número de terneros machos vendidos

P_T : precio de los terneros machos (U\$S/ternero)

V_p : número de vaquillonas preñadas vendidas

P_{vp} : precio de las vaquillonas preñadas (U\$S/vaquillona)

V_d : número de vacas de descarte

PV_{Vd} : peso vivo de las vacas de descarte (kg)

P_{kgVd} : precio por kg de carne (U\$S/kg)

A : costos totales de alimentación (U\$S)

R : resto de los costos variables (U\$S)

Para el cálculo de los valores económicos se halló el beneficio para la situación base y para la situación aumentada en una unidad de la característica de interés. Este cálculo se realizó mediante la siguiente operación:

$$VE_i = B^*_i - B$$

donde,

VE_i = valor económico de la característica i

B^*_i = beneficio económico en la situación aumentada en una unidad, para la característica i

B = beneficio económico en la situación base

3.5.1 Escenarios alternativos

Para evaluar la sensibilidad de los valores económicos en distintas circunstancias de producción, se plantearon cinco escenarios alternativos donde varían tanto el costo de alimentación del rodeo en producción, como el criterio de pago de la leche y componentes.

Con respecto a los costos de alimentación se manejaron dos alternativas:

- los requerimientos extra se cubren de la misma forma que en la situación base (**RESB**), o
- los requerimientos extra se cubren sólo con concentrado (grano de maíz) (**REGM**).

Con respecto al criterio de pago se manejaron tres alternativas:

- se paga el 20% como cuota y el 80% como industria (**SPCI**), o
- se paga el total de la leche como leche industria con los precios utilizados para la leche industria de la situación base (**SPIB**), o
- se paga el total de la leche como leche industria con una relación de precios de proteína:grasa de 1.23:1 (esta alternativa considera la composición

promedio de la leche ingresada a la planta procesadora)¹, siendo el precio de la proteína igual al de la situación base (SP1.23).

En el Cuadro 22 se pueden ver los cinco escenarios alternativos (además de la situación actual) que surgen de la combinación de las alternativas anteriores.

Cuadro 22 – Escenarios alternativos a la situación actual.			
	SPCI	SPIB	SP1.23
RESB	situación actual	escenario 3	escenario 5
REGM	escenario 2	escenario 4	escenario 6

3.6 EXPRESIONES DESCONTADAS

Los valores económicos no toman en cuenta los aspectos de momento y frecuencia de expresión de las características de interés luego de la selección. Para considerar este aspecto es necesario tener en cuenta que las características de producción (leche, grasa y proteína) se expresan en todos los años de la vida útil de las vacas (en los costos y en los ingresos), mientras que el peso vivo adulto tiene incidencia en los costos durante toda la vida, pero su incidencia en los ingresos es sólo al momento de descarte de las vacas.

Para esto se recurrió al cálculo de las expresiones descontadas. Éstas consideran aspectos como: estructura del rodeo, porcentaje de parición, porcentaje de sobrevivencia, edad al primer parto, tipo de población (núcleo, sub-núcleo o rodeo comercial), sexo de los animales probados, momento y frecuencia de expresión de las características, años en el horizonte del programa de mejoramiento, etc. A su vez, considera dentro de su cálculo una tasa de interés de descuento.

La expresión de cálculo es la siguiente:

$$\text{Exprs} = \sum_{g=1}^n \sum_{y=1}^m P_{gy} (1/2)^g \left(\frac{1}{1+d} \right)^y$$

donde,

P: número de progenie

g: número de generación

y: año

¹ Relación tomada de la alternativa II de pago de la leche cuota del Boletín de Precios de DIEA, 2003

$(1/2)^g$: representa la fracción de genes del reproductor en la generación g
d: tasa de descuento (dentro del factor de descuento)

Para este estudio se utilizó una tasa descuento del 5%, un horizonte de 25 años y 8 generaciones. El número de progenie está dado por la estructura del rodeo, el porcentaje de sobrevivencia (80%) y el porcentaje de parición (80%). Para la obtención de las expresiones de descuento se utilizó un programa de computadora específico denominado Digfe (discounted gene flow expressions) (Danell, 1978).

3.7 ÍNDICES DE SELECCIÓN

Se determinó que el criterio de selección estaba constituido por valores de cría de las siguientes características: producción de leche a 305 días (kg), producción de grasa a 305 días (kg) y producción de proteína a 305 días (kg).

Los parámetros genéticos para los cálculos se muestran en el Cuadro 23.

Cuadro 23 – Parámetros genéticos preferidos

	L ¹	G ¹	P ¹	PV
L	338,38	0,8	0,96	0,39 ²
G		12,17	0,83	0,34 ²
P			10,39	0,37 ²
PV				45,54³

Desvío estándar aditivos (en la diagonal) y correlaciones genético-aditivas (fuera de la diagonal) para kg de leche (L), kg de grasa (G), kg de proteína (P) y kg de peso vivo (PV)

¹ Fuente: INML

² Fuente: Spelman y Garrick, 1997

³ Visscher et al., 1994

Los coeficientes incluidos en el índice (b) se calcularon operando de la siguiente manera:

$$b = C_I^{-1} C_{II} v$$

C_I^{-1} : es la inversa de la matriz de varianzas y covarianzas genéticas de las características del índice

C_{II} : es la matriz de covarianzas genéticas entre las de las características del índice y las características del objetivo de selección

v: es el valor económico de las características del objetivo de selección

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 APLICACIÓN DE LA FUNCIÓN DE BENEFICIO

Con la función de beneficio detallada anteriormente, se calcularon los valores de beneficio económico para la situación base y las situaciones aumentadas en una unidad. Este procedimiento se realizó tanto para la situación actual como para los escenarios alternativos.

4.1.1 Beneficio en la situación actual

4.1.1.1 Situación Base

En la situación base, el sistema de producción produce anualmente 1.250.000 kg de leche, 43.250 kg de grasa, 41.000 kg de proteína, 95 terneros machos de 40 kg, 13 vaquillonas preñadas y 72 vacas de descarte de 570 kg (está descontado el 4% de mortalidad del rodeo en producción). Del total de la leche remitida, el 20% se cobra como leche cuota y el 80% se cobra como leche industria. El costo de alimentación está compuesto por el costo del forraje (de pastoreo directo y reservas) y el grano de maíz.

Aplicando la ecuación de beneficio para la situación base (sistema de producción con los valores actuales), el beneficio por animal es 37.29 U\$S (Anexo 8).

4.1.1.2 Situación: un kg de aumento en el peso vivo adulto

Para los cálculos del beneficio en esta situación se asumió que al aumentar el peso vivo adulto en un kg, el peso al nacimiento no se modifica y que el peso de las vaquillonas al primer parto aumenta en la misma proporción que el peso vivo adulto, es decir, pasan de 521 kg a 521.91 ($571/570=0.00175$). Además, se asumió que los requerimientos extra debido al aumento de la energía de mantenimiento del rodeo en producción se cubrían de la misma manera que en la situación base, es decir, una proporción con forraje y otra con suplemento.

Aplicando la ecuación de beneficio para esta situación, el beneficio por animal es 37.21 U\$S/kg (Anexo 9).

