



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EFICIENCIA BIOLÓGICA DEL FRISÓN NEOZELANDÉS (FN) Y DEL F₁ (*Jersey*
X Frisón Neozelandés) EN CONDICIONES DE PASTOREO.**

CRISTIAN ANDRÉS GUTIÉRREZ PÉREZ

SANTIAGO, CHILE

2006

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

EFICIENCIA BIOLÓGICA DEL FRISÓN NEOZELANDÉS (FN) Y DEL F₁ (<i>Jersey</i> <i>X Frisón Neozelandés</i>) EN CONDICIONES DE PASTOREO.

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo
Mención: Producción Animal.

CRISTIAN ANDRÉS GUTIÉRREZ PÉREZ

PROFESORES GUÍAS	Calificaciones:
Sr. Humberto González V. Ingeniero Agrónomo, M.S.	6,5
Sr. Héctor Manterola B. Ingeniero Agrónomo, M.S.	7,0
PROFESORES CONSEJEROS	
Sr. Juan Carlos Magofke. Ingeniero Agrónomo, M.S.	6,5
Sra. Susana Muñoz M. Ingeniero Agrónomo, M.S.	6,0

SANTIAGO, CHILE

2006

AGRADECIMIENTOS

Cuando llegas al final del camino, después de haber recorrido un largo tramo, es grato detenerse, mirar a tu alrededor y ver que tus objetivos están cumplidos. Esto no hubiera sido posible sin la ayuda de personas que te ayudaron en algún momento a darte aliento, apoyarte en los momentos difíciles y que en algún momento compartieron su sabiduría y compañía, para que tu viaje fuera más agradable y cómodo.

Mi más sincero y explícito agradecimiento es a Dios, por haberme dado la oportunidad, el espíritu y su protección para poder desempeñar sin problema este trabajo. En segundo lugar a mis padres, por darme el apoyo, sacrificio, esfuerzo y preocupación en este caminar. A mis hermanos que desde donde se encontrasen, me prestaron su apoyo y cariño, y especialmente a Claudia que fue siempre un pilar importante en este caminar, ofreciéndome su dedicación, cariño, apoyo, ánimo, sabiduría, consejos y compañía, en todo tipo de situaciones.

A mis profesores guías y colaboradores, Humberto González, Héctor Manterola, Juan Carlos Magofke y Susana Muñoz, que con sus esfuerzos, consejos, comentarios y acotaciones lograron que todo el esfuerzo tuviera sus frutos.

Existen muchas personas que estuvieron conmigo y que ayudaron a que este proceso no fuera tan difícil, gracias a todos, en especial, Sra. Claudia Mella, al personal de Oromo, compañeros de mención, a Sitzy, familiares y a muchos que no quedaron explícitamente nombrados en este texto pero que estaré por siempre agradecido de su cooperación.

A todos ustedes muchas gracias.

Cristian

INDICE

RESUMEN	1
Palabras clave	2
ABSTRACT	3
Key words	4
INTRODUCCIÓN	5
Hipótesis	6
Objetivos específicos	6
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
Antecedentes generales	7
Características productivas de la raza <i>Jersey</i>	8
Heterosis o vigor híbrido	11
Cruzamientos en Ganado Lechero	12
Utilización de los cruzamientos en sistemas pastoriles	14
Metabolismo Energético	18
Concepto Energético	18
Partición de la energía en el animal	19
Procesos metabólicos	19
Evaluación de la Energía Bruta y Metabolizable	20
Metabolicidad del alimento	21
Eficiencia de utilización de la Energía Metabolizable	21
Requerimientos de Energía Metabolizable	22
Requerimientos de Proteína Bruta	23

MATERIALES Y MÉTODOS	25
Materiales	25
Lugar del estudio	25
Duración	26
Animales	26
Alimentación	26
Instalaciones e Implementos	26
Equipo de laboratorio	27
Métodos	27
Organización del ensayo	27
Tratamientos experimentales	28
Identificación de los animales	28
Rutina Diaria	29
Sistema de pastoreo	29
Estimación de la disponibilidad de fitomasa aportada por la pradera	29
Estimación de MS inicial y final de la pradera	29
Cantidad de Materia Seca (MS) de pradera ofrecida a los animales	30
Toma de muestras	31
Determinación del peso vivo, cambio de peso y días de gestación	31
Determinación de los parámetros productivos	31
Producción diaria de leche	31
Composición láctea	32
Caracterización química de la pradera	32
Composición nutritiva de la pradera	32
Estimación de los Requerimientos de Energía Metabolizable	32
Cálculo de la metabolicidad de los alimentos y de las eficiencias de utilización de la energía metabolizable (k)	33
Cálculo de requerimientos de energía metabolizable que el animal destina a cada proceso fisiológico, de acuerdo a AFRC (1993)	35
Cálculo de requerimientos de energía metabolizable para mantención	35
Cálculo de requerimientos de energía metabolizable para producción de leche	36
Cálculo de requerimientos de energía metabolizable para cambio de peso	37

Cálculo de requerimientos de energía metabolizable para gestación	37
Cálculo del Consumo individual de Pradera, base materia seca (CMS)	38
Estimación de los parámetros de eficiencia biológica	39
Eficiencia en la producción por unidad de peso	39
Eficiencia en la producción por consumo de materia seca	40
Cálculo de la eficiencia bruta y corregida de la energía metabolizable por cambio de peso vivo	41
Cálculo de la eficiencia bruta de la proteína cruda ingerida	42
Diseño Experimental Y Análisis Estadístico	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
Efecto del biotipo sobre los parámetros productivos	44
Efecto del biotipo sobre parámetros de eficiencia biológica	49
Efecto del biotipo sobre los Requerimientos de Energía Metabolizable	51
Efecto del biotipo sobre el consumo diario de pradera base materia seca (CMS)	53
Efecto del biotipo sobre parámetros de eficiencia de conversión alimenticia	55
Efecto del biotipo sobre parámetros de eficiencia energética y proteica	56
Productividad e Ingreso promedio por unidad de superficie	58
COMENTARIOS FINALES	61
Cruzamiento inter.-se	62
Cruzamiento estáticos	62
Cruzamiento rotacional	63
Cruzamiento rotacional periódico	64
CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Producción, composición de la leche y eficiencia de conversión en animales <i>Frisón</i> y <i>Jersey</i> de primera lactancia bajo condiciones de pastoreo.	10
CUADRO 2	Composición genética y heterocigosidad esperada en un cruzamiento rotacional doble.	14
CUADRO 3	Características de producción en vacas primíparas <i>Frisón Neozelandés</i> (FN) y F ₁ (<i>Jersey</i> x <i>Frisón Neozelandés</i>) a pastoreo.	15
CUADRO 4	Cruzamiento rotacional periódico con ciclos J-FN-FN y ciclos J-FN-FN-FN, composición genética de los animales y porcentaje de heterocigosidad retenida.	17
CUADRO 5	Relación entre cantidad de MS/ha (kg) y altura del material vegetal (cm), medida en base a ecuación de Soca (2000).	30
CUADRO 6	Valores de metabolicidad y eficiencia de utilización de la energía metabolizable en ambos periodos del ensayo.	35
CUADRO 7	Efecto del biotipo y lactancia sobre variables productivas y de peso vivo.	45
CUADRO 8	Producciones diarias por kg de peso vivo (PV) en vacas <i>Frisón Neozelandés</i> y F ₁ (<i>Jersey</i> x <i>Frisón Neozelandés</i>) a pastoreo.	50
CUADRO 9	Requerimientos Totales de Energía Metabolizable en vacas <i>Frisón Neozelandés</i> y F ₁ (<i>Jersey</i> x <i>Frisón Neozelandés</i>) a pastoreo.	52

CUADRO 10	Consumo diario de Pradera, base Materia Seca, por kg de Peso Vivo (PV) y por kg de Peso Metabólico (PM), en vacas <i>Frisón Neozelandés</i> y F ₁ (<i>Jersey</i> x <i>Frisón Neozelandés</i>) a pastoreo.	54
CUADRO 11	Eficiencia de conversión alimenticia en vacas <i>Frisón Neozelandés</i> y F ₁ (<i>Jersey</i> x <i>Frisón Neozelandés</i>) a pastoreo.	55
CUADRO 12	Eficiencia en la utilización de proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) en vacas <i>Frisón Neozelandés</i> y F ₁ (<i>Jersey</i> x <i>Frisón Neozelandés</i>) a pastoreo.	57
CUADRO 13	Productividad por unidad de superficie factible de alcanzar en vacas <i>Frisón Neozelandés</i> y F ₁ (<i>Jersey</i> x <i>Frisón Neozelandés</i>) a pastoreo.	58
CUADRO 14	Ingresos por concepto de venta de leche por hectárea factible de alcanzar en vacas <i>Frisón Neozelandés</i> y F ₁ (<i>Jersey</i> x <i>Frisón Neozelandés</i>) a pastoreo.	60

RESUMEN

En la Estación Experimental Oromo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, se realizó un ensayo con la finalidad de determinar y comparar la eficiencia biológica del *Frisón Neozelandés* (FN) y del F₁ (producto del cruzamiento entre machos *Jersey* y hembras *Frisón Neozelandés*), bajo condiciones de pastoreo.

Para la cuantificación y comparación de la eficiencia biológica de ambos biotipos se dispuso de 12 vacas, las cuales se distribuyeron en cuatro tratamientos asignados según biotipo y número ordinal de parto. El tratamiento 1 a tres animales FN de primer parto, el tratamiento 2 a tres mestizos F₁ de primer parto, el tratamiento 3 a tres animales FN de segundo parto y el tratamiento 4 a tres mestizos F₁ de segundo parto. Durante el ensayo se evaluaron dos períodos, cada uno de 21 días. En estos se controló diariamente el peso de los animales y la producción diaria de leche. Se realizó control lechero una vez por semana, con el fin de conocer la cantidad de grasa y proteína de la leche promedio por animal y se recolectó muestras de pradera para determinar la disponibilidad y conocer el aporte nutricional de ésta.

Los animales cumplieron una rutina diaria, la cual se mantuvo inalterable durante todo el ensayo. Ésta comenzaba con la ordeña de la mañana, labor que se efectuaba alrededor de las 05:30 AM. Luego eran pesados y más tarde conducidos a la pradera, donde permanecían hasta la ordeña de la tarde. Esta labor se efectuaba alrededor de las 15:00 PM; luego de esto los animales retornaban a pastorear a la pradera.

El ensayo reveló que las hembras F₁ presentaron niveles similares en producción de leche (sin corregir) y de proteína láctea que FN y una mayor producción de grasa láctea, que se reflejó en un mayor contenido energético de la leche, el cual fue más significativo en las hembras de segunda lactancia que en las primíparas.

Debido a que los animales F_1 presentaron menores pesos vivos y metabólicos que los FN, al expresar las producciones de leche y sólidos por unidad de peso, las hembras mestizas mostraron una clara superioridad, la que fue más marcada en producción de leche corregida por materia grasa y en producción de grasa láctea.

El biotipo F_1 al ser de menor tamaño corporal destinó una menor cantidad de la energía metabolizable consumida a mantención, por lo que destinó una mayor proporción de la energía metabolizable ingerida a producción láctea generando una mayor eficiencia biológica.

Palabras claves:

- Eficiencia biológica
- *Frisón Neozelandés*
- F_1 (*Jersey* x *Frisón Neozelandés*)
- Producción de sólidos lácteos

ABSTRACT

In order to quantify and compare the biological efficiency of the *Frisón Neozelandés* and of the F₁(product of crossing between male *Jersey* and female *Frisón Neozelandés*), under pasture conditions, a research was carried out at the Experimental Station Oromo, Faculty of Agronomic Sciences, Universidad de Chile. For this purpose, twelve cows were randomly allotted in four treatments according to biotype and calving ordinal number. Treatment 1 evaluated three animal FN of first calving, treatment 2, three crossbred F₁ of first calving, the treatment 3 three FN of second calving and treatment 4 three crossbred F₁ of second calving. Animals were evaluated during two periods of 21 days each one. Animal weight and milk production were daily controlled. Samples of milk were taken once a week in order to get the fat and protein content per animal. Pasture samples were collected to determine dry matter and nutritional contribution.

The animals followed a daily routine, that was kept constant during all the trial. It began with the morning milking, at 05:30 o'clock. After that they were weighed and put on pasture, where they were kept until the afternoon milking at 15:00 o'clock, then the animals returned to grazing.

Results indicated that the female F₁ presented similar production levels of milk without fat correction and milk protein than FN and higher milk fat production, that was reflected in a greater energy content of the milk, which was more significant in the females of second lactation than in the primiparous.

Because the F₁ cows had smaller liveweight and metabolic weight than the FN, when milk productions and solids were related to weight unit, the crossbred females showed a clear superiority that was more marked in milk production corrected for fat matter and fat milk production.

Since the biotype F₁ presented smaller body size, they derived a smaller amount of consumed metabolizable energy to maintenance, using a higher amount of it for milk production presenting a better biological efficiency than FN.

Keywords:

- Biological Efficiency
- *Frisón Neozelandés*
- F₁ (*Jersey x Frisón Neozelandés*)
- Solids milk Production

INTRODUCCIÓN

La producción de leche en las últimas décadas ha experimentado un mejoramiento significativo en la gestión productiva, siendo un rubro importante en el sur de Chile, en especial en la X Región, donde tiene fuertes efectos a nivel social y económico.

A fines de los años 70 e inicios de los 80 comenzó en el sur de Chile la introducción de germoplasma Holstein, motivado por las altas producciones individuales que se pueden obtener con este tipo de animal. Este potencial obligó a los productores a intensificar sus sistemas productivos, mejorar el nivel tecnológico y aumentar sustancialmente el uso de concentrados y forrajes conservados. Estas medidas provocaron un incremento de los costos y como consecuencia de ello la quiebra de muchos productores que no fueron capaces de competir y de seguir en el sistema. Debido a este problema, los agricultores orientaron sus esfuerzos a disminuir los costos en la alimentación, los que representan aproximadamente, el 56% de los costos directos (Butendieck, 1993).

Actualmente existen planteles lecheros con diferentes grados de intensificación, que utilizan distintas razas, con sistemas de pastoreo diversos y con diferentes periodos de estabulación. La viabilidad económica de estos sistemas depende del grado de gestión de la empresa, utilización de la tecnología y genética disponible y la capacidad de adaptarse a las pautas de pago de las plantas lecheras. En este escenario se ha dado particular importancia al uso de la pradera como base de la alimentación, por ser un recurso alimenticio de bajo costo y de buena calidad (Magofke y González, 1999).

En la Estación Experimental Oromo, durante la última década, se ha trabajado con germoplasma *Frisón Neozelandés*, el que se caracteriza por ser más eficiente que el

Holstein Americano, en la utilización de la energía aportada por la pradera y por los menores requerimientos de energía metabolizable que este animal presenta (González *et al.*, 2002). Además el Departamento de Producción Animal de la Universidad de Chile, inició hace tres años un proyecto de investigación tendiente a incorporar germoplasma *Jersey*, biotipo bastante utilizado en Nueva Zelanda en sistemas lecheros a base de pastoreo. Éstas investigaciones están dirigidas a obtener, como primera etapa de un sistema de cruzamiento rotacional, un F₁ (macho *Jersey*- hembra *Frisón Neozelandés*) más eficiente en la conversión de la energía consumida a producto final (González *et al.*, 2005).

Hipótesis

- El biotipo F₁ bajo condiciones de pastoreo, destina una mayor proporción de energía metabolizable ingerida a producción de leche y a recuperación de reservas corporales, que el biotipo *Frisón Neozelandés* durante la etapa final de lactancia. Este último, por su mayor peso metabólico, destina una mayor fracción de la energía metabolizable consumida a mantención.

Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos de energía metabolizable de ambos biotipos en la última fase de la lactancia, bajo condiciones de pastoreo
- Determinar la proporción de energía metabolizable que los biotipos destinan a cada proceso fisiológico (mantención, lactancia, gestación, cambio de peso) en la última fase de lactancia, bajo condiciones de pastoreo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes Generales

Hace un par de décadas la producción de leche en Chile se basaba en sistemas de producción con partos estacionales de primavera, éste hecho provocó a las plantas lecheras una alta recepción de leche en un corto periodo del año y desabastecimiento en invierno (Gana *et al.*, 2004). Por esta razón algunos productores optaron por tener producciones más homogéneas durante todo el año, ya sea en forma extensiva o intensiva. Una de las opciones con mayor éxito es la de partos biestacionales, basado en un módulo con partos a fines de invierno y principio de primavera, donde los animales pastorean durante todo el tiempo y un módulo de invierno donde las vacas pasan gran parte de la lactancia estabuladas. Con esto se maximiza la producción de invierno y se reducen los volúmenes de primavera. Esto permite tener una producción más constante durante el año, tratando que las producciones de ambas temporadas sean similares. En consecuencia, disminuyen los castigos por excedentes, por parte de las plantas, pudiéndose mejorar las producciones de sólidos por unidad de superficie al usarse razas o mestizos que produzcan menor volumen, con mayor tenor de sólidos lácteos (Gana *et al.*, 2004).

Actualmente uno de los desafíos que sigue inquietando a muchos productores es como seguir mejorando el sistema para hacerlo más eficiente. Al respecto se ha experimentado con razas de menor tamaño, que se adaptan de mejor forma a la pradera y que tienen menores requerimientos de energía por unidad de peso vivo. Estas razas corresponden a biotipos Neozelandeses (*Frisón Neozelandés* y *Jersey*) con características raciales destacables en comparación a biotipos de origen americano (*Holstein Americano*) bajo condiciones de pastoreo (Gana *et al.*, 2004, López-Villalobos *et al.*, 2000).

La literatura indica que, aún cuando la producción de leche individual en el *Jersey* es menor que la de *Holstein* y *Frisón*, el menor peso vivo de estos animales los hace, de

acuerdo a un estudio realizado en Nueva Zelanda, más eficientes en los ingresos por concepto de leche por unidad de peso (Glasse y McPherson., 1993). Entre el biotipo *Jersey* y *Frisón Neozelandés* existen características raciales diferentes, tanto en la cantidad de leche producida, como en la cantidad de sólidos lácteos. Los estudios realizados al respecto indican que el biotipo *Jersey* es más eficiente en la conversión de materia seca del alimento en sólidos de la leche, produce mayor cantidad de grasa y proteína y produce además mayor cantidad de leche por unidad de superficie en comparación al *Holstein Americano* y al *Frisón Neozelandés* (Mackle *et al.*, 1996).

Las mayores eficiencias mostradas por el *Jersey* en relación al *Frisón* podrían reflejar una mayor eficiencia en el uso de la energía metabolizable para la producción de leche y tejidos y una mayor capacidad de consumir alimento por unidad de peso (Mackle *et al.*, 1996).

A pesar de existir diversas opiniones, la literatura neozelandesa recomienda el sistema de cruzamiento rotacional, entre dichos biotipos, como la alternativa más promisoría. Esta opción, que incluye a la raza *Jersey* por presentar una alta eficiencia biológica, no presenta beneficios económicos en Chile, dado que las plantas no valoran suficientemente la producción de sólidos lácteos sobre el volumen, ni castigan el volumen, tal como ocurre en Nueva Zelanda (Gana *et al.*, 2004).

Características productivas de la raza Jersey

El *Jersey* es una de las razas más eficientes en el mundo, por producir más kilos de leche por kilo de peso vivo que cualquier otra raza. La leche contiene más sólidos totales que otras razas lecheras y su sabor es suave y palatable, con un porcentaje más alto de grasa, proteína, calcio y otros nutrientes importantes (Comerón *et al.*, 2002). En el sur de Chile, la presencia de la raza *Jersey* ha experimentado un cierto desarrollo, a juzgar por la cantidad de semen comercializado, que aumentó de 1.600 dosis en 1996 a

aproximadamente 23.000 en el año 2000. Esta tendencia se sustenta en el elevado tenor de sólidos en la leche y en su menor tamaño adulto en comparación a la raza *Holstein* o con genotipos *Frisones* (Anrique *et al.*, 2003).

Los terneros *Jersey* nacen con un peso aproximado de 25 kilos y el peso adulto de vacas y toros es 400 y 650 kg respectivamente (Comerón *et al.*, 2002). Las *Jersey* presentan una mayor longevidad y un menor peso vivo, lo que está relacionado directamente con una menor tasa de reemplazo en comparación al *Frisón Neozelandés*, lo que se traduce en un aumento de la proporción de animales en la plenitud de su etapa productiva (Gana *et al.*, 2004). La vaca *Jersey* se adapta rápidamente a climas especialmente templados, permitiendo un mayor número de cabezas por hectárea. Si bien su peso a edad adulta oscila entre los 350 y 450 kg, en los últimos años la tendencia de los criadores americanos tiende a animales de alrededor de 500 kg. Su fecundidad permite obtener un menor intervalo entre partos, su mansedumbre, su rusticidad probada en cualquier clima y su longevidad la hacen económicamente superior al ser usada en pastoreo directo (Comerón *et al.*, 2002, López-Villalobos *et al.*, 2000).

Las técnicas más modernas de mantenimiento de la vaca lechera reafirman la importancia de la capacidad de conversión de alimento en leche. Experiencias realizadas en Nueva Zelanda, Gran Bretaña, Canadá y Estados Unidos, han demostrado científicamente que la raza *Jersey*, es un 30 % más eficiente en la conversión de pasto en leche que las demás razas lecheras. Esto da la posibilidad de manejarla sobre pasturas de menor volumen forrajero o aumentando la carga animal por hectárea (Comerón *et al.*, 2002).

La literatura especializada coincide en señalar, que bajo diferentes condiciones de manejo, las vacas *Frisonas* como raza pura tienden a alcanzar mayores producciones individuales de leche, grasa y proteína respecto a la *Jersey*. Por el contrario, cuando ambas razas se evalúan en pastoreo, igualando la carga por hectárea, esta última produce más grasa y proteína por unidad de superficie; asimismo, al aumentar la carga animal, se ven

menos afectadas las producciones de estas vacas (Magofke y González, 1999). En el Cuadro 1, se entregan variables productivas y de eficiencia de conversión, informadas por Mackle *et al.* 1996, de animales *Frisón* y *Jersey*, de primera lactancia, con peso al parto diferente calificados como alto (PA) y bajo (PB) que presentaban una diferencia promedio de 50 kg.

Cuadro 1. Producción, composición de la leche y eficiencia de conversión en animales *Frisón* y *Jersey* de primera lactancia bajo condiciones de pastoreo.

VARIABLES PRODUCTIVAS	<i>Frisón</i> PA	<i>Frisón</i> PB	<i>Jersey</i> PA	<i>Jersey</i> PB
Producción promedio diaria: (kg·día ⁻¹)				
Leche	13,6	12,5	10,7	9,4
Leche corregida por sólidos totales	14,1	13,6	13,1	12,1
Grasa	0,64	0,62	0,63	0,59
Proteína	0,46	0,45	0,40	0,38
Medidas de Eficiencia				
kg leche·kg materia seca consumida ⁻¹	1,45	1,36	1,37	1,25
kg leche corregida por sólidos totales·kg de materia seca consumida ⁻¹	1,50	1,47	1,68	1,57

PA: Peso alto; PB: Peso bajo.
Fuente: Mackle *et al.*, 1996.

La principal conclusión del estudio de Mackle *et al.* (1996), (Cuadro 1) indica que las vacas *Jersey* fueron más eficientes en la conversión de materia seca del pasto en sólidos lácteos, principalmente por haber tenido una mayor eficiencia en la producción de grasa láctea.

Por lo tanto, si la respuesta económica esta más relacionada con la producción de leche o de sus componentes por unidad de superficie y los sistemas de pago privilegian el contenido de sólidos, proteína o grasa más que el volumen de leche, se refuerza el atractivo

de efectuar cruzamientos con la raza *Jersey* aprovechando los beneficios extras generados por la heterosis, la complementariedad, el manejo y las diferencias de medio ambiente existentes entre los predios lecheros (Anrique *et al.*, 2003).

Heterosis o vigor híbrido

Cuando individuos de razas puras son cruzadas entre sí, no siempre la progenie mestiza resultante expresa un nivel de producción similar a la media de las razas puras, dicho fenómeno se conoce como heterosis o vigor híbrido (González y Magofke, 2003). Este corresponde por definición a la diferencia o desvío del comportamiento de la progenie mestiza, originada por apareamientos recíprocos, con respecto del promedio de las razas o líneas puras que los originaron. Los apareamientos recíprocos consultan cruzamientos en que ambas razas actúan por la vía paterna y materna (Magofke y García, 2002).

Por definición existe vigor híbrido cada vez que el comportamiento de los mestizos es diferente al promedio de las razas que los originaron y no necesariamente cuando éstos superen a la mejor estirpe. Para cuantificar la heterosis es necesario conocer en forma contemporánea el mérito de las razas puras y de los cruzamientos recíprocos. La carencia de esta información podría confundir el vigor híbrido con la habilidad materna de las razas involucradas (Magofke y González, 2002).

La heterosis se origina a través de dos vías. El vigor híbrido individual (h^I), el cual, es la consecuencia del aumento de la heterocigosis en las crías y la heterosis materna (h^M), la que también es consecuencia de un aumento de la heterocigosis, pero en este caso, el fenómeno ocurre en las madres, manifestándose su efecto también en la progenie. Ambas vías son complementarias y aditivas, por consiguiente, el vigor híbrido total posible de obtener es la sumatoria de ambos. En producción de leche, el efecto de la heterosis materna es nulo, manifestándose sólo heterosis individual (Magofke y González, 2004).

La heterosis fluctúa comúnmente entre 0 y 40 %. Se consideran valores bajos entre 0 y 9 %; medios entre 10 y 19 %; altos entre 20 y 30 %, y muy elevados aquellos que superan el 30% (Magofke y García, 2002).

La magnitud de la heterosis para producción individual de leche, grasa y proteína en la mayoría de los estudios ha fluctuado entre 5 y 7% (Magofke y González, 2004). Touchberry, (1992) obtuvo un 8,0; 8,5; 7,5 y 3,0% de h^1 para producción de leche, grasa, proteína y sólidos no grasos respectivamente en un proyecto de cruzamientos desarrollado en Illinois (*Holstein-Guernsey*) y una heterosis económica, expresada como ingreso por vaca al año, de 11,4%. López-Villalobos y Garrick, (1996), basados en información experimental generada en Nueva Zelanda, asumen en el trabajo de modelación los siguientes valores de heterosis en cruzamientos *Frisón - Jersey*: Peso vivo, 0,4%; consumo, 2,5%; producción de leche/vaca, 5,9%; producción de leche/ha, 3,8%; producción de grasa/vaca, 6,9%; producción de grasa/ha, 3,6%, producción de proteína/vaca, 6,1% y producción de proteína/ha, 3,3%. Harris *et al.* (1996) estiman un desvío de 4,7% en la sobrevivencia de los mestizos F_1 en relación al promedio de las razas puras (Magofke y González, 1999).

Cruzamientos en Ganado Lechero

Al hacer cruzamientos entre razas, la producción de leche y de sólidos lácteos puede estar influida, además, por los efectos maternos. La magnitud de éstos, a diferencia de la heterosis materna, no se encuentra relacionada con el incremento de la heterocigosidad. Es posible cuantificar su efecto, evaluando la diferencia entre los cruzamientos recíprocos A-B y B-A. La única diferencia entre ellos, es una distinta participación de las razas a través de la vía paterna y materna (Magofke y González, 2004). Los logros de un programa de cruzamientos no solo dependerán de la magnitud de la heterosis o vigor híbrido sino también de la productividad de las razas que originen a los mestizos, condición que es de gran importancia y que muchas veces se olvida al momento de evaluarlo (Magofke y García, 2002).

El uso de cruzamientos para mejorar la producción de leche bovina en países de clima templado, donde se pretende maximizar la productividad individual, ha sido poco importante. Según Swan y Kinghorn (1992) esto ocurre debido al destacado mérito de las distintas líneas *Holstein*. Los resultados neozelandeses constituyen en consecuencia una excepción, explicada por el sistema de manejo predominante en ese país que busca maximizar la producción de sólidos por unidad de superficie (Magofke y González, 1999). En el trópico, la falta de adaptación de las razas especializadas y la baja producción de leche de las razas autóctonas, hace del cruzamiento una herramienta de mejoramiento importante (Gana *et al.*, 2004). Dentro de esta realidad, se encuentran los sistemas de producción de leche en climas templados, que usan praderas como única o principal fuente de alimentación. En tales circunstancias se encuentra Nueva Zelanda y podría presentarse en la IX y X Región de Chile si cambiara el sistema de pago de la leche (Gana *et al.*, 2004).

El cruzamiento entre razas permite progresar más rápido que con selección y presenta dos ventajas: (1) combina los efectos aditivos de dos razas de características diferentes y (2) los mestizos exteriorizan adicionalmente heterosis o vigor híbrido en algunas características importantes. La obtención del F₁ no es una opción práctica en el tiempo, ya que requerirá de razas puras para su formación. Por este motivo se han desarrollado distintos esquemas de cruzamientos rotacionales que se caracterizan por el apareamiento de vientres mestizos con toros de razas puras en una determinada secuencia. En el Cuadro 2 se ilustra un ejemplo de cruzamiento rotacional doble o “crisscrossing”, en el cual se señala la composición genética y el porcentaje de la heterocigosidad máxima esperada en cada generación. En este ejemplo se considera la heterosis sin subdividirla en individual (h^I) y materna (h^M), por existir antecedentes experimentales que demuestran que la h^M sería poco importante en la producción de leche y sólidos lácteos, a pesar de que en características reproductivas y de sobrevivencia, h^M podría ser de mayor importancia que h^I (Magofke y González, 1999).

Cuadro 2. Composición genética y heterocigosidad esperada en un cruzamiento rotacional doble.

Generación	Genotipo		Genotipo de la Progenie		Heterocigosidad de la Progenie	
	Padre	Madre		J		F
		J	F			
0	J	0,00	1,00	0,50	0,50	1,00
1	F	0,50	0,50	0,25	0,75	0,50
2	J	0,25	0,75	0,63	0,37	0,75
3	F	0,63	0,37	0,31	0,69	0,63
4	J	0,31	0,69	0,34	0,66	0,69
n	F	0,66	0,33	0,33	0,66	0,67
n + 1	J	0,33	0,66	0,66	0,33	0,67

Fuente: Magofke y García, 2003

F: *Frisón Neozelandés*; J: *Jersey*

Utilización de los cruzamientos en sistemas pastoriles

En sistemas pastoriles, el objetivo final es maximizar la productividad por unidad de superficie, el logro de este objetivo, restringe la producción por vaca en alrededor de un 20 % del máximo posible de alcanzar, con cargas bajas, hecho que tiende a equiparar la productividad de los diferentes tipos raciales. Esta condicionante permite visualizar en los cruzamientos interraciales una herramienta promisoría tendiente a incrementar la competitividad de los sistemas pastoriles de producción (González y Magofke, 2003). La selección y cruzamientos afectan a muchos aspectos de la rentabilidad de la industria lechera, pueden reducir los costos de un plantel, si se produce la misma cantidad de sólidos lácteos por hectárea, con un menor número de vacas, o produciendo la misma cantidad de sólidos lácteos en un volumen menor de leche (López-Villalobos *et al.*, 2000). En el Cuadro 3 se aprecian los resultados obtenidos por González *et al.*, (2005), en diferentes variables productivas con vacas primíparas FN y F₁ (macho *Jersey* - hembra *Frisón Neozelandés*) en condiciones de pastoreo.