4.1.1.3 Situación: un litro de aumento por lactancia

Para calcular el beneficio en esta situación se asumió que sólo el 80% de los litros extras producidos por el rodeo se pagaban como leche industria, ya que el restante 20% iba a la leche cuota. Además, se asumió que los requerimientos energéticos extras necesarios para producir un litro más se cubrían de la misma manera que en la situación base.

Aplicando la ecuación de beneficio para esta situación, el beneficio por animal es 37.25 U\$S/kg (Anexo 10).

4.1.1.4 Situación: un kg de grasa de aumento por lactancia

Para calcular el beneficio en esta situación se estableció el costo energético de producir un kg de grasa en 16.0752 Mcal de EM (Wilmink, 1998 y Colleau et al., 1994, citados por Allenda, 1998). Se asumió que este requerimiento energético extra se cubría de la misma manera que en la situación base.

Aplicando la ecuación de beneficio para esta situación, el beneficio por animal es 38.5 U\$S/kg (Anexo 11).

4.1.1.5 Situación: un kg de proteína de aumento por lactancia

Para calcular el beneficio en esta situación se estableció el costo energético de producir un kg de proteína en 7.8608 Mcal de EM (Wilmink, 1998 y Colleau et al., 1994, citados por Allenda, 1998). Se asumió que este requerimiento energético extra se cubría de la misma manera que en la situación base.

Aplicando la ecuación de beneficio para esta situación, el beneficio por animal es 39.98 U\$S/kg (Anexo 12).

4.1.2 Beneficio en los escenarios alternativos

Con los distintos escenarios alternativos se pretendió observar la sensibilidad de los valores económicos a un cambio tanto en los costos (costo del alimento para cubrir requerimientos adicionales) como en los ingresos (criterios de pago de los componentes de la leche). En la situación actual y en los escenarios 3 y 5 el costo del alimento es más barato que en los escenarios

2, 4 y 6. En la situación actual y el escenario 2, la leche se paga el 20% como cuota y el 80% como industria; en el escenario 3 y 4 se paga el total de la leche como leche industria con los precios utilizados para la leche industria de la situación base; en los escenarios 5 y 6 se paga el total de la leche como leche industria con una relación de precios de proteína:grasa de 1.23:1.

En el Cuadro 24 se presentan los distintos valores del beneficio para los cinco escenarios planteados (ver detalles en el Anexo 13).

Cuadro 24 – Beneficio económico en las distintas situaciones para los 5 escenarios.

Escenario	Beneficio en situación base (U\$S/animal)	Beneficio en +1 kg PVA (U\$S/kg)	Beneficio en + litro leche (U\$S/l)	Beneficio en + 1kg grasa (U\$S/kg)	Beneficio en + 1 kg proteína (U\$S/kg)
2	37.29	37.03	37.21	38.16	38.81
3	-7.22	-7.30	-7.26	-6.63	-5.08
4	-7.22	-7.48	-7.30	-6.97	-5.24
5	161.44	161.36	161.40	163.01	163.59
6	161.44	161.18	161.37	162.67	163.42

4.2 EXPRESIONES ACUMULATIVAS DESCONTADAS

A partir de dos salidas del programa DIGFE se obtuvieron las expresiones acumulativas descontadas. Para las características de producción de leche se realizaron unos ajustes sobre la salida original con relación al número de generación en que empiezan las expresiones (ver detalle en Anexo 14), mientras que para peso vivo se realizó una operación sencilla con el valor obtenido de la salida correspondiente.

Finalmente los valores obtenidos fueron:

- Para leche, grasa y proteína: 0.5252
- Para peso vivo: 0.1791

Como era previsible, las características de producción presentaron una expresión notoriamente mayor que peso vivo, ya que éstas se expresan durante varias veces en la vida del animal y desde temprano (a partir de la primera lactancia), mientras que la otra característica lo hace una sola vez y en forma tardía.

4.3 VALORES ECONÓMICOS

En esta etapa del trabajo se definió el concepto de valor económico a tres niveles diferentes:

1) el VALOR ECONÓMICO (VE) (en términos absolutos), que se obtiene de restar el beneficio económico de la situación base al beneficio de las situaciones aumentadas,

2) el VALOR ECONÓMICO DESCONTADO (VED), que se obtiene multiplicando los valores económicos por sus correspondientes expresiones descontadas, y

3) el VALOR ECONÓMICO ESTANDARIZADO (VEE), que se obtiene al multiplicar los VED de cada característica por sus respectivos desvíos estándar genético aditivos (para poder apreciar la importancia relativa de las características se tomó a la proteína como referencia, es decir, se le asignó el valor 1 y se expresaron las otras características en función de ésta).

Cuadro 25 – Valores económicos VE, valores económicos descontados (VED) y valores económicos estandarizados (VEE) de las características de interés para la situación actual y los escenarios alternativos.

	Escenarios					
	1	2	3	4	5	6
VE peso vivo	-0,0786	-0,2602	-0,0786	-0,2602	-0,0786	-0,2602
VE leche	-0,0434	-0,0784	-0,0434	-0,0784	-0,0434	-0,0784
VE grasa	1,2097	0,8675	0,5905	0,2483	1,5653	1,2231
VE proteína	1,6868	1,5195	2,1452	1,9779	2,1452	1,9779
VED peso vivo	-0,0141	-0,0466	-0,0141	-0,0466	-0,0141	-0,0466
VED leche	-0,0228	-0,0412	-0,0228	-0,0412	-0,0228	-0,0412
VED grasa	0,6353	0,4556	0,3101	0,1304	0,8221	0,6424
VED proteína	0,8859	0,7980	1,1267	1,0388	1,1265	1,0388
VEE peso vivo	-0,07	-0,26	-0,05	-0,20	-0,05	-0,20
VEE leche	-0,84	-1,68	-0,66	-1,29	-0,66	-1,29
VEE grasa	0,84	0,67	0,32	0,15	0,85	0,72
VEE proteína	1	1	1	1	1	1

Los VE y VED están expresados en U\$S.kg⁻¹.animal⁻¹, mientras que los VEE se expresan en unidades de desvío estándar de la característica correspondiente.

Como se puede apreciar en el Cuadro 25, hay dos grupos de valores económicos bien distintos: peso vivo y producción de leche, con valores económicos negativos, y producción de grasa y proteína, con valores económicos positivos. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por los autores revisados (Groen, 1989; Visscher et al., 1994; López-Villalobos et

al., 2000), los cuales si bien varían en los valores absolutos presentan los mismos signos.

En el caso de peso vivo, los valores negativos se explican por el hecho que los requerimientos de energía de mantenimiento están directamente relacionados con el peso vivo. Por esta razón, al aumentar el peso vivo, se incrementan los costos de alimentación para cubrir los requerimientos extra de energía, y si bien, hay un aumento en los ingresos por venta de animales descartados más pesados, no alcanza para cubrir los costos extra.

Para la característica producción de leche, hay dos aspectos que interactúan para obtener el valor económico negativo: por un lado, los requerimientos energéticos para producción, y por ende los costos asociados, que dependen del nivel de producción del animal, y, por otra parte, en el sistema de pago (para cualquiera de los escenarios) se pondera negativamente el volumen de leche. A los litros remitidos como leche industria se les aplica una penalización, ya que para la planta procesadora representan un costo (de transporte), debido a que el producto de interés de esa fracción de la leche recibida son los componentes sólidos.

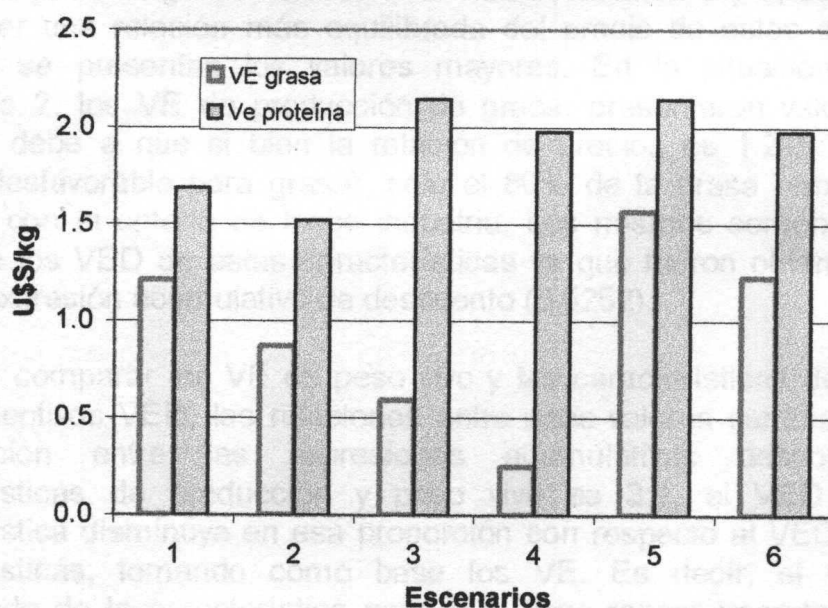
Tanto para producción de grasa como de proteína, los valores económicos fueron positivos. Esto se debe a que si bien se requiere más energía para producir cantidades adicionales de estos componentes, los costos asociados al aumento en el nivel de alimentación se vieron superados por los ingresos recibidos, debido al incremento en sólidos remitidos a la planta procesadora. En estas características, el estímulo económico de la industria es a favor del aumento de producción, al contrario de lo que ocurre con la característica anterior.

Tanto para peso vivo como para producción de leche, los VE tomaron sólo dos valores distintos: en los escenarios donde los requerimientos extra de energía se cubren con forraje y grano (situación actual, escenario 3 y escenario 5), el valor absoluto fue menor, mientras que en los escenarios donde los requerimientos extra de energía se cubren sólo con grano (escenarios 2, 4 y 6), los valores absolutos fueron mayores. Esto se debe a que el costo por unidad de energía metabolizable es más barato cuando el alimento está compuesto por forraje y grano (0.01845 U\$S/Mcal) que cuando se trata sólo de grano (0.0397 U\$S/Mcal).

Comparando entre escenarios donde varía el criterio de pago de la leche, obviamente, el VE de peso vivo no varía. Tampoco se aprecia variación en el valor económico de producción de leche.

Como se puede apreciar en el Gráfico 1, el VE de la producción de proteína superó, en todos los escenarios, al VE de la producción de grasa. Esto se debe a dos razones, relacionadas a la incidencia en los costos y en los ingresos: primero, el costo energético de producir un kg de proteína es menos de la mitad del costo energético de producir un kg de grasa; segundo, en todos los escenarios planteados, el precio recibido por la proteína, en la leche industria, es mayor al precio de la grasa. Si bien en la situación actual y en el escenario 2 existe un pago para el 20% de la grasa (leche cuota), considerando los kg remitidos de grasa y proteína, y los ingresos generados por estos componentes, el ingreso por kg de proteína es mayor que el ingreso por kg de grasa (relación 1.216:1). Esta relación (VE proteína/VE grasa mayor a 1) es coincidente con los resultados obtenidos por López-Villalobos et al. (2000) y Visscher et al. (1994). En esos trabajos, además, se hizo un análisis de sensibilidad haciendo variar la relación de precios grasa:proteína y se obtuvieron resultados similares.

Gráfico 1 – Valor económico de grasa y proteína, para la situación actual (1) y los escenarios alternativos.



En el Gráfico 1 también se puede observar que el VE de la producción de proteína fue menos variable, a través de los escenarios, que el de la producción de grasa. Los valores más altos para el VE de la producción de proteína se observaron en los escenarios 3, 4, 5 y 6, debido a que el total de la proteína remitida se cobra con el criterio de leche industria (paga proteína y grasa). En estos escenarios, el VE de producción de proteína adquirió sólo dos valores diferentes, debido a que, como el precio recibido por kg de proteína es

el mismo, sólo está influyendo en la variación el costo de la alimentación para cubrir el requerimiento extra de energía. Por lo tanto, en los escenarios donde el requerimiento energético adicional se cubre con una dieta más barata (forraje y grano), el VE es mayor. En la situación actual y en el escenario 2, los VE de producción de proteína fueron menores al resto de los escenarios. Esto se debe a que solamente el 80% de la proteína está siendo cobrada con el criterio de leche industria, mientras que por el restante 20% no se están percibiendo ingresos. A su vez, la diferencia apreciada entre estos dos escenarios, se explica por los mismos motivos que las diferencias dentro de los restantes escenarios (costo de la unidad de energía para cubrir el requerimiento adicional).

La gran variación observada del VE de la producción de grasa se explica tanto por el ingreso recibido por cada kg de grasa como por el costo de producir cada kg. Comparando dentro de cada sistema de pago, en los escenarios donde el costo de la energía adicional es mayor (escenarios 2, 4 y 6), el VE fue menor. Los valores mínimos se presentaron en los escenarios donde el sistema de pago es más desfavorable para la producción de grasa: relación de precios por kg de proteína:grasa de 2.57:1. En los escenarios 5 y 6, donde se pretendió establecer una relación más equilibrada del precio de estos dos componentes (1.23:1), se presentan los valores mayores. En la situación actual y en el escenario 2, los VE de producción de grasa, presentaron valores intermedios. Esto se debe a que si bien la relación de precios es 1.216:1 (es la relación menos desfavorable para grasa), sólo el 80% de la grasa remitida está siendo cobrada con el criterio de leche industria. Los mismos comentarios se pueden hacer de los VED de estas características ya que fueron obtenidos mediante la misma expresión acumulativa de descuento (0.5252).

Al comparar los VE de peso vivo y las características de producción con sus respectivos VED, las relaciones entre esos valores cambian. Debido a que la relación entre las expresiones acumulativas descontadas de las características de producción y peso vivo es 3:1, el VED de esta última característica disminuye en esa proporción con respecto al VED del resto de las características, tomando como base los VE. Es decir, el valor económico descontado de la característica peso vivo tiene menor importancia relativa que el valor económico hallado en primera instancia.