Cuadro 3. Características de producción en vacas primíparas *Frisón Neozelandés* (FN) y F₁ (*Jersey* x *Frisón Neozelandés*) a pastoreo.

VARIABLES PRODUCTIVAS	FN	F ₁
Producción de leche (kg·día⁻¹):		
Sin corregir	17,6	18,2
Corregida por 4% Materia Grasa	18,1	19,6
Corregida por sólidos totales	18,0	19,5
Materia Grasa :		
Contenido (g·kg ⁻¹)	42,3	45,8
Producción (g·día ⁻¹)	735,6	824,9
Proteína Láctea:		
Contenido (g·kg ⁻¹)	33,6	34,7
Producción (g·día ⁻¹)	584,9	623,6

Fuente: González *et al.*, (2005).

Los espectaculares resultados obtenidos en este estudio, con producciones de leche similares por parte de FN y F₁, no pueden atribuirse exclusivamente al efecto de la heterosis puesto que por definición para poder estimarla se debería haber contado con el comportamiento del cruzamiento recíproco FN-J y del *Jersey* como raza pura. Estos antecedentes pueden ser producto de la existencia de importantes efectos maternos.

Al evaluar las posibilidades prácticas del cruzamiento evaluado por González *et al.* (2005), éste manifiesta importantes limitaciones, dado que es imposible mantener en el tiempo vacas de esta composición genética, ya que en un cruzamiento rotacional doble, estos animales deberían aparearse alternadamente con machos FN y *Jersey*. Al equilibrio la heterosis que se tendría, como se indicó anteriormente en el Cuadro 2, solo sería igual a las 2/3 partes de la heterosis máxima y los efectos maternos observados en el F₁ evaluado por González *et al.* (2005) desaparecen. Este hecho unido al sistema de pago vigente en la zona sur de Chile, hace que el cruzamiento rotacional doble no manifieste ventajas económicas con respecto al FN como ocurre en Nueva Zelanda, país donde se otorga un premio mucho mayor a los sólidos lácteos castigando además el volumen (Gana *et al.*, 2004).

El cruzamiento rotacional presenta además una importante limitación debido a la alta varianza intergeneracional que se manifestaría en los pesos al nacer y en el tamaño adulto de los vientres (Magofke y García, 2003).

El comportamiento reproductivo de las mestizas en las generaciones que les corresponda aparearse con machos *Jersey* no representaría problemas, ya que hembras de mayor tamaño por ser 2/3 FN, 1/3 J, les correspondería aparearse con toros *Jersey*, que originan terneros pequeños. En las generaciones en que el apareamiento fuera al revés, los problemas de parto sobre todo en las hembras de dos años (primíparas), podrían ocasionar una alta incidencia de partos distócicos.

Para dar solución a este problema podrían implementarse un cruzamiento rotacional modificado donde las hembras 2/3 J, 1/3 FN cuando deban aparearse con machos FN de mayor tamaño, sólo se materializarían con hembras de cuatro o más años para evitar la distocia al parto, cubriéndose y posteriormente eliminando los partos de las hembras de dos y tres años las que se aparearían, sin corresponderles, con machos *Jersey*.

Tal vez la opción más promisoría que permitiría aprovechar las ventajas obtenidas por González *et al.* (2005) podría ser un cruzamiento rotacional periódico con ciclos J-FN-FN, o con ciclos J-FN-FN-FN. En este caso como se indica en el Cuadro 4, cada cuatro o cinco generaciones vacas 0,87 FN- 0,13 J o vacas 0,93 FN- 0,07 J, les correspondería aparearse con machos *Jersey*, esperándose un comportamiento similar al que se obtiene con las F₁. No existen resultados experimentales que avalen esta posibilidad, sin embargo, es de gran importancia crear el material para desarrollar esta opción, dado los resultados promisorios obtenidas por las F₁ (opción que actualmente se evalúa en la Estación Experimental de Oromo).

Cuadro 4. Cruzamiento rotacional periódico con ciclos J-FN-FN y ciclos J-FN-FN-FN, composición genética de los animales y porcentaje de la heterocigosidad retenida.

A.- Ciclo J-FN-FN

Generación	Genotipo		Genotipo de la Progenie		Heterocigosidad de la Progenie	
	Padre	Madre		J		FN
		J	FN			
1	J	0,00	1,00	0,50	0,50	1,00
2	FN	0,50	0,50	0,25	0,75	0,50
3	FN	0,25	0,75	0,13	0,87	0,25
4	J	0,13	0,87	0,56	0,44	0,88
5	FN	0,56	0,44	0,28	0,72	0,56
6	FN	0,28	0,72	0,14	0,86	0,28
7	J	0,14	0,86	0,57	0,43	0,86
8	FN	0,57	0,43	0,29	0,71	0,57
9	FN	0,29	0,71	0,14	0,86	0,29

B.- Ciclo J-FN-FN-FN

Generación	Genotipo		Genotipo de la Progenie		Heterocigosidad de la Progenie	
	Padre	Madre		J		FN
		J	FN			
1	J	0,00	1,00	0,50	0,50	1,00
2	FN	0,50	0,50	0,25	0,75	0,50
3	FN	0,25	0,75	0,13	0,87	0,25
4	FN	0,13	0,87	0,06	0,94	0,13
5	J	0,06	0,94	0,53	0,47	0,94
6	FN	0,53	0,47	0,27	0,73	0,53
7	FN	0,27	0,73	0,13	0,87	0,26
8	FN	0,13	0,87	0,07	0,93	0,13
9	J	0,07	0,93	0,53	0,47	0,93

J: Jersey; FN: Frisón Neozelandés

Los valores indicados en el Cuadro 4 señalan que en la cuarta y séptima generación del sistema J-FN-FN, existiría una pérdida de entre un 12 a 14% de la heterosis retenida con respecto a la generación uno. Esta disminución es poco importante, porque la heterosis para producción de leche y sólidos lácteos, como se indica anteriormente, es baja y menor aún cuando se expresa en unidad de superficie. La incógnita reside en estimar

empíricamente que porcentaje de los importantes efectos maternos, obtenidos en la primera generación, podrían retenerse en las generaciones que le corresponde participar macho *Jersey*.

La estrategia propuesta se incrementa al implementar un esquema J-FN-FN-FN. Aún cuando en las generaciones donde les corresponda participar a los machos *Jersey*, se retuviera gran parte de los efectos maternos, sólo con los esquemas planteados no es posible definir *a priori* cual es el esquema más conveniente. Para poder definirlo, debería implementarse un desarrollo de masa, con la finalidad de estimar la producción de leche y sólidos lácteos por vaca y por unidad de superficie, aspecto que escapa a los objetivos del presente estudio.

La contribución de la raza *Jersey* al sistema de cruzamientos es sobresaliente, no obstante esta opción es marginal según Magofke y González, (2004). El motivo por el cual esta afirmación es discrepante con los resultados y estimaciones entregadas por la literatura neozelandesa, según los autores, obedece a la distinta valorización que se le otorgan a los sólidos lácteos en ambos países. En Nueva Zelanda se valoriza la producción de sólidos sobre la producción por volumen, pero en el caso de Chile, la mayor valorización va destinada a la producción de leche fluida. Por este motivo la mayor eficiencia biológica posible de obtener con la implementación de cruzamientos que incorporen *Jersey*, actualmente no se ve reflejada en los beneficios económicos de no haber un cambio en las pautas de pago, en la cual, se premie la producción de sólidos lácteos (Gana *et al.*, 2004).

Metabolismo Energético

Concepto Energético

La principal fuente de energía proviene del sol, la cual es captada y transformada por los vegetales en energía química. Esta energía cuando la ingiere el animal en forma de

alimento, se libera en el metabolismo para permitir el trabajo osmótico, el transporte molecular, el trabajo mecánico, la síntesis de nuevas moléculas o la formación de energía eléctrica como es el caso de la transmisión nerviosa (Blaxter, 1964).

El organismo es un promotor de incesantes reacciones químicas productoras o consumidoras de energía. Ésta necesidad energética debe ajustarse según las condiciones en que se encuentre el animal, bien sea para luchar contra el frío, para el crecimiento, la reproducción y la producción, entre otras. La materia orgánica de los alimentos (carbohidratos, grasas y proteínas) contiene energía química, parte de la cual se pierde en procesos digestivos y metabólicos (fecas, metano, calor de fermentación por rumen y ciegos, calor de digestión, entre otras), quedando el resto disponible para el animal (Ray del Pino, 2001).

Partición de la energía en el animal

Procesos Metabólicos

Después de la digestión y absorción de los nutrientes, se produce una serie compleja de procesos químicos, los cuales permiten la mantención y formación de tejidos y productos. Estos nutrientes aportan los recursos para la síntesis de compuestos químicos (anabolismo) o pueden ser degradados para aportar la energía necesaria para el anabolismo (catabolismo) (Magofke *et al.*, 2000). Procesos anabólicos importantes en el bovino de leche, son aquellos involucrados en la formación de los componentes del tejido corporal y la producción de sólidos lácteos, lo cual culmina en la síntesis de la lactosa (glándula mamaria); de los lípidos (tejido adiposo y glándula mamaria), y de las proteínas en el músculo y glándula mamaria (Magofke *et al.*, 2000).

Evaluación de la Energía Bruta y Metabolizable

El aspecto más importante en la determinación del valor nutritivo de un alimento es su contenido energético útil.

La concentración energética total de los alimentos se denomina energía bruta (EB), y se determina mediante una bomba calorimétrica. En éste proceso se oxida completamente la sustancia orgánica en CO₂ y agua. Los principales componentes de la materia orgánica que poseen energía son las grasas, proteínas y carbohidratos (Magofke *et al.*, 2000). La energía digestible (ED) es la energía que queda luego de descontar a la EB, las calorías eliminadas en las fecas, sin embargo, en éstas no sólo aparecen los restos del alimento ingerido y no digerido, sino que también lo hacen restos de los jugos digestivos, células desprendidas de la mucosa del tracto digestivo y cuerpos de microorganismos de la flora normal del tracto, además parte de la energía que se asume ingerida, puede perderse por eructación o como gas, por lo que éste valor no estima la ED real sino que la ED aparente ya que existe una cantidad de energía química que el animal desaprovecha (Quispe, 2003).

La energía metabolizable (EM), es la cantidad de energía retenida por el organismo para las diferentes necesidades, y se utiliza en la actualidad como unidad básica para expresar los valores energéticos de los alimentos y las necesidades del animal. Ésta corresponde a la ED consumida menos la energía contenida en la orina y el gas metano. Durante el metabolismo de los nutrientes, una parte significativa de la EM se convierte en calor como consecuencia de las reacciones químicas. También se produce calor durante la masticación y propulsión de alimentos a través del tracto digestivo y en el metabolismo de los nutrientes por los microorganismos. El calor derivado a partir de todos estos procesos se denomina incremento calórico (IC) (Magofke *et al.*, 2000). La energía neta (EN), es la parte de la EM que el animal utiliza tanto para el mantenimiento de los tejidos corporales como para la producción, luego de sustraer las pérdidas como consecuencia del incremento calórico (Holmes y Wilson, 1989).

Metabolicidad del alimento

La Metabolicidad de la energía bruta de un alimento (q_m), es definida como la proporción de energía metabolizable (EM) en la energía bruta (EB) del alimento (AFRC, 1993), es decir, indica las partes de la EB del alimento que pueden ser metabolizadas.

$$q_m = EM \cdot EB^{-1}$$

La Metabolicidad es la base para calcular la eficiencia de utilización de EM (AFRC, 1993). El valor nutritivo de un alimento puede expresarse en términos de EM ($\text{Mcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ o $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), que es más fácil de medir que la EN.

Eficiencia de utilización de la Energía Metabolizable

La eficiencia biológica corresponde al nivel de disponibilidad o aprovechamiento del alimento por el animal, es decir, es la expresión del balance entre la ingestión de alimentos y la salida de productos o la realización de trabajo (Vargas, 2000).

La eficiencia con que es usada la energía metabolizable al existir un aumento de la energía retenida, como consecuencia de un incremento de la energía consumida, es cuantificada a través de los valores de k (Magofke *et al.*, 2000).

$$k = \text{Incremento en la retención de energía} \cdot \text{Incremento en la ingestión de EM}^{-1}.$$

Si la ingestión de EM es inferior a la energía metabolizable para mantención (EM_m), el valor de k se denomina k_m o eficiencia de utilización de la energía metabolizable para el mantenimiento. Este valor representa la eficiencia con que la EM de la dieta se utiliza para el mantenimiento en relación con la eficiencia con que se utilizan las reservas energéticas corporales para el mismo fin, como en los animales en ayuno (Holmes y Wilson, 1989).

Si la ingestión de EM es superior a la EM_m el valor de k representa la eficiencia con que se retiene la EM de la ración para: k_g (aumento de peso), k_l (lactación), k_c (gestación). En vacas lactantes la EM de la ración por encima de mantenimiento, puede destinarse a la síntesis de tejidos o de leche. Por el contrario, si las vacas están perdiendo peso, la energía necesaria para la síntesis de leche puede proceder de la EM de la ración y de las reservas corporales movilizadas. Por tanto, resulta imposible medir directamente la eficiencia con que la EM de la ración se utiliza para la síntesis de leche (k_l), debido a la doble posibilidad de formación o utilización de reservas. En estas circunstancias, puede obtenerse una estimación por medios estadísticos de k_l y k_g empleando análisis de regresión múltiple (Holmes y Wilson, 1989).

Requerimientos de Energía Metabolizable (REM)

Los métodos para calcular los REM son los recomendados por la AFRC (1993), correspondiendo a la sumatoria de los requerimientos de EM de las distintas funciones fisiológicas, corregidos por el nivel de la alimentación, de acuerdo a la ecuación:

$$\text{REMT} = \text{CI} \cdot (\text{REMM} + \text{REMP} + \text{REMCP} + \text{REMG})$$

Donde:

REMT = Requerimientos de Energía Metabolizable totales ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

REMM = E_m / k_m ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

REMP = E_l / k_l ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

REMCP = E_g / k_g ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

REMG = E_c / k_c ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

CI = Factor de Corrección.

Por tanto, E_m , E_l , E_g y E_c representan la energía neta requerida para mantención, secretada en la leche, retenida o movilizada por cambio de peso vivo y la retenida para la gestación, respectivamente. A su vez los índices k_m , k_l , k_g , k_c expresan la eficiencia de utilización de la EM para cubrir dichos requerimientos. Estos son considerados funciones lineales de la Metabolicidad del alimento que corresponde al cociente entre la EM y la energía bruta (González *et al.*, 2005)

Las ecuaciones de REM para cada proceso fisiológico y de eficiencia de biológica, se encuentran disponibles en AFRC, (1993), y compiladas en la metodología de este ensayo.

Requerimientos de Proteína Bruta

Los animales además de energía, necesitan para vivir y producir, ingerir diariamente una dosis determinada de proteínas. Las mismas deben cubrir los requerimientos de mantenimiento y a su vez aportar un excedente que será destinado a la síntesis de los productos determinados. Sin lugar a dudas, la capacidad de aportar proteínas por parte de los forrajes es también un parámetro de calidad. En muchos alimentos, como el maíz, su determinación no es significativa, ya que al ser sus valores proteicos muy bajos se deberá recurrir indefectiblemente a la utilización de otros materiales para corregir esta deficiencia (Bossi, 2004).

Las proteínas están constituidas, en promedio, por un 16 % de nitrógeno. De tal forma que si se conoce la cantidad de éste que posee un alimento se puede inferir su contenido proteico. Los análisis se basan en este criterio para realizar las determinaciones. Una vez evaluado el contenido nitrogenado se multiplica el valor obtenido por 6,25, para transformar ese 16 % de nitrógeno en cantidad de proteína (Bossi, 2004).