Los VED están expresados en distintas unidades. Si bien todos lo hacen en dólares americanos por animal, están referidos a las unidades en que se presentan las características: kg de peso vivo, kg de leche, kg de grasa y kg de proteína. Para compararlos, es necesario estandarizar los VED multiplicándolos por el desvío estándar genético aditivo (ver Cuadro 23). De esta manera quedan todos expresados en U\$S/animal y se pueden establecer relaciones

entre ellos, como por ejemplo tomar como base 1 a la proteína. Estos VEE así obtenidos son parcialmente comparables con los encontrados por otros autores (Cuadro 2) ya que éstos trabajaron con la característica volumen de leche (volumen = leche – sólidos). Igualmente se puede apreciar que el VEE de producción de grasa es menor que el de producción de proteína en los dos trabajos. En el Cuadro 25 se puede apreciar que el VEE de la producción de leche supera en valor absoluto al de producción de proteína en algunos escenarios.

4.4 IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS RASGOS BIOLÓGICOS

Para poder analizar la importancia relativa de los rasgos biológicos incluidos en el objetivo de selección se recurrió a la expresión de la variación económica-genética (Urioste et al., 1998). La definición de este nivel de comparación es similar a la utilizada para calcular los valores económicos estandarizados:

$$V_{E-Gi} = |VE_i| \cdot \sigma_{Ai}$$

donde,

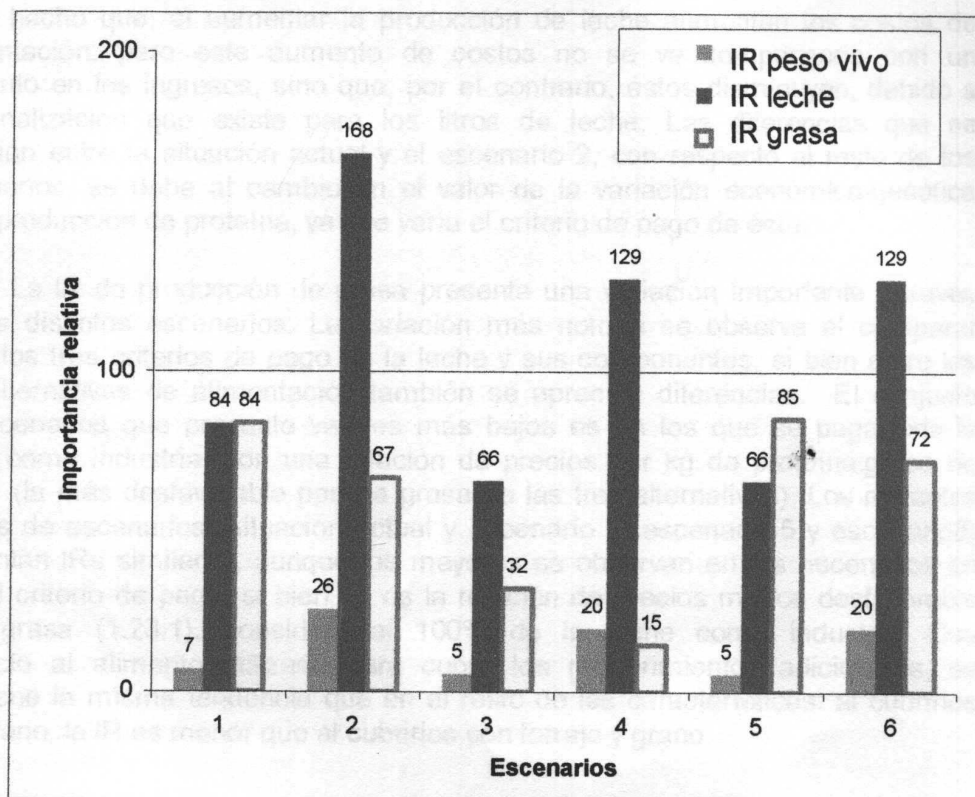
V_{E-Gi} : variación económica-genética de la característica i (U\$S)

$|VE|$: valor económico de la característica i en valor absoluto (U\$S/unidad)

σ_{Ai} : desvío estándar aditivo de la característica i (expresada en las mismas unidades que la característica i)

Si se toma a la proteína como base 100 y el resto de las características se expresan en relación a ésta, se puede apreciar la importancia relativa (IR) de cada característica a lo largo de los escenarios. En el Gráfico 2 se muestran estas relaciones.

Gráfico 2 – Importancia relativa de los rasgos biológicos (variación económica-genética de proteína = 100)



En el Gráfico 2 se puede apreciar que peso vivo fue el que presentó menor variación en su importancia relativa, referida a la proteína. Sus valores oscilaron entre 5 y 26, dependiendo básicamente del tipo de alimento que se utiliza para cubrir los requerimientos adicionales. En los escenarios donde el criterio de pago de la proteína es el mismo (3, 4, 5 y 6), la IR de peso vivo adquirió sólo dos valores, los cuales cambiaron con el alimento suministrado para cubrir los requerimientos extra debido al aumento en peso vivo. En la situación actual y en el escenario 2 hubo una pequeña variación con respecto al resto de los escenarios, debida únicamente a que cambió el valor de la variación económica-genética de la proteína, puesto que el criterio de pago es distinto al resto de los escenarios.

La IR de producción de leche presentó variaciones importantes entre los distintos escenarios. Comparando dentro de cada criterio de pago de la leche y sus componentes, en los escenarios donde el requerimiento adicional se cubre con grano (dieta más cara), las IR fueron el doble que en los escenarios donde los requerimientos adicionales se cubren con forraje y grano. Inclusive, superan en importancia relativa a la proteína. La explicación de estos resultados radica

en el hecho que, al aumentar la producción de leche aumentan los costos de alimentación, pero este aumento de costos no se ve compensado con un aumento en los ingresos, sino que, por el contrario, éstos disminuyen, debido a la penalización que existe para los litros de leche. Las diferencias que se aprecian entre la situación actual y el escenario 2, con respecto al resto de los escenarios, se debe al cambio en el valor de la variación económica-genética de la producción de proteína, ya que varía el criterio de pago de ésta.

La IR de producción de grasa presenta una variación importante a través de los distintos escenarios. La variación más notoria se observa al comparar entre los tres criterios de pago de la leche y sus componentes, si bien entre las dos alternativas de alimentación también se aprecian diferencias. El conjunto de escenarios que presenta valores más bajos es en los que se paga toda la leche como industria, con una relación de precios por kg de proteína:grasa de 2.57:1 (la más desfavorable para la grasa de las tres alternativas). Los restantes grupos de escenarios (situación actual y escenario 1; escenario 5 y escenario 6) presentan IRs similares, aunque los mayores se observan en los escenarios en que el criterio de pago, si bien no es la relación de precios menos desfavorable para grasa (1.23:1), considera el 100% de la leche como industria. Con respecto al alimento utilizado para cubrir los requerimientos adicionales, se mantiene la misma tendencia que en el resto de las características: al cubrirlos con grano, la IR es menor que al cubrirlos con forraje y grano.

4.5 CORRELACIÓN ENTRE OBJETIVOS

Con los VED calculados y la matriz de varianzas-covarianzas de las características incluidas en el objetivo se obtuvieron las correlaciones entre los distintos objetivos, con el fin de observar la similitud entre objetivos. Los resultados se muestran en el Cuadro 26.

Cuadro 26 – Correlación entre objetivos.

	Escenarios					
	1	2	3	4	5	6
1	-	0.2406	0.9778	-0.0645	0.9944	0.8180
2		-	0.1635	0.9076	0.1381	0.7541
3			-	-0.0742	0.9817	0.7607
4				-	-0.1607	0.4983
5					-	0.7542
6						-

Como se puede apreciar, las correlaciones calculadas entre los distintos objetivos (escenarios) asumieron un amplio rango de valores. Existen tanto

valores muy cercanos a 1 como valores negativos, aunque bastante cercanos a 0. Las correlaciones entre objetivos de selección muestran el grado de similitud entre éstos.

Existe en grupo de escenarios entre los cuales hay una correlación positiva y alta. Éstos son los que presentan el costo por unidad energética del alimento requerido para cubrir los requerimientos adicionales menores (escenarios 1, 3 y 5), a pesar de que el criterio de pago de la leche es distinto. El otro grupo de escenarios (donde el costo de la unidad de energía para cubrir los requerimientos adicionales es el mismo pero más caro), si bien presenta correlaciones positivas, éstas asumen valores muy diferentes.

Por otra parte, al comparar entre escenarios donde el criterio de pago de la leche es el mismo pero varía el costo del alimento para cubrir los requerimientos adicionales (1 vs 2, 3 vs 4 y 5 vs 6), las correlaciones encontradas no son similares entre sí. El mismo comentario se puede hacer con el resto de las comparaciones posibles. A su vez, se puede apreciar que las correlaciones entre el escenario 4 vs 1, 3 ó 5 es negativa y baja.

Al observar el Gráfico 2 se podía esperar este tipo de resultados ya que la altura de las barras (IR) para los distintos escenarios varían notablemente entre algunos. Estas diferencias importantes en las correlaciones probablemente se expliquen por la gran variación de la importancia relativa de la característica grasa. Debido a que los distintos escenarios varían en la estructura de los costos e ingresos marginales, la característica que varía más es la más sensible a estos cambios. Para la característica grasa se aprecia una variación muy notoria debido a dos razones: 1) energéticamente es más costosa que la proteína, y por lo tanto, un aumento en los costos del alimento va a reducir en forma importante su valor económico, y 2) a lo largo de los escenarios el precio recibido por kg de grasa varía en forma importante (relación de precios proteína:grasa de 2.57:1 hasta 1.21:1).

4.6 ÍNDICE DE SELECCIÓN

A partir de los valores económicos desocntados obtenidos se calcularon los coeficientes de regresión (bi) para el índice de selección (I). Los valores para los coeficientes que se deben aplicar a los DEPs de (L), grasa (G) y proteína (P) en la situación actual son:

$$I = - 0.0236 \times DEPL + 0.6300 \times DEPG + 0.8943 \times DEPP$$

Para el resto de los escenarios alternativos los coeficientes calculados siguieron tendencias similares a los valores económicos descontados (detalles en Anexo 14).

Los coeficientes para los DEPs de producción de leche asumieron sólo dos valores distintos, que variaban entre los escenarios con diferente costo del alimento par cubrir los requerimientos adicionales.

En este caso también la característica grasa fue la más variable a través de los escenarios, siendo en todos los casos menor que los coeficientes de la proteína, manteniendo la tendencia de los VED. Por el contrario, los coeficientes de regresión para los DEPs de la característica proteína fueron los que presentaron valores mayores y menos variables a través de los escenarios.

Las correlaciones entre el índice de la situación actual y los índices de los escenarios 2, 3, 4, 5 y 6 resultaron ser 0.2337, 0.9777, -0.0963, 0.9946 y 0.8344, respectivamente. Como se puede apreciar, la correlación entre los índices siguió el mismo patrón que la correlación entre los objetivos, inclusive los valores son muy similares. A su vez, los resultados sugieren que al utilizar el índice del escenario 1 para los escenarios 3 y 5 prácticamente no hay pérdida de eficiencia, mientras que al utilizarlo, por ejemplo, para el escenario 2 habría una pérdida importante de eficiencia.

Para conocer la eficiencia de cada índice en mejorar el objetivo de selección se calcularon las correlaciones entre el índice de cada escenario con su respectivo objetivo. Las correlaciones fueron 0.9980, 0.9369, 0.9972, 0.9235, 0.9991 y 0.9593 para los escenarios 1, 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente.

Las correlaciones encontradas son todas altas y positivas. Esto se justifica por el hecho que las características incluidas en el índice están también incluidas en el objetivo, y además, el número de características incluidas en el objetivo supera en uno a las características incluidas en el índice (sólo quedó fuera peso vivo). Por lo tanto, al aplicar estos índices en las situaciones que corresponda (al escenario 1 el índice 1, y así sucesivamente) se esperaría una alta eficiencia para mejorar el objetivo de selección respectivo.

5 CONCLUSIONES

Aplicando la metodología propuesta por distintos autores es posible desarrollar objetivos de selección para sistemas de producción lecheros. Como primer paso del trabajo es necesaria una definición completa del sistema de producción, la cual es llevada a cabo mediante la descripción ordenada de los componentes, interacciones, niveles y límites de dicho sistema.

En concordancia con los autores revisados (Groen, 1989; Visscher, 1994, por citar algunos) los valores económicos de leche y peso vivo asumieron valores económicos negativos, mientras que grasa y proteína presentaron valores económicos positivos, si bien peso vivo tuvo menor importancia que la encontrada en los trabajos realizados en Nueva Zelandia y Australia. Para el caso de peso vivo el valor negativo se debe a que el costo marginal asociado al alimento de las vacas lactantes excede el aumento marginal de los ingresos obtenidos por la venta de la vaca de descarte. Para el caso de la producción de leche, los litros remitidos sufren una penalización en el pago por parte de la industria, por lo cual al aumentar los litros remitidos hay una disminución en los ingresos. Si bien existe una correlación genética positiva entre producción de leche y los componentes sólidos, el valor económico se calcula dejando el resto de las características en sus valores medios.

A su vez, coincidiendo con los resultados revisados, el valor económico de la producción de proteína supera en todos los casos al de producción de grasa. Para explicar esto se debe recurrir a la definición de objetivos de selección: combinación de características que tienen importancia en la eficiencia de producción, ya sea que influyan en los costos o en los ingresos. La proteína supera a la grasa en los dos aspectos que inciden en la eficiencia de producción: el precio por kg es mayor y el costo energético (del alimento) por kg es menor. Debido a que este último aspecto biológico no es modificable, es de suponer que un cambio importante en la relación de precios de los componentes modifique la importancia económica relativa de éstos. Por otra parte, la importancia relativa de la producción de leche supera en algunos casos a la de proteína, mientras que la importancia relativa de peso vivo es de 4 a 20 veces menor que esta última característica (tanto producción de leche como peso vivo tienen valor económico negativo).

Los objetivos de selección son sensibles a los cambios en la composición de los costos e ingresos, como quedó demostrado a partir de su variación importante entre los distintos escenarios. El índice de selección permite detectar los animales más rentables para el sistema de producción.