La utilización del concepto de proteína bruta en los programas de nutrición animal y en las evaluaciones alimenticias no es un parámetro exacto. Esto es así debido a que no todo el contenido nitrogenado de los alimentos proviene de las proteínas del mismo, sino que

existen compuestos nitrogenados no proteicos que hacen que se produzca esta sobreestimación. De todas formas hay que tener en cuenta la capacidad de los rumiantes, de transformar el nitrógeno en proteína sin importar demasiado cuál fuese su origen. Esto es así gracias a la flora microbiana del rumen capaz de sintetizar proteína microbiana que será aprovechable por el animal. Si bien el concepto de calidad forrajera puede ser tema de discusión, sin lugar a duda las determinaciones de digestibilidad, energía metabolizable y proteína bruta son los mejores parámetros para realizar comparaciones, plantear conclusiones y llevar adelante programas nutricionales (Bossi, 2004).

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Lugar del estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental Oromo, perteneciente al Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, ubicado en la Comuna de Purranque, Provincia de Osorno, X Región de los Lagos. Este predio se encuentra en el llano central en los 41°08' de latitud sur y 73° 09' de longitud oeste, a una altitud aproximada de 149 m. s. n. m.

La superficie total del predio es de 240 ha aproximadamente, de las cuales 170 ha, corresponden a sectores con topografía plana y ligeramente plana, utilizadas para la producción de leche. Los suelos del predio pertenecen a la Serie Corte Alto de formación sedimentaria, con un material parental de ceniza volcánica, de erosión eólica ligera, topografía de lomajes, con textura ligera en la superficie y densa en la profundidad, ácido, profundo y con buena permeabilidad (Faúndez, 1985).

El clima que predomina en el sector es templado a templado frío con influencia mediterránea, existiendo lluvia a través de todo el año, disminuyendo en los meses de verano, lo cual determina 3 a 4 meses subhúmedos y condiciones de aridez en los años de sequía. El promedio anual de precipitación en el sector es de aproximadamente 1500 mm, concentrándose entre marzo y septiembre, con un período de menor precipitación entre octubre y febrero (Faúndez, 1985).

Duración

El ensayo se realizó en dos períodos, cada uno de 21 días. El primero entre el 26 de enero y el 15 de febrero de 2004 y el segundo entre el 29 de marzo y el 18 de abril del mismo año.

Animales

Se utilizaron 12 animales: 6 vacas *Frisón Neozelandés* y 6 vacas mestizas F₁ (*Jersey x Frisón Neozelandés*). Con éstos animales, se formaron 4 subgrupos según el número ordinal de lactancia (1° y 2° parto). Al realizar un ANDEVA, al inicio del ensayo, de los días de lactancia de ambos biotipos, éste no presentó diferencia significativa entre ellos, los cuales promediaron los 170 días, con rangos que fluctuaron entre los 137 a 182 días.

Alimentación

Durante los dos periodos del ensayo los animales consumieron pradera natural, en cuatro potreros que fueron rezagados para este fin. La pradera estaba compuesta principalmente por ballica perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) más otras especies naturalizadas.

Instalaciones e Implementos

Se dispuso de una sala de ordeña “side by side” de 11 unidades, equipada con medidores proporcionales con los cuales se efectuó el control lechero individual. De cada medidor se obtuvo semanalmente una muestra de leche por vaca para la determinación de la composición de la leche. Se dispuso de una romana para el control diario del peso de los animales y de una estufa de aire forzado para el secado de las muestras extraídas de la

pradera. Se dispuso también de un plato metálico graduado para medir la disponibilidad de biomasa vegetal.

Equipo de laboratorio

La determinación de la energía bruta de las muestras de pradera se realizó a través de un calorímetro de bomba balístico Gallenkamp. En el caso de la determinación de la proteína bruta se utilizó un micro digestor Tecator 430 y un destilador automático Buchi 322. Para determinar la digestibilidad enzimática de la materia seca, se utilizaron estufas para incubación y para secado de los residuos.

Todos estos análisis nutricionales de pradera fueron realizados en el laboratorio de Nutrición Animal, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, ubicado en Santiago.

Métodos

Organización del ensayo

Para configurar el ensayo se eligieron 12 vacas del rebaño que corresponde al módulo de partos de fines de primavera. Estos animales fueron seleccionados tomando en cuenta las siguientes variables:

- **Biotipo:** Se eligieron 6 animales de la raza *Frisón Neozelandés* y 6 animales mestizos F₁.
- **Número de parto:** Se eligieron los animales de acuerdo al número ordinal de lactancia, en este caso se utilizaron 6 animales de 1° parto y 6 de 2° parto.

- **Días de lactancia:** Se eligieron animales que al inicio del ensayo estuvieran con días de lactancia similares. Estos se encontraban entre los 137 y 182 días de lactancia, promediando 170 días
- **Estado fisiológico:** Los animales seleccionados antes de la fecha de inicio del ensayo (26 enero 2004), debían haber presentado a lo menos una cubierta y que probablemente estuvieran gestando a dicha fecha, con la finalidad de cuantificar la proporción de energía metabolizable consumida que los animales destinan al proceso de gestación. Este parámetro se confirmó, no obstante, posteriormente mediante palpación rectal de los animales.

Tratamientos experimentales

Los animales fueron distribuidos en 4 tratamientos con 3 animales en cada uno. En ambos periodos del ensayo, tuvieron siempre acceso a la pradera, manteniendo las mismas condiciones de alimentación, estos fueron:

- **Tratamiento 1 (T1):** 3 animales *Frisón Neozelandés*, 1° lactancia.
- **Tratamiento 2 (T2):** 3 animales F₁, 1° lactancia.
- **Tratamiento 3 (T3):** 3 animales *Frisón Neozelandés*, 2° lactancia.
- **Tratamiento 4 (T4):** 3 animales F₁, 2° lactancia.

Identificación de los animales

Para facilitar la identificación y observación de los animales tanto en el potrero, sala de ordeña y en la romana se procedió a pintar a cada biotipo con un color diferente y con un número determinado que fue desde el 1 al 6, estos números coincidían con la identificación de los autocrotales de cada animal.

Rutina Diaria

Los animales eran ordeñados diariamente a las 05:30 AM, labor que tomaba alrededor de 30 minutos, luego eran llevados a la romana donde eran pesados, (teniendo cuidado de que no defecaran durante el camino desde la sala de ordeña hacia la romana, ya que esto podía inducir a un error en el peso de cada animal producto de variaciones en el llenado del tracto digestivo, por esta razón, los animales eran conducidos con tranquilidad, sin presionarlas con algún tipo de picana o silbido), posteriormente ingresaban a la pradera alrededor de las 07:00 AM. Los animales eran sacados de la pradera para ser llevados a la ordeña de la tarde, que se efectuaba alrededor de las 15:00 PM, labor que tomaba alrededor de 30 minutos, luego retornaban a pastorear. Este procedimiento se llevó a cabo los 21 días en ambos periodos, paso a paso, con la finalidad de no alterar las mediciones.

Sistema de pastoreo

Se utilizó en ambos periodos un sistema de pastoreo rotativo, donde diariamente se ofreció a los animales una franja de superficie calculada por medio de un plato de medición de fitomasa, de acuerdo a la oferta de materia seca por vaca y a la disponibilidad de pradera. El pastoreo era regulado por medio de cerco eléctrico, estos se cambiaban diariamente a medida que la disponibilidad de pasto era cercana a $1500 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$, así se mantenía una buena cantidad de residuo de material vegetal, lo cual aseguraba una rápida recuperación de la pradera sin alterar la rotación.

Estimación de la disponibilidad de fitomasa aportada por la pradera

Estimación de MS inicial y final de la pradera: Para la determinación de este parámetro se utilizó un plato de metal que mide la altura del material vegetal y que ejerce una presión de $4,62 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (Soca, 2000). La altura promedio se obtuvo a partir de 50 mediciones diarias con el plato en la superficie destinada a pastoreo, obteniéndose un sólo dato representativo,

que fue utilizado en una ecuación de regresión simple que permitió conocer la cantidad de MS disponible en el potrero a la entrada y salida de los animales.

La ecuación utilizada para este fin fue la siguiente:

$$Y = 251,2 + 240,6 X$$

Donde:

$$Y = \text{kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$$

X = Altura promedio del material vegetal medida con el plato metálico

Cantidad de Materia Seca (MS) de pradera ofrecida a los animales

La MS disponible en ambos periodos fue de 50 kg MS·día⁻¹ por animal. Este valor corresponde al triple de lo que normalmente consumen, (entre 3 a 4% de su peso vivo), lo cual corresponde a 14 kg MS·día⁻¹ (para animales entre 400 y 500 Kg), aproximadamente. La finalidad de ofrecer esta cantidad de MS fue mantener un nivel de disponibilidad de alimento no limitante para los animales y así evitar problemas de competencia entre ambos biotipos durante el periodo de pastoreo. Con los datos obtenidos se confeccionó una tabla que relaciona la cantidad de MS·ha⁻¹ y la altura del material vegetal mínimo con los cuales los animales eran manejados en la pradera y así permitir un trabajo más rápido en terreno (Cuadro 5).

Cuadro 5. Relación entre cantidad de MS·ha⁻¹ (kg) y altura del material vegetal (cm), medida en base a ecuación de Soca (2000).

ALTURA DEL MATERIAL VEGETAL PROMEDIO (cm)	kg de MS·ha⁻¹
9	2416,6
8	2176,0
7	1935,4
6	1694,8
5	1454,2

En base a la cantidad de MS que se obtuvo se estimó la superficie diaria a pastorear.

Toma de muestras: Diariamente, durante ambos periodos del ensayo, se recolectó una muestra de pradera mediante corte manual (hand clipping) descrito por Le Du y Penning (1985), simulando lo que el animal come de la pradera. Cada muestra diaria estaba compuesta por 13 submuestras las que fueron recolectadas cada 1 hora, con el propósito de obtener una muestra lo más representativa posible. Éstas se utilizaron para determinar la concentración energética de la pradera. Las muestras luego de ser recolectadas eran llevadas a una estufa de aire forzado a 70° C para ser secadas por un tiempo aproximado de 48 h.

Determinación del peso vivo (PV), cambio de peso vivo diario (CP) y días de gestación (dgest)

Peso vivo: Éste parámetro fue obtenido, mediante la medición diaria del peso corporal de los animales en una romana, post ordeña, el cual se realizó alrededor de las 07:00 hrs.

Cambio de peso vivo: Éste parámetro se obtiene mediante análisis de regresión, el cual, relaciona el PV con los días de observación.

Días de gestación: Los días de gestación se obtienen tras contar desde la última fecha de cubierta (fecha de concepción), hasta el décimo primer día de cada periodo experimental.

Determinación de los parámetros productivos

Se evaluaron los siguientes parámetros productivos:

Producción diaria de leche: La producción diaria de leche se obtuvo de la suma de la ordeña de la mañana y de la tarde, para cada animal, durante los dos periodos del ensayo.

Composición láctea: Para determinar ésta variable, se tomó una muestra semanal de leche de cada animal, (compuesta por la ordeña de la mañana y de la tarde), las que posteriormente fueron analizadas en el laboratorio de COOPRINSEM, para conocer el contenido de proteína y grasa en la leche.

Caracterización química de la pradera

Composición nutritiva de la pradera: Durante los dos periodos del ensayo se tomó diariamente una muestra del material vegetal ofrecido a las vacas, en los potreros correspondientes, formando una muestra compuesta al final de cada periodo, con el fin de conocer su composición y contenido energético.

- Energía bruta: Este parámetro se determinó mediante la combustión de la muestra en un calorímetro de bomba balística; el valor obtenido se utilizó como base para calcular la energía metabolizable.
- Proteína bruta: Se determinó el contenido de N (nitrógeno) según la metodología de Kjeldahl.
- Digestibilidad: La determinación de este parámetro se obtuvo mediante el método de digestibilidad enzimática. Este valor permitió estimar la Digestibilidad Aparente de la MS (DAMS), y la energía digestible de la muestra.

Estimación de los Requerimientos de Energía Metabolizable

Los requerimientos de Energía Metabolizable total (REMT) fueron estimados mediante ecuaciones desarrolladas por la AFRC (1993), a objeto de estimar el consumo de MS y la utilización de la energía metabolizable ingerida en distintos procesos, las que se pueden resumir en la siguiente expresión:

$$\text{REMT} = \text{CI} \cdot (\text{REMM} + \text{REMP} + \text{REMCP} + \text{REMG})$$

Donde:

REMT = Requerimientos de Energía Metabolizable totales ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

REMM = Requerimientos de Energía Metabolizable para mantención ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

REMP = Requerimientos de Energía Metabolizable para producción de leche ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

REMCP = Requerimientos de Energía Metabolizable para cambio de peso ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

REMG = Requerimientos de Energía Metabolizable para gestación ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

$$\text{CI} = 1 + 0,018 \cdot (\text{L}-1)$$

CI corresponde a un factor de corrección por múltiplos de alimentación, el cual, es proporcional al cociente entre los REMT/REMM, por lo tanto, va a depender de la demanda energética total.

$$\text{L} = (\text{REMM} + \text{REMP} + \text{REMCP} + \text{REMG}) \cdot \text{REMM}^{-1}$$

Para estimar los requerimientos de energía metabolizable, fue necesario determinar, en primera instancia, la concentración energética de la pradera, obteniéndose así los valores de energía bruta, energía metabolizable, metabolibilidad y los coeficientes de eficiencia de utilización de la energía metabolizable (k), que permitieron calcular los requerimientos de energía metabolizable que el animal destina a cada proceso fisiológico.

Cálculo de la metabolibilidad del alimento y de las eficiencias de utilización de la energía metabolizable (k)

La Metabolibilidad (q_m) del alimento se obtiene tras dividir la concentración de energía metabolizable (EM) por el total de energía bruta (EB) contenida en el alimento o dieta.

$$q_m = \text{EM} \cdot \text{EB}^{-1}$$

q_m = Metabolicidad

EM = Energía Metabolizable contenida en la pradera ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)

EG = Energía Bruta contenida en la pradera ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Este parámetro tiene directa relación con la eficiencia de utilización de la energía metabolizable (k), ya que éstas corresponden a ecuaciones lineales que incluyen este valor, estas se pueden resumir según AFRC (1993), de la siguiente forma:

$$k_m = (0,35 \cdot q_m) + 0,503$$

k_m = Eficiencia de utilización de la energía metabolizable para mantención.

$$k_l = (0,35 \cdot q_m) + 0,420$$

k_l = Eficiencia de utilización de la energía metabolizable para lactancia.

$$k_g = 0,95 \cdot k_l$$

k_g = Eficiencia de utilización de la energía metabolizable para cambio de peso.

Otros valores de eficiencias son asignados por AFRC (1993), que corresponden a constantes, sin influencia de q_m :

$$k_t = 0,84$$

k_t = Eficiencia de utilización de la energía metabolizable de transferencia, es decir, es la eficiencia con que el animal utiliza sus reservas corporales a favor de la producción de leche.

$$k_c = 0,133$$

k_c = Eficiencia de utilización de la energía metabolizable para gestación.

Tras los análisis de composición y contenido energético (energía bruta y metabolizable) de la pradera, se obtuvieron los siguientes valores de metabolibilidad y de eficiencias de utilización, para ambos periodos del ensayo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores de metabolibilidad y eficiencia de utilización de la energía metabolizable en ambos periodos del ensayo.