6 CONSIDERACIONES FINALES

La composición de la leche puede ser alterada en el corto plazo por prácticas de manejo y alimentación, sin embargo la alteración de la composición de la leche por selección genética puede llevar un tiempo considerable. Por lo tanto, las señales del mercado que reciben los productores en cuanto a la importancia relativa de los componentes de la leche, deberían incluir elementos para predecir lo que se espera en el futuro, para asegurar un objetivo de mejoramiento en el largo plazo.

La importancia de determinar un índice a partir de objetivos de selección definidos para condiciones de producción locales, podría aumentar la eficiencia de producción de las empresas lecheras, si el costo de medir las características fuera menor que el ingreso adicional que se percibiera por el progreso genético estimado, debido a que, en los países de donde proviene el semen utilizado en Uruguay existen objetivos distintos, por lo tanto, el mejoramiento genético logrado en sus reproductores apunta en otra dirección.

Una alternativa para continuar este trabajo radicaría en determinar posibles canastas de productos de importancia y, a partir de ellos, determinar "hacia atrás" el precio que deberían recibir los componentes, según su importancia relativa en los precios de los productos y sus costos de procesamiento, y utilizar estos valores para recrear los escenarios alternativos. A su vez, el análisis de sensibilidad factible de realizar constaría de simular escenarios donde los precios de los productos y de los factores de producción aumentarían y/o disminuirían en cierto porcentaje. Otra posible vía de investigación sería desarrollar objetivos de selección donde se incluyeran los posibles efectos de la selección por producción de leche en la performance reproductiva, el la longevidad productiva, y la incidencia de enfermedades y calidad de la leche.

En este trabajo se definió el tamaño del sistema dejando fijo el número de animales, pero hay otras alternativas, como por ejemplo, dejar fijo un factor de producción (Visscher et al., 1994 y López-Villalobos et al., 2000 dejan fija la disponibilidad de alimento). Sería interesante ver la influencia de la definición del tamaño del sistema y también del objetivo a maximizar, en los valores económicos del objetivo de selección.

7 RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron: definir un sistema de producción lechero, determinar el objetivo de selección para dicho sistema, observar la sensibilidad de dicho objetivo a la variación en los precios de los productos y/o insumos (escenarios alternativos) y calcular los respectivos índices de selección.

Para determinar el objetivo de selección se siguieron las siguientes etapas: 1) definición del sistema de producción, 2) identificación de las fuentes de ingresos y costos, 3) determinación de las características biológicas que afectan ingresos y costos, y 4) determinación del valor económico relativo de cada característica. En términos generales, se asumió un tambo con animales de raza Holando, con un promedio de 5000 kg de leche corregida a 305 días, que remite el total de la leche producida a una planta procesadora. Además, basa la alimentación del rodeo en praderas, verdeos y concentrado, logra un porcentaje de parición de 80%, y el peso vivo adulto es 570 kg.

Los valores económicos descontados obtenidos para la situación actual fueron -0.0228 , 0.6353 , 0.8859 y -0.0141 (U\$S kg^{-1} animal $^{-1}$) para producción de leche, grasa, proteína y peso vivo, respectivamente. Los valores económicos de producción de leche y peso vivo sólo asumieron dos valores distintos a lo largo de los escenarios, dependiendo del tipo de alimento utilizado. La producción de grasa fue la característica que presentó más variación en los distintos escenarios, siendo influenciada en forma importante tanto por el alimento utilizado como por el sistema de pago. En todos los escenarios la característica producción de proteína dio los valores absolutos más altos.

Al calcular la variación económica-genética y tomando a la proteína como valor de referencia se observó que la característica producción de grasas adquirió valores de importancia relativa menores que la proteína (menores a 100) y éstos fueron muy variables a lo largo de los escenarios.

El índice de selección por valor genético incluyó las características producción de leche, grasa y proteína. Los valores que tomaron los coeficientes de dicho índice fueron -0.0236 , 0.6300 y 0.8943 , respectivamente.

Dada la definición del objetivo de selección, variaciones en los precios de los productos y/o los factores de producción llevan a cambios en la importancia relativa de las características que influyen en la eficiencia de producción.

8 SUMMARY

The objectives of this work were: to define a dairy production system, to determine a breeding objective for the defined system, to analyze the sensitivity of breeding objective to variations in costs and incomes (alternative scenarios) and to calculate the respective selection indexes.

Next steps were followed to determine the breeding objective: 1) definition of the production system, 2) identification of the sources of income and cost, 3) determination of the biological traits affecting income and cost, and 4) derivations of the economic values of each trait. In broad terms, it was assumed a dairy farm with Hostein breed animals, with a milk average production of 5000 kg corrected at 305 days, that sells all its production to a industry. In addition, the herd was feeded with pastures and concentrated, had a calving percentage of 80%, and the mature body weight was 570kg.

The obtained discounted economic values for the current situation were -0.0228 , 0.6353 , 0.8859 and -0.0141 (U\$S kg^{-1} animal⁻¹), respectively. Milk production's and mature body weight's discounted economic values only assumed two different values for the different scenarios depending on the kind of feed. Fat production was the most variable trait for the different scenarios, being strongly influenced by the kind of feed as well as by the payment system. Protein production showed the highest values for all scenarios.

Fat production showed the most variable values for the different scenarios when the economic-genetic variation was calculated (protein value was considered constant and equal to 100). Fat production always showed smaller values than protein values.

Genetic values for milk, fat and protein production were included in the selection index. The current situation's coefficients were -0.0236 , 0.6300 and 0.8943 respectively.

Changes in the relative importance of traits that influence production efficiency were observed when product and/or feed prices vary, according to the definition of breeding objectives.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. AFRC. 1993. Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes. Primera edición. Zaragoza (España). Acribia. 175 p.
2. CARDELLINO, R. y ROVIRA, J. 1987. Mejoramiento genético animal. Primera edición. Montevideo. Hemisferio Sur S.R.L. 253 p.
3. CARDOZO, V.L.; VERCESI FILHO, A.E.; NOGUEIRA, J.R. and LIMA N.C. 2002. Breeding goals and economic values for pasture based milk production systems in the southeast region of Brazil. *In* World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (7º., 2002, Montpellier) Proceedings 33. Montpellier, INRA-CIRAD. pp. 307-310
4. CHARFFEDINE, N. y ALENDA, R. 1998. Estimación de pesos económicos y elaboración de un índice de selección por mérito económico global. Madrid, España. E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica. mimeo 38 p.
5. DANELL, O. 1978. Users's guide to DIGFE. Report 29, Dept. Anim. Bdng. and Genet., Uppsala, Sweden.
6. DEKKERS, J.C.M. 1994. Optimal breeding strategies for calving ease. *Journal of Dairy Science* 77: 3441-3453
7. _____. 2002a. Deriving economic weights.
http://www.anslab.iastate.edu/Class/Ans652X/Notes_pdf/Chapter%207.pdf
8. _____. 2002b. Economic Selection Indexes.
http://www.anslab.iastate.edu/Class/Ans652X/Notes_pdf/Chapter%206.pdf
9. DEKKERS, J.C.M. and GIBSON, J.P. 1998. Applying breeding objectives to dairy cattle improvement. *Journal of Dairy Science* 83: 19-35
10. GARRICK, D. 2002. Accounting for feed costs in improvement programmes for grazed dairy cattle. *In* World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (7º., 2002, Montpellier) Proceedings 29. Montpellier, INRA-CIRAD. pp. 195-198
11. GIBSON, J.P. 1989a. Altering milk composition through genetic selection. *Journal of Dairy Science* 72: 2815-2825