Periodo Ensayo	Energía Bruta (EB) (MJ·kg MS ⁻¹)	Energía Metabolizable (EM) (MJ·kg MS ⁻¹)	Metabolibilidad (q_m)	k_m	k_l	k_g	k_t	k_c
1	17,70	9,91	0,56	0,70	0,62	0,59	0,84	0,13
2	18,21	11,25	0,62	0,72	0,64	0,60	0,84	0,13

Cálculo de requerimientos de energía metabolizable que el animal destina a cada proceso fisiológico, de acuerdo a AFRC (1993)

Los requerimientos de energía metabolizable para cada proceso que a continuación se detalla, están expresados en (MJ·día⁻¹).

Cálculo de requerimientos de energía metabolizable para mantención

Los requerimientos de energía metabolizable para mantención (REMM), están definidos como:

$$\text{REMM} = (F+A) \cdot k_m^{-1}$$

Donde: $F = 0,53 \cdot (PV \cdot 1,08^{-1})^{0,67}$

El valor F corresponde a la metabolibilidad basal, este engloba al gasto energético destinado al mantenimiento de las funciones vitales del animal que depende directamente del peso vivo (PV) medido en kg.

$$A = 0,00947 \cdot PV$$

Donde A corresponde a la energía que el animal gasta en diferentes actividades diarias como movimientos horizontales, movimientos verticales, estar de pie por un periodo de tiempo determinado y por cambios de posición del cuerpo.

Cálculo de requerimientos de energía metabolizable para producción de leche

Los requerimientos de energía metabolizable para producción de leche (REMPL), están definidos como:

$$\text{REMPL} = \text{EPLD} \cdot k_l^{-1}$$

Donde:

$$\text{EPLD} = \text{PLD} \cdot [(0,376 \cdot \text{CG}) + (0,209 \cdot \text{CP}) + 0,948]$$

EPLD corresponde al valor energético de la producción de leche diaria ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$) el que depende de la producción de leche diaria (PLD), medida en $\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$, y de la concentración de grasa (CG) y proteína láctea (CP), expresada en $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Los valores en concentración de grasa y proteína fueron determinados por medio de laboratorio (COOPRINSEM).

La cantidad de energía por kg de leche (EKL), medido en $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ esta determinado por el valor energético de la producción de leche dividido por la producción de leche diaria.

$$\text{EKL} = \text{EPLD} \cdot \text{PLD}$$

Cálculo de requerimientos de energía metabolizable para cambio de peso

Los requerimientos de energía metabolizable para cambio de peso (REMCP), dependen directamente del cambio de peso diario de cada animal (CPD), expresado en $\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$. Este valor fue calculado mediante análisis de regresión, que relacionan los días del ensayo con el PV de los animales, y que está acotada a tres condiciones:

- Si no existe aumento ni pérdida de peso, los REMCP seran igual a cero

$$\text{CPD} = 0 ; \text{REMCP} = 0$$

- Si existe una pérdida de peso ($\text{CPD} < 0$), los REMCP seran igual a :

$$\text{REMCP} = \text{CPD} \cdot 19 \cdot k_t \cdot \text{kl}^{-1}$$

Asumiendo un contenido de 19 MJ de energía neta en cada kilogramo de PV perdido (AFRC, 1993).

- Si existe una incremento en el peso ($\text{CPD} > 0$), los REMCP seran igual a :

$$\text{REMCP} = \text{CPD} \cdot [1,3 \cdot ((4,1 + 0,0332 \cdot \text{PV} - 0,000009 \cdot (\text{PV}^2))) \cdot (1 - 0,1475 \cdot \text{CPD})^{-1}] \cdot k_g^{-1}$$

Cálculo de requerimientos de energía metabolizable para gestación.

Los requerimientos de energía metabolizable para gestación (REMG), dependen directamente si la vaca se encuentra preñada o no preñada, por lo tanto:

Si la vaca se encuentra vacía, los $\text{REMG} = 0$

Si la vaca se encuentra preñada, los $\text{REMG} = E_c \cdot k_c^{-1}$

Donde:

$$\begin{aligned} E_c &= 0,025 \cdot pvt \cdot E_t \cdot 0,0201 \cdot e^{(-0,0000576 \cdot dgest)^{-1}} \\ E_t &= 10^i \\ i &= 151,665 - [151,64 \cdot \exp(-0,0000576 \cdot d.gest)] \end{aligned}$$

Le corresponde a valores de retención de energía diaria (E_c) y retención de energía al tiempo (E_t), que depende directamente de los días de gestación ($d.gest$) y del peso vivo del ternero al nacer (pvt), medido en kg. Este valor fue calculado mediante datos recopilados en la Estación Experimental Oromo para los terneros puros *Frisón* y *Jersey*. El cálculo del PV de los mestizos al nacimiento fue obtenido mediante los datos de los terneros puros y del grado de contribución de la raza predominante en los mestizos. Estos corresponden a:

pvt *Frisón Neozelandés* (100% FN)= 38 kg.

pvt *Jersey* (100% J)= 24 kg.

pvt F_1 (75% *Jersey*, 25% *Frisón Neozelandés*)= 29 kg.

pvt F_1 (75% *Frisón Neozelandés*, 25% *Jersey*)= 36 kg.

Cálculo del Consumo individual de Pradera, base materia seca (CMS).

El consumo individual de pradera, base materia seca, medido en $kg \cdot día^{-1}$, se obtuvo dividiendo los requerimientos totales de energía metabolizable (REMT) por la concentración energética contenida en la pradera, medida en $MJ \cdot kg^{-1}$ (calculada en laboratorio), método propuesto por Baker (1985). De acuerdo a éste, el consumo individual de pradera está determinado por la ecuación:

$$CMS = REMT \cdot CEMP^{-1}$$

Donde:

CMS: Consumo individual de pradera

REMT: Requerimientos totales de energía metabolizable

CEMP: Concentración energética contenida en la pradera

Estimación de los parámetros de eficiencia biológica.

Eficiencia en la producción por unidad de peso:

La eficiencia para la producción de leche por peso vivo (EPLPV), medida en $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, está determinada por la producción de leche diaria secretada y por el peso vivo del animal.

$$\text{EPLPV} = (\text{PLD} \cdot \text{PV}^{-1}) \cdot 1000$$

La eficiencia para la producción de leche corregida por 4% materia grasa por peso vivo (EPLCPV), medida en $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, esta determinada por la producción de leche corregida 4% materia grasa y por el peso vivo del animal.

$$\text{EPLCPV} = (\text{PLCGD} \cdot \text{PV}^{-1}) \cdot 1000$$

La eficiencia para la producción de grasa por peso vivo (EPGPV), medida en $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, está determinada por la producción de grasa diaria ($\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$) y por el peso vivo del animal.

$$\text{EPGPV} = (\text{PGD} \cdot \text{PV}^{-1}) \cdot 1000$$

La eficiencia para la producción de proteína por peso vivo (EPPPV), medida en $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, está determinada por la producción de proteína diaria ($\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$) y por el peso vivo del animal.

$$\text{EPPPV} = (\text{PPD} \cdot \text{PV}^{-1}) \cdot 1000$$

Eficiencia en la producción por consumo de materia seca

La eficiencia para la producción de leche por materia seca consumida (EPLCMS), medido en $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, está determinada por la producción de leche diaria secretada ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$) y por el consumo de materia seca individual ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$)

$$\text{EPLCMS} = (\text{PLD} \cdot \text{CMS}^{-1})$$

La eficiencia para la producción de leche corregida por 4% materia grasa por materia seca consumida (EPLCCMS), medida en $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, está determinada por la producción de leche corregida por 4% materia grasa y por el consumo de materia seca individual ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$).

$$\text{EPLCCMS} = (\text{PLCGD} \cdot \text{CMS}^{-1})$$

La eficiencia para la producción de grasa por materia seca consumida (EPGCMS), medida en $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, está determinada por la producción de grasa diaria ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$) y por el consumo de materia seca individual ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$).

$$\text{EPGCMS} = (\text{PGD} \cdot \text{CMS}^{-1})$$

La eficiencia para la producción de proteína por materia seca consumida (EPPCMS), medida en $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, está determinada por la producción de proteína diaria ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$) y por el consumo de materia seca individual ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$).

$$\text{EPPCMS} = (\text{PPD} \cdot \text{CMS}^{-1})$$

**Cálculo de la eficiencia bruta y corregida de
la energía metabolizable por cambio de peso vivo.**

La eficiencia bruta de la energía metabolizable (EEB), medida en %, depende del valor energético para la producción de leche diaria ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$), del consumo de materia seca diaria ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$) y de la energía metabolizable de la pradera ($\text{MJ} \cdot \text{día}^{-1}$).

$$\text{EEB} = [\text{EPLD} \cdot (\text{CMS} \cdot \text{EM})^{-1}] \cdot 100$$

La eficiencia de la energía metabolizable corregida por el cambio de peso diario (EEBC), medido en %, esta directamente relacionada con el comportamiento en el cambio de peso diario de cada animal (CPD) y este será:

Si no existe incremento ni pérdida de peso, la eficiencia de la energía metabolizable corregida por el cambio de peso diario, será igual que la energía bruta de la energía metabolizable:

$$\text{EEBC} = \text{EEB}$$

Al existir incremento de peso, se debe restar de la energía metabolizable consumida la fracción destinada al aumento de peso:

$$\text{EEBC} = [\text{EPLD} \cdot ((\text{EM} \cdot \text{CMS}) - \text{REMCP})^{-1}] \cdot 100$$

Al existir pérdida de peso corporal, es necesario restar de la fracción energética destinada a producir leche el aporte por movilización de reservas corporales, asumiendo al igual que en el cálculo de REMCP un contenido de 19 MJ de energía neta en cada kilogramo de PV perdido:

$$\text{EEBC} = [(\text{EPLD} + 19 \cdot \text{CPD} \cdot k_t) \cdot (\text{EM} \cdot \text{CMS})^{-1}] \cdot 100$$

REMCP corresponde a los requerimientos de energía metabolizable para cambio de peso, medido en $\text{MJ}\cdot\text{d}^{-1}$, CPD al cambio de peso diario ($\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$) y k_t a la eficiencia de utilización de la energía metabolizable de transferencia.

Cálculo de la eficiencia bruta de la proteína cruda ingerida.

La eficiencia bruta de la proteína bruta (EPB), medida en %, depende directamente de la producción de proteína diaria secretada en la leche ($\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$), del consumo de materia seca individual ($\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$) y del % de proteína cruda contenida en la MS consumida.

$$\text{EPB} = [\text{PPD} \cdot (\text{CMS} \cdot \text{PC})^{-1}] \cdot 10000$$

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El ensayo se realizó bajo un modelo de bloques al azar (2 periodos) con estructura factorial 2X2 (2 biotipos y vacas de 1° y 2° lactancia) con 3 repeticiones por tratamiento (vacas).

El modelo matemático que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + TR_j + NL_k + (TR \times NL)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl}	= Variable dependiente
μ	= Promedio general
P_i	= Efecto del periodo ($i = 1,2$)
TR_j	= Efecto del biotipo o tipo racial ($j = 1,2$)
NL_k	= Efecto del número ordinal de lactancia ($k = 1,2$)
$(TR \times NL)_{jk}$	= Interacción entre el biotipo y el número ordinal de lactancia
ε_{ijkl}	= Error experimental

Las variables dependientes que se analizaron para observar su respuesta, fueron detalladas anteriormente en la metodología.

Los resultados de las variables dependientes, y las eventuales interacciones, se analizaron mediante ANDEVA y comparaciones múltiples SNK.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del biotipo sobre los parámetros productivos

En sistemas de pastoreo, a diferencia de aquellos con estabulación permanente, el principal desafío es poder lograr la máxima producción por unidad de superficie, en desmedro de la producción individual. Esto se lograría con animales de menor tamaño y de mayor producción de sólidos por hectárea como es el caso del *Frisón Neozelandés*, del *Jersey* y las cruzas entre ambos. Cuando se comparan razas o líneas de tamaño similar, es importante evaluar en este tipo de sistema, la cantidad de leche producida (litros/día) y la cantidad de sólidos lácteos totales que ésta contenga. Cuando interviene la raza *Jersey*, dado que la diferencia en peso vivo con respecto al *Holstein* es alrededor del 30% (Magofke y González, 1999), la comparación de las producciones individuales requiere de medidas de eficiencia biológica.

En el Cuadro 7 se aprecia que la producción de leche diaria sin corregir y corregida fue similar para las hembras FN y F₁. Esto ocurre a pesar de que el peso vivo y peso metabólico promedio de las vacas FN fue de un 19,8% y 14,5% superior con respecto a F₁, respectivamente. A pesar de que estos resultados son similares a los informados por González *et al.* (2005), al comparar estos mismos biotipos, los valores que se obtienen en este estudio merecen un análisis diferente, ya que dichos autores analizaron sólo animales de primera lactancia.

En la primera lactancia las diferencias de peso vivo y metabólico de FN con respecto a F₁ fueron de 17,6 y 12,9% respectivamente. La producción de leche sin corregir y corregida a 4% materia grasa favoreció en esta lactancia al FN en un 10,5 y 7,8% en el mismo orden. González *et al.* (2005), con un mayor número de vacas y analizando tres periodos de la lactancia, en vez de dos como ocurre en este estudio, las vacas FN aventajaron a las F₁ en 11,5%.

Cuadro 7. Efecto del biotipo y la lactancia sobre variables productivas y de peso vivo.

VARIABLES PRODUCTIVAS Y DE PESO VIVO	Promedio Biotipo x lactancia (TR x NL)				Promedio por biotipo (TR)	
	1° Lactancia		2° Lactancia		FN Promedio	F1 Promedio
	FN Promedio	F1 Promedio	FN Promedio	F1 Promedio		
Características de Peso						
Peso Vivo (kg)	468,40(a) ¹	398,30(a)	529,20(a)	434,60(a)	498,80(a)	416,43(b)
Peso Metabólico (kg)	100,68(a)	89,14(a)	110,29(a)	95,14(a)	105,48(a)	92,14(b)
Cambio de Peso (kg·día ⁻¹)	0,11(a)	0,05(a)	0,13(a)	-0,02(a)	0,125(a)	0,012(a)
Producción de Leche						
Sin Corregir (kg·día ⁻¹)	14,73(a)	13,33(a)	14,10(a)	15,51(a)	14,39(a)	14,42(a)
Corregida a 4% Materia Grasa (kg·día ⁻¹)	16,60(a)	15,40(a)	15,80(a)	18,80(b)	16,17(a)	17,09(a)
Materia Grasa						
Contenido (g·kg ⁻¹)	48,65(a)	51,20(a)	49,26(a)	54,83(a)	48,95(a)	53,01(a)
Producción (g·día ⁻¹)	711,85(a)	669,64(a)	676,92(a)	839,90(b)	690,0(a)	750,0(a)
Proteína láctea						
Contenido (g·kg ⁻¹)	36,93(a)	38,11(a)	39,71(a)	40,07(a)	38,32(a)	39,09(a)
Producción (g·día ⁻¹)	542,758(a)	501,81(a)	550,76(a)	617,28(a)	540,0(a)	550,0(a)
Valorización energética						
Por kg. de leche (MJ·kg ⁻¹)	3,54(a)	3,66(a)	3,63(a)	3,84(a)	3,59(a)	3,75(a)
Producción diaria (MJ·día ⁻¹)	52,08(a)	48,31(a)	50,29(a)	59,20(b)	51,18(a)	53,75(a)

¹ : Letras diferentes, en sentido horizontal, indican significancia estadística ($p \leq 0,05$).

En este caso las F₁ aun cuando no presentaron diferencias significativas con respecto al FN, superaron en 3,4, 8,3 y 8,3% respectivamente al considerar leche sin corregir,

corregida 4% materia grasa y por sólidos totales. Por lo general las comparaciones raciales se prefieren realizar con las producciones de la primera lactancia, ya que éstas se encuentran menos afectadas por efectos no genéticos y de factores ambientales. En este estudio se obtienen valores difíciles de explicar, ya que en la segunda lactancia el FN produce 9,1 y 16% menos que las F₁ al considerar leche sin corregir y corregida respectivamente. Los resultados en este caso pueden atribuirse a efectos de muestreo por el bajo número de animales que se evalúa. Resulta extraño que la producción diaria de leche de las vacas FN de segunda lactancia sea inferior a la registrada por las vacas de primera lactancia. En la Estación Experimental Oromo de acuerdo al análisis hecho por Gana *et al.* (2004), existe un incremento de producción de las lactancias que se inician a partir del primer y segundo parto de un 13%, lo cual se corrobora con los antecedentes de la literatura entregados por Rice *et al.* (1957), quienes informan una diferencia de 19% en la producción de leche de la segunda lactancia en relación a la primera ocurrida a los dos años.

La menor producción de leche sin corregir en la segunda lactancia por parte de las FN de un 4,3%, observado en este estudio, es por consiguiente anómala. Las F₁ en cambio muestran un aumento en la producción de la primera a segunda lactancia de un 16,4%, lo cual se encuentra dentro del rango previsto. Los resultados que se obtienen en esta etapa debiesen ser interpretados, por consiguiente, con cautela. La situación planteada en el párrafo anterior no puede atribuirse a que las lactancias de las vacas FN ocurrieron en fechas diferentes, siendo éstas en promedio el 12 y 15 de agosto para la primera y segunda lactancia respectivamente, con escasa variación entre los animales considerados. Las vacas F₁ por su parte iniciaron sus lactancias en fechas muy parecidas a las FN, correspondiendo al 10 y 5 de agosto para la primera y segunda lactancia respectivamente. El antecedente indicado es importante, ya que en estudios previos realizados en este campo experimental, se han demostrado que en las pariciones de primavera el efecto del mes de inicio de las lactancias es de suma importancia (García *et al.*, 1987).

Como se observa en el Cuadro 7 la producción de leche sin corregir y corregida a 4% materia grasa de las vacas FN de segunda lactancia fue de 9,1 y 16% inferior que en las F₁.

Las diferencias en producción de leche sin corregir en la primera y segunda lactancia no fueron significativas, sin embargo a pesar del bajo número de animales controlados se alcanza significancia estadística a favor del F₁ en producción de leche corregida a 4% materia grasa en las vacas de segunda lactancia.

Es importante destacar que la diferencia de peso vivo a favor del FN fue de 17,6 y 21,8% en la primera y segunda lactancia, respectivamente. Según González *et al.* (2005), es previsible una disminución en el peso vivo mientras mayor sea la proporción de *Jersey* en el cruzamiento, lo cual concuerda con los resultados del presente ensayo; sin embargo, no existió por este motivo una respuesta adversa en la producción. El peso vivo afecta directamente en el margen bruto de los campos lecheros, ya que influye a través de sus efectos en la alimentación, en la mantención de los animales, y en la carga animal, por consiguiente en los costos del campo lechero (López-Villalobos *et al.*, 2000).

La interacción significativa entre el tipo racial y el número ordinal de lactancia (TR*NL), observada para la producción de leche corregida debe interpretarse cuidadosamente, ya que parece haber existido un importante efecto de muestreo en las tres vacas que se controlaron en la segunda lactancia.

Como se observa en el Cuadro 7, el contenido de grasa por kg de leche, en el promedio por biotipo fue de 8,3% mayor en las hembras F₁. Las diferencias observadas, no obstante, entre los biotipos en la primera y segunda lactancia fueron muy distintas, aun cuando no presentaron diferencias significativas. Las vacas F₁ superan a las FN en un 5,2% en la primera lactancia, en cambio la diferencia en la segunda lactancia aumenta a 11,3%. Esto indica que las diferencias que se observan en la producción de leche de la segunda lactancia se incrementan al considerar la leche corregida, debido a que los tenores grasos son sustancialmente mayores.

La diferencia en el contenido de proteína láctea en el promedio de ambas lactancias es menor que lo observado para materia grasa en concordancia con los resultados obtenidos

por González *et al.* (2005) y con los resultados de la literatura internacional (López Villalobos *et al.*, 2000). En la primera y segunda lactancia, la diferencia a favor del F₁ en relación al FN fue de 3,2 y 0,9% respectivamente, sin alcanzar diferencias significativas. Debido a lo anteriormente señalado las diferencias en la producción de proteína fueron similares a las observadas en producción de leche sin corregir.

El valor energético del kilogramo de leche producido por el FN fue 3,3 y 5,5% inferior con respecto al F₁ en la primera y segunda lactancia respectivamente (Cuadro 7). La producción diaria de energía fue, sin embargo, mayor en la primera lactancia de las vacas FN, pero sustancialmente menor en la segunda lactancia. La importante interacción TR*NL al igual que en la producción de leche, debe interpretarse cuidadosamente debido al importante efecto de muestreo que se observa en las vacas FN controladas durante la segunda lactancia.

A partir de los valores en concentración energética obtenidos en el Cuadro 7, se puede inferir que 1 kg de leche FN contiene igual energía que 0,958 kg de leche F₁, teniendo en cuenta que estos 0,958 kg de leche contienen una mayor cantidad de grasa y similar cantidad de proteína que las FN. Resultados obtenidos al comparar animales *Jersey* con otras razas (Anrique *et al.*, 2003; Comerón *et al.*, 2002; Mackle *et al.*, 1996) dan una marcada superioridad en producción de leche corregida por grasa, producción de sólidos lácteos y energía láctea a favor de los animales *Jersey*. Igual tendencia obtuvo González *et al.* (2005), donde los animales F₁ superaron en producción de leche corregida por grasa, en producción de grasa y proteína y en cantidad de energía por kg de leche producido en un 8,3, 12,1, 6,6, y 4,9%, respectivamente, al biotipo FN.

Estos resultados confirman el hecho de utilizar germoplasma *Jersey* en sistemas de cruzamientos que tengan como finalidad el maximizar la producción de sólidos en desmedro del volumen de leche, siendo mayor la respuesta económica en aquellos sistemas que otorguen una mayor ponderación a los precios de dichos productos, como ocurre en el caso de Nueva Zelanda. Esta idea es compartida por Gana *et al.* (2004), quienes justifican

el uso de cruzamientos en el módulo de primavera, sólo si la tendencia futura, al igual que en otros países, fuese hacia una mayor valorización de los sólidos en desmedro del pago por volumen. En el actual escenario de precios, el uso de cruzamientos rotacionales, con las razas estudiadas en el segmento de partos de primavera, no generaría una ventaja económica con respecto a la alternativa de utilizar el FN puro.

Efecto del biotipo sobre parámetros de eficiencia biológica

Conforme a lo anterior, en todas las variables analizadas en el Cuadro 8, se observa que el F_1 es significativamente superior a los animales FN. Debido al menor peso vivo mostrado por los animales F_1 , al expresar las producciones de leche y sólidos por unidad de peso, existió una marcada superioridad de los mestizos en el promedio de ambas lactancias ($p \leq 0,05$) (Cuadro 8). Según González *et al.* (2005), era esperable que al utilizar germoplasma *Jersey* en cruzamientos significaría una baja en el peso vivo de los animales; sin embargo, al no verse afectada la producción de leche, el efecto conjunto de ambos factores hace posible la marcada superioridad del F_1 .

Cuadro 8. Producciones diarias por kilogramo de Peso Vivo (PV) en vacas *Frisón Neozelandés* y F_1 (*Jersey x Frisón Neozelandés*) a pastoreo.

EFICIENCIA BIOLÓGICA	Promedio Biotipo x lactancia (TR x NL)				Promedio por biotipo (TR)	
	1° Lactancia		2° Lactancia		FN Promedio	F1 Promedio
	FN Promedio	F ₁ Promedio	FN Promedio	F ₁ Promedio		
Producción de Leche						
Sin Corregir (g·kg PV ⁻¹)	31,50(a) ¹	33,78(a)	26,62(a)	35,90(a)	29,05(a)	34,84(b)
Corregida a 4% Materia Grasa (g·kg PV ⁻¹)	35,37(a)	38,90(a)	30,00(a)	43,51(b)	32,68(a)	41,20(b)
Corregida por Sólidos Totales (g·kg PV ⁻¹)	35,44(a)	38,97(a)	30,49(a)	43,65(b)	32,96(a)	41,30(b)
Producción de Sólidos Lácteos						
Materia Grasa (g·kg PV ⁻¹)	1,52(a)	1,69(a)	1,29(a)	1,94(b)	1,40(a)	1,81(b)
Proteína Láctea (g·kg PV ⁻¹)	1,15(a)	1,27(a)	1,05(a)	1,43(a)	1,10(a)	1,34(b)

¹ : Letras diferentes en sentido horizontal indican significancia estadística ($p \leq 0,05$).

La eficiencia promedio, en ambas lactancias, evaluada en producción de leche sin corregir presenta una superioridad de 19,9% ($p \leq 0,05$). La diferencia entre ambos biotipos se incrementó a un 26.1%, al corregir la producción de leche por el contenido graso, ya que el FN mostró un menor contenido de sólidos lácteos que el F_1 (Cuadro 7). Al corregir la producción de leche por sólidos totales se detectó una interacción entre tipo racial y número ordinal de lactancia (TR·NL). En la primera lactancia las producciones corregidas fueron de 35,4 y 38,9 g·kg⁻¹ de PV para FN y F_1 , respectivamente ($p > 0,05$), mientras que en la segunda lactancia éstas fueron de 30,4 y 43,6 g·kg⁻¹ de PV ($p \leq 0,05$) (Cuadro 8). Una tendencia similar ocurrió en producción de grasa. Los animales de primera lactancia no difirieron significativamente ($p > 0,05$) pero en los de segunda lactancia, la superioridad del F_1 fue de 24,1% ($p \leq 0,05$). En proteína láctea existe una diferencia a favor del F_1 de 21,8%, con una producción de 1,34 g·kg⁻¹ de PV. En este caso la interacción no fue significativa ($p > 0,05$).

Efecto del biotipo sobre los Requerimientos y utilización de la Energía Metabolizable

De acuerdo a los resultados que se indican en el Cuadro 9, los valores alcanzados por el F₁ y el FN para requerimientos totales de energía metabolizable fueron de 142,3 y 152,3 MJ·día⁻¹, respectivamente, es decir, un 6,6% inferior para F₁, pero no difirieron significativamente ($p > 0,05$). Al comparar los requerimientos de energía metabolizable para cada proceso fisiológico, el F₁ tiene un menor costo de mantención que el FN, llegando a valores de 47,5 y 53,9 MJ·día⁻¹ ($p \leq 0,05$), respectivamente. Al comparar los requerimientos de energía metabolizable para producción de leche se detectó una interacción significativa (TR·NL), ($p \leq 0,05$). Los valores alcanzados por los animales de primera lactancia fueron para FN y F₁ de 86,1 y 79,9 MJ·día⁻¹ ($p > 0,05$), respectivamente y para los animales de segunda de 83,1 y 98,3 MJ·día⁻¹, evidenciando una marcada superioridad del F₁ ($p \leq 0,05$). En relación a los requerimientos de energía metabolizable para cambio de peso, los animales F₁ y FN presentaron requerimientos del orden de 3,8 y 12,1 MJ·día⁻¹ ($p > 0,05$), respectivamente. La misma comparación, para los requerimientos de energía metabolizable para gestación, arrojó una diferencia a favor de F₁ de 1,7 MJ·día⁻¹ ($p > 0,05$).

Cuadro 9. Requerimientos totales de Energía Metabolizable en vacas *Frisón Neozelandés* y F_1 (*Jersey x Frisón Neozelandés*) a pastoreo.

REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA METABOLIZABLE (REM)	Promedio Biotipo x lactancia (TR x NL)				Promedio por biotipo (TR)			
	1° Lactancia		2° Lactancia		FN		F1	
	FN Promedio	F ₁ Promedio	FN Promedio	F ₁ Promedio	Promedio	% ²	Promedio	%
Total (REMT) (MJ·día ⁻¹)	150,13(a) ¹	131,62(a)	154,65(a)	152,00(a)	152,39(a)	100	142,30(a)	100
Para mantención total (REMNT) (MJ·día ⁻¹)	51,67 (a)	46,00 (a)	56,18(a)	49,15 (a)	53,92(a)	35,4	47,57(b)	33,4
Para producción de leche total (REMLT) (MJ·día ⁻¹)	86,16 (a)	79,99 (a)	83,14 (a)	98,32(b)	84,65(a)	55,5	89,15(a)	62,6
Para cambio de peso total (REMCPT) (MJ·día ⁻¹)	11,02(a)	3,73(a)	13,27(a)	3,95(a)	12,14(a)	7,9	3,83(a)	2,7
Para gestación total (REMGTT) (MJ·día ⁻¹)	1,29(a)	1,90(a)	2,07(a)	1,56(a)	1,67(a)	1,1	1,72(a)	1,2

1 : Letras diferentes en sentido horizontal indican significancia estadística ($p \leq 0,05$).

2 : Porcentaje indica proporción del total de energía metabolizable consumida que se destina a cada proceso

Al analizar los resultados en términos relativos, se observa que los animales F_1 presentan menores requerimientos de energía metabolizable, producto de su menor PV, ya que del total de energía ingerida, el F_1 destina un 33,4% a mantención (47,57 MJ·día⁻¹), en comparación a FN que destina cerca de un 35,4% (53,9 MJ·día⁻¹). Las mestizas destinan además un 2,7% a cambio de peso y un 1,2% a gestación en comparación a FN que destina a estos procesos un 7,9% y 1,1%, respectivamente, sin presentar diferencias significativas.

Los requerimientos para producción de leche en el F_1 fueron mayores, ya que destinó una mayor proporción de energía metabolizable a este proceso, llegando a valores cercanos de un 62,6% (89,1 MJ·día⁻¹) en comparación a FN que destinó a este fin solo un 55,5% (84,6 MJ·día⁻¹). Los valores obtenidos por las hembras F_1 en este ensayo concuerdan con la tendencia informada por Bryant *et al.* (2003), citado por González *et al.* (2005). Los

autores al evaluar hembras *Jersey* de alto mérito genético informan que éstas destinaron a producción de leche un 67; 59 y 54% de la energía metabolizable consumida en la lactancia inicial, intermedia y final, respectivamente. Esto indica que la mayor eficiencia biológica mostrada por F_1 se sustenta principalmente en los menores requerimientos de mantención, lo que permite que una mayor proporción de los requerimientos energéticos totales diarios se destinen a producción láctea. El FN derivó a mantención y CPV un total de $66,1 \text{ MJ}\cdot\text{día}^{-1}$, lo que representó un 43,3% de la energía metabolizable ingerida, en cambio F_1 destino un total de $51,4 \text{ MJ}\cdot\text{día}^{-1}$ a dichas funciones, lo que representó sólo un 36,1% de la ingesta de energía metabolizable diaria, antecedentes importantes para explicar sus mejores eficiencias de conversión (González *et al.*, 2005).

Efecto del biotipo sobre el consumo diario de pradera base materia seca (CMS)

Las estimaciones de consumo diario de materia seca (CMS) (Cuadro 10) no difirieron significativamente ($p > 0,05$) al expresarlas en valor absoluto. Estos valores fueron del orden de 13,6 y 14,6 $\text{kg MS}\cdot\text{animal}\cdot\text{día}^{-1}$ en F_1 y FN, respectivamente, valores que concuerdan con lo publicado por González *et al.* (2005) al hacer la misma comparación en vacas primíparas, donde los valores fueron de 13,3 y 13,9 $\text{kg MS}\cdot\text{animal}\cdot\text{día}^{-1}$ en F_1 y FN, respectivamente.

Una tendencia similar obtuvieron L' Huillier *et al.* (1988), al comparar el CMS en vacas FN y *Jersey*, manejadas con cuatro niveles de disponibilidad de pradera, donde no se detectaron diferencias entre ambas razas.