12. _____. 1989b. Economic weights and index selection of milk production traits when multiple production quotas apply. *Animal Production* 49: 171-181
13. GODDARD, M.E. 1998. Consensus and debate in the definition of breeding objectives. *Journal of Dairy Science* 81: 6-18
14. GROEN, A.F., 1989. Cattle breeding goals and production circumstances. Tesis Ph. D. Wageningen, Holanda, Department of animal breeding, Waweningen Agricultural University. pp. 11 – 70
15. GROEN, A.F. and RUYTER, T.P.L. 1990. Derivation of economic values of milk production traits: a literature review. *In World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (4º, 1990, Edinburgh) Proceedings* 14. Edinburgh, Hill, W.G.; Thompson, R. and Woolliams, J.A. pp. 191-194
16. HARRIS, D.L.; STEWART, T.S. and ARBOLEDA C.R. 1984. Animal breeding programs: systematic approach to their design. U.S. Department of Agriculture. *Advances in Agricultural Technology* no. 8. 13 p.
17. INSTITUTO NACIONAL PARA EL MEJORAMIENTO LECHERO. 2003. Informe de evaluación genética Holando 2003. Montevideo, INML, 19 p.
18. JAMES, J. W. 1982. Construction, uses, and problems of multitrait selection indices. *In World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (2º, 1982, Madrid) Proceedings* 5. Madrid. 130-139
19. JORNADA DE INFORMACIÓN ECONÓMICA EN LECHERÍA (8ª, 2002, La Estanzuela) Montevideo, CREA. 18 p.
20. _____. (7ª, 2001, Florida) Montevideo, CREA. 16 p.
21. _____. (6ª, 2000, San José) Montevideo, CREA. 13 p.
22. _____. (5ª, 1999, San José) Montevideo, CREA. 10 p.
23. LEBORGNE, R. 1983. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. 2ª edición corregida. Montevideo. Hemisferio Sur. 53 p.
24. LOPEZ-VILLALOBOS, N. and GARRICK, D. J. 2002. Economic heterosis and breed complementarity for dairy cattle in New Zealand. *In World*

Congress on Genetics Applied to Livestock Production (7^o, 2002, Montpellier) Proceedings 29. Montpellier, INRA-CIRAD. pp. 199-202

25. LOPEZ-VILLALOBOS, N.; GARRICK, D.J.; HOLMES, C.W.; BLAIR, H.T. and SPELMAN, R.J. 2000. Profitabilities of some mating systems for dairy herds in New Zealand. *Journal of Dairy Science*. 83: 144-153
26. Mc CLINTOCK, A.E. and CUNNINGHAM, E.P. 1974. Selection in dual purpose cattle populations: defining the breeding objective. *Animal Production*. 18: 237-247
27. MGAP. ESTADISTICAS AGROPECUARIAS (DIEA). 2002. Boletín de precios 2002.
<http://www.mgap.gub.uy/Diea/Boletines/BOAnuario2002/BOAnuario2002.htm>
28. _____. 2001. Boletín de precios 2001.
http://www.mgap.gub.uy/Diea/Boletines/BOAnuario2001/BO_Anuario01.htm
29. _____. 2000. Boletín de precios 2000.
http://www.mgap.gub.uy/Diea/Boletines/BOAnuario00/BO_Anuario00.htm
30. _____. 2000. Censo General Agropecuario 2000.
http://www.mgap.gub.uy/Diea/CENSO2000/censo_general_agropecuario_2000.htm
31. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. SUBCOMMITTEE ON DAIRY CATTLE NUTRITION. 1988. Nutrient requirements of dairy cattle. 6^a Edición. Washington D.C. National Academy Press. 157p.
32. PONZONI, R.W., 1992. Genetic improvement of hair sheep in the tropics. FAO Animal Production and Health paper 101. FAO, Rome, 168 pp.
33. SPELMAN, R.J. and GARRICK, D.J. 1997. Effect of live weight and differing economic values on responses to selection for milk fat, protein, volume, and live weight. *Journal of Dairy Science*. 80: 2557-2562
34. SIMM, G. 1998. Genetic Improvement of Cattle and Sheep. 1^a Edición. Reino Unido, Farming Press. 433 p.

35. STEVERINK, M.H.A.; GROEN, A.F. and BERENTSEN P.B.M. 1994. The influence of enviromental policies for dairy frams on dairy cattle breeding goals. *Livestock Production Science*. 40: 251-261
36. VAN ARENDONK, J.A.M. and BRASCAMP, E.W. 1990. Economic considerations in dairy cattle breeding. *In* World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (4^o, 1990, Edinburgh) Proceedings 14. Edinburgh, Hill, W.G.; Thompson, R. and Woolliams, J.A. pp. 78-85
37. VISSCHER, P.M.; BOWMAN, P.J. and GODDARD, M.E. 1994. Breeding objectives for pasture based dairy production systems. *Livestock Production Science*. 40: 123 -137
38. URIOSTE, J. I.; PONZONI, R.W.; AGRUIRREZABALA, M.; ROVERE, G. and SAAVEDRA, D. 1998. Breeding objectives for pasture-fed Uruguayan beef cattle. *Journal Animal Breeding and Genetic* 115: 357-373.

10 ANEXOS

Anexo 1 – Producción estacional de materia seca según tipo de forraje.

	Producción estacional (kg materia seca)				Producción anual (kg materia seca /ha)
	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	
Pradera 1º	0	1260	3240	1500	6000
Pradera 2º	1980	1800	3870	1350	9000
Pradera 3º	1081	893	2726	0	4700
Av+Rg	1260	1740	0	0	3000
SoFo	1620	0	0	4380	6000
Mz Silo	0	0	0	8500	8500

Anexo 2 – Porcentaje de utilización estacional de los distintos tipos de forraje

	% Utilización estacional			
	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO
Pradera 1º		63	54	54
Pradera 2º	63	63	54	54
Pradera 3º	63	63	54	
Av+Rg	63	63		
SoFo	36			54
Mz Silo				85

Anexo 3 – Corrección del factor 0.82.

dMS	factor
45	0.79
50	0.80
55	0.81
60	0.81
65	0.82
70	0.83
75	0.83
80	0.84
85	0.85

dMS = digestibilidad de MS

Anexo 4 – Costos fijos por categoría para cuatro ejercicios.

	Costos por ejercicio (U\$S/año)			
	1998 – 1999	1999 - 2000	2000 - 2001	2001 - 2002
Administración	24909	19740	22150	22140
Depreciación	8740	6720	5316	5940
Mejoras	5681	4200	4430	4860
Vehículo	0	4620	4430	4320
Impuestos	6992	5040	4873	5940
TOTAL	46332	40320	41199	43200

Fuente: FUCREA

Anexo 5 – Composición de los costos de cada tipo de forraje.