Cuadro 10. Consumo diario de Pradera, base Materia Seca, por kg de Peso Vivo (PV) y por kg de Peso Metabólico (PM), en vacas *Frisón Neozelandés* y F_1 (*Jersey* x *Frisón Neozelandés*) a pastoreo.

CONSUMO DE PRADERA BASE MATERIA SECA (CMS)	Promedio Biotipo x lactancia (TR x NL)				Promedio por biotipo (TR)	
	1° Lactancia		2° Lactancia		FN Promedio	F1 Promedio
	FN Promedio	F ₁ Promedio	FN Promedio	F ₁ Promedio		
Producción de Leche						
CMS (kg MS·animal·día ⁻¹)	14,43(a) ¹	12,60(a)	14,87(a)	14,67(a)	14,65(a)	13,63(a)
CMS (kg MS·100kg PV ⁻¹)	3,09(a)	3,18(a)	2,84(a)	3,40(a)	2,97(a)	3,30(a)
CMS (kg MS·kg PM ² ⁻¹)	14,40(a)	14,20(a)	13,60(a)	15,47(a)	13,99 (a)	14,83(a)

TR: Biotipo.

¹ : Letras diferentes indican significancia estadística ($p \leq 0,05$).

² : PM = PV^{0,75}

Al relacionar el consumo de materia seca con el PV, se aprecia que las hembras F_1 consumieron 10,4% más de materia seca por día que las FN, con valores de 3,3 y 2,9 kg MS/100 kg de PV, respectivamente. Esta diferencia no presentó sin embargo, significancia estadística ($p > 0,05$). Esta tendencia concuerda con la literatura (L'Huillier *et al.*, 1988, Mackle *et al.*, 1996, González *et al.*, 2005). La diferencia en consumo de materia seca expresados por unidad de peso metabólico (PV^{0,75}) tampoco difirió significativamente ($p > 0,05$), llegando a 14,8 y 13,9 kg MS/kg del PM en el F_1 y FN, respectivamente. Esto se avalaría por la habilidad que tendrían estos animales de tener un mayor consumo por presentar mayores volúmenes relativos del retículo-rumen, ya que estudios mostrados por Nagel y Piatkowski, (1988), citado por Brade, (1992), indicarían que los animales *Jersey* tendrían mayor volumen y peso de estos órganos internos que los animales *Frisones*. Por esta razón sería interesante estudiar más a fondo esta aseveración y poder relacionarla con la conducta de pastoreo, para así poder tener una relación más directa entre el consumo, la tasa y tamaño de bocado, con el peso de los órganos internos del animal.

Efecto del biotipo sobre parámetros de eficiencia de conversión alimenticia

Los resultados referidos a eficiencia de conversión alimenticia obtenidos para las diferentes variables productivas, (Cuadro 11), muestran que para producción de leche, en sus distintas expresiones, y de sólidos lácteos por unidad de MS, no fueron significativas ($p > 0,05$), mostrando una leve tendencia a favor del F₁.

Al respecto L' Huillier *et al.* (1988) y Mackle *et al.* (1996) al hacer comparaciones entre FN y *Jersey*, reportaron una tendencia a favor de los animales *Jersey* en eficiencia de conversión alimenticia (ECA). Klein *et al.* (2000) al comparar *Frisón Negro* y *Jersey* con diferentes niveles de concentrado, obtuvo resultados similares en los cuales el *Jersey* con bajo y con alto nivel de concentrado presentó una mayor eficiencia de conversión de materia seca en leche corregida por grasa y proteína.

Cuadro 11. Eficiencia de conversión alimenticia en vacas *Frisón Neozelandés* y F₁ (*Jersey* x *Frisón Neozelandés*) a pastoreo.

EFICIENCIA DE CONVERSIÓN (g·kg MS ⁻¹)	Promedio Biotipo x lactancia (TR x NL)				Promedio por biotipo (TR)	
	1° Lactancia		2° Lactancia		FN Promedio	F1 Promedio
	FN Promedio	F ₁ Promedio	FN Promedio	F ₁ Promedio		
Producción de Leche						
Sin Corregir	1,08(a) ¹	1,07(a)	1,03(a)	1,10(a)	1,05(a)	1,08(a)
Corregida a 4% Materia Grasa	1,23(a)	1,25(a)	1,14(a)	1,34(a)	1,18(a)	1,29(a)
Corregida por Sólidos Totales	1,23(a)	1,25(a)	1,16(a)	1,35(a)	1,20(a)	1,30(a)
Producción de Sólidos Lácteos						
Materia Grasa	53,07(a)	54,83(a)	49,06(a)	60,34(a)	51,07(a)	57,59(b)
Proteína Láctea	40,51(a)	40,93(a)	40,08(a)	44,26(a)	40,30(a)	42,60(a)

TR: Biotipo.

¹ : Letras diferentes indican significancia estadística ($p \leq 0,05$).

Las diferencias en ECA se incrementan cuando se incorpora el efecto de la producción de grasa. Las hembras F₁ superaron en 12,7% a FN, llegando las primeras a un valor de 57,5 g·kg MS⁻¹ ($p \leq 0,05$). En producción de proteína no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) teniendo valores para F₁ y FN de 42,6 y 40,3 g·kg MS⁻¹, respectivamente. Resultados semejantes obtuvo González *et al.* (2005), al comparar la eficiencia de conversión de grasa y proteína donde el F₁ supera en un 17,4 y 11,4% a FN, respectivamente. Según Mackle *et al.* (1996), la mayor eficiencia de conversión de la MS del pasto en sólidos lácteos, se debería principalmente a la mayor eficiencia en la producción de grasa láctea mostrada por el biotipo *Jersey*; en el caso de esta investigación sería debería a la mayor eficiencia del F₁ con respecto al FN.

Efecto del biotipo sobre parámetros de eficiencia energética y proteica

Los resultados obtenidos al analizar la eficiencia energética bruta, corregida (EEB, EEBC) y de proteína bruta (EPB) se presentan en el Cuadro 12. Al analizar la eficiencia bruta de la energía metabolizable, es decir, la energía neta depositada en la leche con respecto de la energía metabolizable ingerida, se observó una tendencia a favor de F₁ llegando a un valor de 38,3%, valor que no presentó diferencia significancia respecto a FN ($p > 0,05$). Este resultado esta muy influenciado por las diferencias en cambio de peso vivo descrita con anterioridad, (Cuadro 7). Por este motivo, al corregir los resultados por dicho efecto, es decir, removiendo el sesgo producido por la energía aportada por las reservas corporales o aquellas reservas que van destinada al incremento de peso, la diferencia entre F₁ y FN alcanza niveles significativos ($p \leq 0,01$), llegando a valores de 37,5 y 34,7%, respectivamente.

Cuadro 12. Eficiencia en la utilización de proteína cruda (EPB) de energía bruta y corregida (EEB, EEBC) en vacas *Frisón Neozelandés* y F_1 (*Jersey x Frisón Neozelandés*) a pastoreo.

EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)	Promedio Biotipo x lactancia (TR x NL)				Promedio por biotipo (TR)	
	1° Lactancia		2° Lactancia		FN Promedio	F1 Promedio
	FN Promedio	F ₁ Promedio	FN Promedio	F ₁ Promedio		
Producción de Leche						
Eficiencia Bruta de la Proteína Cruda (EPB)	20,01(a) ¹	20,45(a)	19,89(a)	21,98(a)	19,95(a)	21,22(a)
Eficiencia Bruta de la Energía Metabolizable (EEB)	36,26(a)	37,01(a)	34,33(a)	39,77(a)	35,30(a)	38,39(a)
Eficiencia Corregida de la Energía Metabolizable por cambio de peso diario (EEBC)	35,82(a)	36,70(a)	33,66(a)	38,30(a)	34,74(a)	37,50(b)

TR: Biotipo.

1 : Letras diferentes indican significancia estadística ($p \leq 0,05$).

Esta tendencia concuerda con los resultados informados por González *et al.* (2005), quienes obtuvieron valores superiores para F_1 en un 5,8% con respecto a FN, en vacas primíparas y Mackle *et al.* (1996), quienes obtuvieron un 12,8% a favor de F_1 para dicho valor. Esto indica que los mestizos son más eficientes en la utilización de la energía metabolizable ingerida descontando la energía aportada por las reservas corporales, esto confirma su mayor tendencia a depositar energía a la leche. Esta tendencia también se observó en la EPB, donde el F_1 supera en un 6,3% a FN, llegando a un valor de 21,2%, valor que no alcanzó a presentar significancia estadística ($p > 0,05$).

Productividad e Ingreso promedio por unidad de superficie

En función de los resultados obtenidos, resulta interesante estimar la productividad por unidad de superficie factible de alcanzar con ambos biotipos. La producción de materia seca total en las praderas de la X Región fluctúa entre 12 y 18 ton MS·ha·año⁻¹ (Teuber, 1996). INIA Carillanca, por su parte, en trabajos realizados en la IX Región, han logrado producciones de 15 ton MS·ha·año⁻¹ en praderas de ballica perenne en mezcla con trébol blanco (Romero, 2000). En la Estación Experimental Oromo se logran producciones del orden de las 13 ton MS·ha·año⁻¹, con una eficiencia de utilización de un 80%, es decir, se dispone de 10,4 ton MS·ha·año⁻¹ (González¹, comunicación personal). Asumiendo esta información, y que la duración promedio de las lactancias, en los animales de Oromo, es de 280 días, se puede determinar la productividad factible de alcanzar para ambos biotipos. En estas condiciones, la carga animal y productividad se encuentran desarrolladas en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Productividad por unidad de superficie factible de alcanzar por vacas *Frisón Neozelandés* y *F₁ (Jersey x Frisón Neozelandés)* a pastoreo.

VARIABLES	Promedio por biotipo (TR)		
	FN	F ₁	% (F ₁ -FN·FN ⁻¹) ·100
Carga Animal (vacas·ha ⁻¹)	2,43	2,62	7,80
Producción de Leche			
Sin corregir (kg·ha ⁻¹)	10466	10798	3,18
Producción de Sólidos lácteos			
Materia Grasa (kg·ha ⁻¹)	512,32	572,50	11,75
Proteína (kg·ha ⁻¹)	401,10	422,10	5,24

Lactancia promedio de 280 días.

¹ González, Humberto: Director Estación Experimental Oromo, Universidad de Chile, Purranque, X región.

La carga animal/hectárea se obtuvo del cociente entre la cantidad de MS disponible/hectárea/año y el consumo de MS del animal durante el periodo en lactancia. La producción de leche por hectárea es el resultado de la multiplicación entre los kilos de leche/vaca/lactancia (consumo de MS diario, por los días en lactancia y por la eficiencia de conversión) y la carga animal. La producción de grasa y proteína por hectárea, se obtuvieron tras multiplicar los kilos de grasa o proteína producida durante el periodo en lactancia (producción de grasa o proteína diaria por los kilos de leche/vaca/lactancia) y la carga animal/hectárea.

Según los resultados, sería factible sustentar una carga animal de 2,43 y 2,62 vacas·ha⁻¹ con animales FN y F₁, respectivamente. En estas condiciones, las F₁ producirían 10798; 572,50 y 422,10 kg·ha⁻¹ de leche, grasa y proteína, respectivamente, durante los 280 días en lactancia, superando a FN en 3,18, 11,75 y 5,24%, respectivamente. Esta tendencia es concordante con los resultados presentados por González *et al.* (2005) y con los de Nueva Zelanda informados por Holmes *et al.* (2002), citado por el mismo autor, respecto de la producción de sólidos lácteos. La superioridad obtenida por el F₁, se explica por la mayor producción de sólidos lácteos en especial por la producción de materia grasa.

Para la estimación de los ingresos por ventas de leche, se consideró la situación del mercado actual, es decir, un precio base de \$87,8, y el pago por sólidos de \$500 por kg de materia grasa sobre 30 g·litro⁻¹ y de \$800 por kg de proteína sobre 32 g·litro⁻¹. Esto no considera ningún tipo de bonificación ni castigo por parte de la planta considerada por este estudio (Soprole S.A.) (Cuadro 14), además los datos de leche, grasa y proteína por hectárea que hacen posible el desarrollo de este ejercicio son los presentados en el Cuadro 13.

Cuadro 14. Ingresos por concepto de venta de leche por hectárea factible de alcanzar en vacas *Frisón Neozelandés* y F_1 (*Jersey x Frisón Neozelandés*) a pastoreo.

INGRESOS POR HECTÁREA	INGRESO POR BIOTIPO			
		Precio	FN	F_1
Leche Fluida	\$ 87,8	Precio base	\$ 946.504,19	\$ 976.587,98
Grasa	\$ 500	Sobre 30g·litro ⁻¹	\$ 110.065,00	\$ 136.810,00
Proteína	\$ 800	Sobre 32g·litro ⁻¹	\$ 64.424,00	\$ 73.520,00
TOTAL			\$ 1.120.993,10	\$ 1.186.917,90

Precios proporcionados por Soprole S.A.

De acuerdo a las cifras del Cuadro 14, las F_1 presentan un mayor ingreso por hectárea superando a las FN en 5,8%. Gran parte de este aumento se debe a la mayor producción de sólidos por unidad de superficie. En términos generales, los ingresos por venta de leche para las cruza deberían ser mucho mayor que el promedio de las razas puras que las originaron, tendiendo a aumentar en la medida en que aumenta el precio por sólidos en relación al precio base (Gana *et al.*, 2004). Es importante considerar que los costos por hectárea aumentan en la medida en que aumenta la carga animal, debido a que los costos para mantención por hectárea son mayores y a que algunos costos unitarios son proporcionales al nivel de carga animal, por ejemplo; costos de sanidad, reproducción, higienizantes de la ubre, entre otros (Gana *et al.*, 2004).

Bajo las mismas condiciones de manejo en que se evaluaron a ambos biotipos, las vacas F_1 demostraron producir similar cantidad de leche sin corregir, una mayor producción de leche corregida, y una mayor producción de sólidos, principalmente materia grasa, en comparación al FN, esto sumado a que presentan un menor peso vivo, un mayor consumo por unidad de peso y una mejor utilización de la energía metabolizable consumida, le otorgan al F_1 una mayor eficiencia biológica. Estudios realizados por López-Villalobos *et al.* (2000), en los que evaluó la genética del ganado lechero de Nueva Zelanda, mostró que

las vacas F₁ (*Holstein x Jersey*) y *Jersey*, tienen un mayor mérito en los ingresos de un campo lechero, que el *Holstein* y *Ayrshire*. Por esta razón este biotipo puede ser utilizado con mayor eficiencia en aquellos sistemas donde se premie la producción de sólidos lácteos, teniendo una mayor carga animal por hectárea, lo que maximizaría la producción de sólidos por unidad de superficie.

Un factor adicional, que es importante al momento de evaluar las posibilidades del uso de los cruzamientos con biotipos Neozelandeses, además de las condiciones de pago, es la necesidad de considerar la diferencia existente entre Chile y Nueva Zelanda en el costo y uso de concentrado (Gana *et al.*, 2004). Mientras que en Nueva Zelanda el uso del concentrado se ve restringido por el mayor valor y por el efecto que tiene el uso de los granos en la formación de ácidos grasos volátiles en el rumen, tendientes a aumentar el volumen lácteo en desmedro del tenor graso; en Chile, se hace más conveniente el uso de biotipos más eficientes en el uso de concentrados y forrajes, es decir, a favor del volumen en desmedro de los tenores grasos y proteicos. Por lo tanto, la implementación de sistemas de producción basados en la conversión de alimentos en sólidos lácteos, elimina estas ventajas comparativas existentes en Chile, en donde existen buenas condiciones para el crecimiento de las praderas, pero además, el uso de suplementos concentrados es de un costo sustancialmente inferior. El actual sistema de pago impuesto por las plantas en Chile, justifica el uso eficiente de ambos insumos (Gana *et al.*, 2004).