Insumo	Pp ₁ °	Pp ₂ °	Pp ₃ °	Av + Raigrás	SoFo	Mz.silo
Excéntrica	0	0	0	0	0	20
Cinzel	0	0	0	0	0	20
Rastra de dientes	0	0	0	0	0	16
Sembradora	20	0	0	20	20	20
Fertilizadora	7	0	0	14	0	7
Fumigadora	16	0	0	24	24	8
Rotativa	0	10	10	0	0	0
Ensilado	0	0	0	0	0	150
Semillas	45.5	0	0	66	12.5	69
Fertilizantes	60.5	22	0	52.4	32.4	60.5
Herbicidas	24	0	0	31.1	30.25	18.5
COSTO TOTAL (U\$S/ha)	173	32	10	207.5	119.15	389

Fuente: CIPIL

Anexo 6 - Composición del costo del mejoramiento en cobertura.

Insumo	U\$S/ha
Fertilizadora	7
Fumigadora	16
Sembradora	21
Semillas	42
Fertilizante	41
Herbicida	24
COSTO TOTAL/ha	151
COSTO ANUAL/ha	50.3

Anexo 7 – Resto de los costos variables por categoría para cuatro ejercicios.

	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002
Trabajo	149.6	138	132.5	116.9
Energía		25.6	25.8	24.1
Inseminación	16.2	13.6	13.8	10.3
Higiene tambo	12.6	8.5	12.0	8.6
Sanidad	30.6	25.6	27.5	
Otros	36.1	20.5	8.6	10.3
Total (U\$S/VM)	245.2	231.7	220.3	170.1

Fuente: FUCREA

Anexo 8 – Ecuación de beneficio de la situación base

$$B = \frac{1}{250} \left[\left((1250000 \times 0.8 \times (-0.0125)) + (43250 \times 0.2 \times 3.98 + 43250 \times 0.8 \times 0.89) + \right) - (4162.8 + 11918.2 + 73284.1 + 54207.4) \right]$$

Anexo 9 – Ecuación de beneficio de la situación +1 kg PV adulto

$$B = \frac{1}{250} \left[\left((1250000 \times 0.8 \times (-0.0125)) + (43250 \times 0.2 \times 3.98 + 43250 \times 0.8 \times 0.89) + \right) - (4162.8 + 11930 + 73323.46 + 54207.4) \right]$$

Anexo 10 – Ecuación de beneficio de la situación +1 litro de leche

$$B = \frac{1}{250} \left[\left((1250250 \times 0.8 \times (-0.0125)) + (43250 \times 0.2 \times 3.98 + 43250 \times 0.8 \times 0.89) + \right) - (4162.8 + 11918.2 + 73291.74 + 54207.4) \right]$$

Anexo 11 – Ecuación de beneficio de la situación +1 kg de grasa

$$B = \frac{1}{250} \left[\left((1250000 \times 0.8 \times (-0.0125)) + (43500 \times 0.2 \times 3.98 + 43500 \times 0.8 \times 0.89) + \right) - (4162.8 + 11918.2 + 73358.27 + 54207.4) \right]$$

Anexo 12 – Ecuación de beneficio de la situación +1 kg de proteína

$$B = \frac{1}{250} \left[\left((1250000 \times 0.8 \times (-0.0125)) + (43250 \times 0.2 \times 3.98 + 43250 \times 0.8 \times 0.89) + \right) - (4162.8 + 11918.2 + 73320.39 + 54207.4) \right]$$

Anexo 13 – Composición del beneficio en las distintas situaciones para cada escenario (US\$)

		Penalización						Costos de alimentación	Resto de los costos
		Ingresos por litros	Ingresos por grasa	Ingresos por proteína	Ingresos por terneros	Ingresos por vaquillonas	Ingresos por descartes		
Escenario 2	Situación base	-12500	65145	75125	2661.7	4550.0	17907.1	89365.1	54207.4
	Situación + 1 kg PVA	-12500	65145	75125	2661.7	4550.0	17938.6	89461.6	54207.4
	Situación + 1 l leche	-12502.5	65145	75125	2661.7	4550.0	17907.1	89381.5	54207.4
	Situación + 1 kg grasa	-12500	65522.5	75125	2661.7	4550.0	17907.1	89524.8	54207.4
	Situación + 1 kg proteína	-12500	65145	75575	2661.7	4550.0	17907.1	89443.2	54207.4
	Situación base	-15625	38370	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89365.1	54207.4
Escenario 3	Situación + 1 kg PVA	-15625	38370	93900	2661.7	4550.0	17938.6	89416.3	54207.4
	Situación + 1 l leche	-15627.5	38370	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89372.7	54207.4
	Situación + 1 kg grasa	-15625	38590	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89439.3	54207.4
	Situación + 1 kg proteína	-15625	38370	94475	2661.7	4550.0	17907.1	89401.4	54207.4
	Situación base	-15625	38370	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89365.1	54207.4
	Situación + 1 kg PVA	-15625	38370	93900	2661.7	4550.0	17938.6	89461.6	54207.4
Escenario 4	Situación + 1 l leche	-15627.5	38370	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89381.5	54207.4
	Situación + 1 kg grasa	-15625	38590	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89524.8	54207.4
	Situación + 1 kg proteína	-15625	38370	94475	2661.7	4550.0	17907.1	89443.2	54207.4
	Situación base	-15625	80535	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89365.1	54207.4
	Situación + 1 kg PVA	-15625	80535	93900	2661.7	4550.0	17938.6	89416.3	54207.4
	Situación + 1 l leche	-15627.5	80535	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89372.7	54207.4
Escenario 5	Situación + 1 kg grasa	-15625	81000	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89439.3	54207.4
	Situación + 1 kg proteína	-15625	80535	94475	2661.7	4550.0	17907.1	89401.4	54207.4
	Situación base	-15625	80535	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89365.1	54207.4
	Situación + 1 kg PVA	-15625	80535	93900	2661.7	4550.0	17938.6	89461.6	54207.4
	Situación + 1 l leche	-15627.5	80535	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89381.5	54207.4
	Situación + 1 kg grasa	-15625	81000	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89524.8	54207.4
Escenario 6	Situación + 1 kg proteína	-15625	80535	94475	2661.7	4550.0	17907.1	89443.2	54207.4
	Situación base	-15625	80535	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89365.1	54207.4
	Situación + 1 kg PVA	-15625	80535	93900	2661.7	4550.0	17938.6	89461.6	54207.4
	Situación + 1 l leche	-15627.5	80535	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89381.5	54207.4
	Situación + 1 kg grasa	-15625	81000	93900	2661.7	4550.0	17907.1	89524.8	54207.4
	Situación + 1 kg proteína	-15625	80535	94475	2661.7	4550.0	17907.1	89443.2	54207.4

PVA: peso vivo adulto

Anexo 14 – Coeficientes para los índices de los 5 escenarios alternativos

Características	Escenarios				
	2	3	4	5	6
Leche	-0.0440	-0.0236	-0.0440	-0.0236	-0.0440
Grasa	0.4379	0.3048	0.1127	0.8168	0.6247
Proteína	0.8258	1.1350	1.0666	1.1350	1.0666