Comentarios finales

Los resultados obtenidos en este estudio, avalados por una tendencia similar obtenida por González *et al.* (2005), con un mayor número de vacas de primera lactancia y evaluada en tres etapas de ésta, permite confirmar las bondades del apareamiento de machos *Jersey* con hembras FN. Dado que es imposible mantener un rebaño F₁ a lo largo del tiempo, es necesario considerar diferentes opciones que permitirían retener parte de las bondades obtenidas con este tipo de cruzamientos.

Las opciones a considerar podrían ser:

1. Cruzamientos inter.-se
2. Cruzamientos estáticos
3. Cruzamientos rotacional doble
4. Cruzamientos rotacional periódico

A continuación se analizan las fortalezas y debilidades de las opciones planteadas anteriormente:

1.- Cruzamiento inter-se (machos mestizos * hembras mestizas)

Esta alternativa considera el apareamiento de machos y hembras 50% FN-50% J. La principal fortaleza de esta opción es la facilidad para implementar este esquema de apareamiento. No se recomienda, sin embargo, por los siguientes motivos:

- Los machos deberían obtenerse del propio plantel, por consiguiente, incluso con un rebaño de 200 vientres que utilice inseminación artificial, provocará un importante incremento de la consaguinidad, con la consiguiente pérdida de la heterocigosidad.
- A estos animales no sería factible realizar una prueba de progenie, motivo por el cual el rebaño quedaría ajeno a los incrementos de producción por efectos de la selección.
- La mayoría de los estudios realizados en producción de leche demuestran que el efecto de las recombinaciones génicas es importante y negativo en este rubro.

2.- Cruzamientos estáticos

Los cruzamientos estáticos se caracterizan por requerir de dos poblaciones en un mismo rebaño. Una de ellas, que en este caso debería estar conformada, por ejemplo, de hembras *Holstein* puras, producen las hembras de reposición para mantener el tamaño de la población, permitiendo que un porcentaje de éstas se aparee con machos *Jersey* que

originan hembras F_1 . Una vez finalizada su vida productiva, abandonan el predio sin dejar descendencia. La denominación estática con que se reconoce a estos sistemas de cría, se origina a partir de ésta decisión (Magofke y González, 2004).

La principal limitación radica en que la tasa de reposición en este rubro (producción de leche), por lo general es superior al 25%, motivo por el cual, el porcentaje de vientres *Holstein* destinados a aparearse con toros *Jersey*, sería inferior al 30%.

En rebaños de 100 vientres por efecto del azar, puede cambiar año a año el porcentaje de nacimientos (hembras-machos). En aquellos años en que el porcentaje de hembras nacidas sea inferior al 50%, el porcentaje de vientres que podrían usarse para ser apareados con toro *Jersey* sería aun inferior.

Esta opción mejora sus posibilidades en la medida en que la fertilidad de los vientres y sobre todo la longevidad productiva sean de buen nivel.

3.- Cruzamientos rotacionales

Los cruzamientos rotacionales, dependiendo del número de razas que participen, pueden ser dobles (dos razas) o triples (tres razas). Cualquiera sea el número de estirpes involucradas, siempre se usan razas puras en forma alternada a través de la vía paterna. Las hembras reproductoras son, por el contrario, mestizas originadas a partir de los nacimientos ocurridos en la generación inmediatamente anterior, lo cual permite retener un porcentaje importante de la heterosis individual y materna (Magofke y García, 2003).

En producción de leche el efecto de la heterosis materna es nulo, manifestándose solamente heterosis individual. Las F_1 logran la máxima heterosis porque el 50% de los genes aportados a los descendientes por el padre interactúan con igual contribución génica de las madres, las que pueden presentar versiones diferentes por el hecho de ser transmitidos por un origen genético distinto. A medida que avanzan las generaciones, la

heterocigosidad retenida tiende a estabilizarse en torno al 67% (2/3) a partir de la sexta generación (Magofke y González, 2004). Un aspecto que preocupa es la gran diferencia que puede haber en los pesos al nacimiento y el diferente tamaño adulto de las razas involucradas, que se originaran en vacas contemporáneas producidas en las distintas generaciones. En el caso del *Jersey x Holstein*, el primer aspecto podría provocar problemas de distocia al parto en las hembras primerizas $\frac{2}{3}$ *Jersey* al ser cubiertas con la raza *Holstein* que es de mayor tamaño. En el segundo caso podría producirse una competencia no deseada por el alimento al ser vacas de diferente tamaño, además de impedir un diseño óptimo de las construcciones (en especial la sala de ordeña) por esta causa (Magofke y González, 2004).

En los cruzamientos rotacionales dobles se pierden los efectos maternos favorables observados al utilizar al FN como madre. Estudios económicos realizados por Gana *et al.* (2004), demuestran que debido a la baja ponderación que se le da a los sólidos lácteos en la pauta de pago, al equilibrio el cruzamiento rotacional doble no presentaría ventajas en relación al FN puro.

4.- Cruzamientos rotacional periódico

El cruzamiento rotacional periódico es una alternativa promisoriosa, dado que aun no existe antecedentes experimentales que avalen esta posibilidad. Consiste en realizar un cruzamiento rotacional con ciclos J-FN-FN o ciclos J-FN-FN-FN por la vía paterna. Las hembras reproductoras son, por el contrario, mestizas originadas a partir de los nacimientos ocurridos en la generación inmediatamente anterior (esquema desarrollado en el Cuadro 4), esperándose un comportamiento similar al que se obtiene con las hembras F_1 . Una de las incógnitas que surgen, es poder determinar que porcentaje de los efectos maternos, logrados por las hembras F_1 , serían retenidos en aquellas generaciones donde participen machos *Jersey*. Para llevar a cabo esta estrategia es de importancia, implementar un desarrollo de masa en el predio, con la finalidad de estimar la producción de leche y sólidos

lácteos por animal y poder determinar que proporción de hembras F_1 se necesitan para cada año.

CONCLUSIONES

- El mestizo F₁ (macho *Jersey* * hembra *Frisón Neozelandés*) debido a su mayor producción de sólidos lácteos, específicamente grasa, y a la mayor eficiencia de utilización de la energía metabolizable consumida. Es la mejor opción a utilizar en sistemas lecheros con partos biestacionales siempre que el sistema de pagos premie la producción de sólidos lácteos.
- El mestizo F₁ por presentar menores requerimientos de energía metabolizable para mantención que el FN, debido a su menor peso corporal, a su menor consumo individual, y a la mayor eficiencia de conversión, en especial de materia seca en grasa, hacen que este biotipo pueda ser utilizado con una mayor carga animal, maximizando la utilidad productiva por unidad de superficie.

BIBLIOGRAFÍA

AFRC. 1993. Requirements for Metabolisable Energy, p: 1-31. *In: Energy and protein requirements of ruminants.* Wallington, U.K., CAB International. 159 p.

ANRIQUE, R.; BURGOS, C. Y GONZÁLEZ, H. 2003. Efecto de incorporar la raza Jersey a través de Cruzamientos sobre Producción y Composición de leche. *Revista Agro Sur*, 31(2): 69-74.

BAKER, R. 1985. Estimating herbage intake from animal performance. En: J. D. Leaver, ed. *Herbage Intake Handbook.* The British Grassland Society, Hurley, UK, pp. 77-93.

BLAXTER, K. 1964. *Metabolismo energético de los rumiantes.* Acribia, Zaragoza, España. 314 p.

BOSSI, T. 2004. Conceptos básicos sobre calidad de los forrajes. Disponible en: <http://www.mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX4.htm>. Leído el 06 de marzo de 2006.

BRADY, W. 1992. Crossbreeding effects in the development of the synthetic Black and White (SMR) dairy cattle in East Germany. *Livest. Prod. Sci.* 32: 203-218.

BRYANT, M.; COOK, S. AND MACDONALD, A. 1985. Comparative dairy production of Jersey and Friesians. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production.* 45:7-11.

BUTENDIECK, N. 1993. Consideraciones generales para orientar la selección del tipo animal para la producción de leche en el sur de Chile. p. 111-126. IN: Lanuza, F y Bortolameolli Ed. II Seminario. Aspectos técnicos y perspectivas de la producción de leche. Serie Remehue N° 33. INIA. 300p.

COMERÓN, A.; ROMERO, A.; ARONNA, S.; CHARLÓN, V.; QUAINO, A. Y VITULICH, C. 2002. Respuesta productiva de vacas de raza Jersey y Holando sometidas a sistemas de alimentación. INTA Rafaela. Anuario 2002. Abril 2003. Producción Animal. Sistemas de Producción. Resumen presentado en 25° Congreso Argentino de Producción Animal. Buenos Aires, 2 al 4 de octubre de 2002.

COMERÓN, A.; ROMERO, A.; ARONNA, S.; VALTORTA, E.; ESTRADA, M.; MIGLIORE, C. Y QUAINO, A. 2003. Comportamiento de vacas Holando, Jersey y sus cruza durante la época estival 1. Producción y composición química de la leche. INTA Rafaela. Anuario 2003. Abril 2004. Producción Animal. Resumen presentado en 26° Congreso Argentino de Producción Animal. Mendoza, 23 y 24 de octubre de 2003.

DEL PINO, RAY. 2001. Principios generales de nutrición. Disponible en: <http://www.agroterra.com/profesionales>. Leído el 22 de marzo de 2004.

DURÁN, C. Y ROJAS, C. 2001. Efectos de la suplementación con concentrado sobre la productividad y conducta de pastoreo en vacas con partos de otoño. Memoria de título Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 88p.

FAÚNDEZ, R. 1985. Caracterización de los suelos del predio Oromo (X Región). Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 99p.

GANÁ, E.; GONZÁLEZ, H.; GARCÍA, X. Y MAGOFKE, J.C. 2004. Efecto económico de sistemas productivos basados en el uso de razas puras y cruzamientos rotacionales entre Holstein y Jersey, simulando distintos escenarios de precios de la leche. Circular de extensión, N°30:32-51. Publicación del Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile. 62 p.

GARCÍA, X., MAGOFKE, J.C., GONZÁLEZ V. H. Y CORTÉS, C. 1987. Registros parciales de producción de leche en vacas Holando Europeo. I. Efecto de la edad, año y mes de parición sobre la producción total y parcial de leche. Avances en Producción Animal 12 (1-2): 111-124. Publicación del Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile.

GONZÁLEZ, H.; X. GARCÍA, J.C. MAGOFKE, Y A. CUEVAS. 2002. Comparación de diferentes cruzamientos entre Frisón Negro Chileno con Frisón Neozelandés y con Holstein Americano. Archivo de Zootecnia, Vol. 51, N° 195, pp.: 303-314. Universidad de Córdoba, España.

GONZÁLEZ, H. Y MAGOFKE, J.C. 2003. Cruzamientos y Producción de leche. Seminario Hagamos de la lechería un mejor negocio. Serie Actas, INIA N° 24: 41-50.

GONZÁLEZ, H.; MAGOFKE, J.C. Y MELLA, C. 2005. Productividad, consumo y eficiencia biológica en vacas Frisón Neozelandés y F₁ (Jersey-Frisón Neozelandés) paridas a fines de invierno en la X región, Chile. Archivo de Medicina Veterinaria XXXVII N°1: 37-47.

HOLMES, W. Y WILSON, F. 1989. Producción de leche en praderas. Sanz, R. (Trad.). Acribia, Zaragoza, España. 446 p.

KLEIN, R. Y GOIC, M. 2000. Ganado Jersey: Nuevos Rumbos para la Producción lechera. Revista Ganadería y Praderas N° 33: 49-51. INIA Remehue, Osorno, Chile.

LE DU Y P PENNING. 1985. Animal based techniques for estimating herbage intake. En: J. D. Leaver, ed. *Herbage Intake Handbook*. The British Grassland Society, Hurley, UK. pp. 37-75.

L' HULLIER, P.; PARR, C. AND BRYANT, A. 1988. Comparative performance and energy metabolism of Jerseys and Friesians in early-mid lactation. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. Vol. 48: 231-235.

LOPEZ-VILLALOBOS, N. and GARRICK, D. J. 1996. Profitability of rotational crossbreeding programmes in commercial dairy herds. Proc. Of the NZ Soc. Of Anim. Prod. 56: 216-220.

LOPEZ-VILLALOBOS, N.; GARRICK, D., HOLMES, C., BLAIR, H. AND SPELMAN, R. 2000. Effects of selection and Crossbreeding Strategies on Industry Profit in the New Zealand Dairy Industry. Journal of Dairy Science Vol. 83(1):164-172.

MACKLE, T.; PARR, C.; STAKELUM, G.; BRYANT, A. AND MAC MILLAN, K. 1996. Feed conversion efficiency, dairy pasture intake, and milk production of primiparous Friesian and Jersey cows calved at two different liveweights. New Zealand Journ. of Agric. Res. 39: 357-370.

MAGOFKE, J.C. Y GARCIA, X. 2002. Uso del Cruzamiento entre razas para mejorar la productividad animal. Conceptos. Circular de extensión 28:35-43. Publicación del Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile. 71 p.

MAGOFKE, J.C. Y GARCIA, X. 2003. Uso del Cruzamiento entre razas para mejorar la productividad en animales. Cruzamientos rotacionales convencionales. Circular de extensión 29:17-26. Publicación del Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile. 58 p.

MAGOFKE, J.C. Y GONZÁLEZ, H. 1999. La raza Jersey en relación a otros biotipos para producción de leche en pastoreo. In: Latrille, L. (Ed.). Serie B-22:36-61. Universidad Austral de Chile. Instituto de Producción Animal. Valdivia, Chile.

MAGOFKE, J.C. Y GONZÁLEZ, H. 2004. Eficiencia reproductiva de la raza Jersey en diferentes sistemas de cría en Chile. Circular de extensión 30:21-31. Publicación del Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile. 62 p.

MAGOFKE, J.C.; GONZÁLEZ, H. Y GARCIA, X. 2000. Componente genético de la eficiencia energética en vacas lecheras. p. Avances en la Producción Animal 25 (1 y 2): 3-22. Publicación del Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile. 185 p.

QUISPE, J. 2003. Alimentos y nutrientes. Perú. Disponible en: <http://elmerq.tripod.com.pe/aliment.htm>. Leído el 22 de marzo de 2004.

RICE, V.; ANDREWS, F.; WARWICK, E.; LEGATES, J. 1957. Breeding and improvement of farm animals. New York, Toronto, London.

ROMERO, O. 2000. Manejo Eficiente del Pastoreo. Ballica Trébol Blanco. Revista Tierra Adentro N° 33: 22-25.

SOCA, P. 2000. Efecto del tiempo de pastoreo y nivel de suplementación sobre el consumo, conducta y parámetros productivos de vacas lecheras. Tesis de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Escuela de Postgrado. 98 p.

SWAN, A.A. AND KINGHORN, B.P. 1992. Symposium: Dairy crossbreeding: evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. J. Dairy Sci. 75: 624-639.

TEUBER, N. 1996. La pradera en el llano longitudinal de la X región (Valdivia-Chile). In: Ruiz, ed. Praderas para Chile segunda edición. Santiago: Instituto de Investigación Agropecuaria, p: 535-544.

TOUCHBERRY, R. W. 1992. Crossbreeding effects in dairy cattle: the Illinois experiment, 1949 to 1969. J. Dairy Sci. 75: 640-667.

VARGAS, M. 2000. Fuentes de fósforo en la alimentación bovina. Bolivia. Disponible en: [http:// www.cetabol.cotasnet.com.bo/rcsp/2/marco.pdf](http://www.cetabol.cotasnet.com.bo/rcsp/2/marco.pdf). Leído el 15/04/2004.