

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRARIA

**Estimación de eficiencia técnica de productores lecheros del
sur de Chile, utilizando fronteras de producción estocásticas**

Tesis presentada como parte de
los requisitos para optar al grado
de Licenciado en Agronomía

RUBEN EDGARDO ALARCON SOTO

VALDIVIA-CHILE

2009

PROFESOR PATROCINANTE

Sr. Víctor H. Moreira L.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc., M.S., Ph.D.

PROFESORES INFORMANTES

Sr. Bernardo Carrillo L.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Sr. Humberto Navarro D.
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Influencia de la globalización en la agricultura	3
2.2	Antecedentes generales del sector lechero	5
2.3	Sistemas de producción	7
2.3.1	Sistemas intensivos de producción	7
2.3.2	Sistemas de producción en base a praderas	8
2.3.3	Sistemas de producción en base a praderas y suplementación	11
2.4	Factores productivos	13
2.4.1	Recurso de suelo y praderas	13
2.4.2	Rebaño	17
2.4.3	Alimentación	19
2.4.4	Mano de obra	20
2.4.5	Fertilización de praderas	21
2.5	Factores que intervienen en la productividad	22
2.5.1	Eficiencia técnica	23
2.5.2	Cambio tecnológico	24
2.5.3	Escala de producción	25
2.6	Estimación de la eficiencia	26
2.6.1	Estimación de fronteras para la medida de eficiencia	27
2.6.1.1	Función frontera determinística	28

2.6.1.2	Análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis, DEA)	29
2.6.1.3	Función frontera de producción estocástica	29
3	MATERIAL Y METODOS	33
3.1	Obtención de la información	33
3.2	Análisis de la información	33
3.2.1	Análisis estadístico	33
3.2.1.1	Distribución de productores según índices de productividad	33
3.2.1.2	Correlación de variables productivas	34
3.2.2	Modelo de frontera de producción estocástica	34
3.2.2.1	Presentación de los modelos a evaluar	34
3.2.2.2	Aplicación de test para la evaluación de los modelos	35
3.2.2.2	Estimación de la eficiencia técnica (ET) de los productores	35
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	36
4.1	Descripción estadística de los productores	36
4.2	Distribución de productores según índices de productividad	38
4.3	Correlación de variables productivas	40
4.4	Aplicación de test para la evaluación de los modelos 1, 2 y 3	42
4.5	Análisis de resultados para los modelos evaluados	44
4.5.1	Estimación de significancia para los parámetros de los modelos 1, 2 y 3	44
4.5.2	Estimación del coeficiente de la función de los modelos 1, 2 y 3	45
4.5.3	Estimación de la eficiencia técnica (ET) de los modelos 1, 2 y 3	45
4.5.4	Características productivas de las explotaciones con menor y mayor eficiencia técnica (ET)	49

4.6	Análisis factores de ineficiencia técnica incorporados en el modelo	53
4.6.1	Porcentaje praderas destinadas a lechería	54
4.6.2	Producción de leche por vaca ordeña	55
4.6.3	Porcentaje costo de alimentación	56
4.7	Comparación eficiencia técnica alcanzada por los tres modelos	58
5	CONCLUSIONES	59
6	RESUMEN	61
	SUMMARY	62
7	BIBLIOGRAFIA	63
	ANEXOS	74

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Producción de leche real, peso vivo y consumo de concentrado en vacas de primer parto sometidas a diferentes intensidades de alimentación	12
2 Clasificación de praderas de la zona sur de Chile	14
3 Distribución regional de praderas en Chile (ha)	15
4 Distribución relativa de las forrajeras anuales según región	16
5 Modelos a evaluar bajo método de fronteras de producción estocástica	34
6 Estadística descriptiva según ítems de los 40 agricultores	38
7 Distribución de productores según litros leche/ha lechería y litros leche/vaca ordeña	40
8 Valores registrados en el análisis de correlación entre variables productivas	41
9 Resultados de la aplicación de los test para evaluar los modelos	43
10 Eficiencia técnica (ET) alcanzada por los tres modelos	46
11 ET obtenida por cada grupo según el modelo evaluado	49
12 Correlación de eficiencia técnica alcanzada entre los modelos	58

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Producción y recepción de leche desde 1990 a 2006	6
2 Existencia de bovinos en Chile	17
3 Métodos de estimación para construir la frontera de producción	28
4 Frontera de producción estocástica	31
5 Distribución números de productores según rangos de ET	48
6 Carga animal (ua/ha) para los distintos modelos y grupos de ET	50
7 Producción de leche por hectárea destinada a lechería para los distintos modelos y grupos de ET	51
8 Relación entre volumen entrega anual de leche y número de jornales para los distintos modelos y grupos de ET	52
9 Praderas totales (ha) para los distintos modelos y grupos de et	53
10 Volumen entrega anual de leche (L) para los distintos modelos y grupos de ET	53
11 Porcentaje de praderas destinadas a lechería (ha)	55
12 Producción de leche por vaca ordeña	56
13 Porcentaje costo de alimentación	57

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1 Estimación de los parámetros de las fronteras de producción para los modelos 1, 2 y 3 por el método de máxima verosimilitud (en <i>itálica</i> : error estándar)	75

1. INTRODUCCION

La producción de leche en Chile representa uno de los rubros más importantes del sector agropecuario, especialmente en la zona sur del país. Este rubro ha exhibido en las últimas décadas un notable desarrollo tecnológico, cuyo efecto se ha visto reflejado en un constante crecimiento de la recepción industrial y la producción total. Dicho comportamiento ha sido vital para poder sortear las dificultades del negocio, dadas principalmente por la influencia internacional, cuyas condiciones de mercado afectan directamente a los productores chilenos.

Estas dificultades han provocado que en los últimos años este sector haya enfrentado condiciones muy difíciles, dadas principalmente por las circunstancias de mercado, lo que significó la salida del negocio de un número importante de productores lecheros. Esto ocurre principalmente con productores pequeños y medianos, ya que no pueden ser sustentables debido a los precios pagados por las plantas lecheras, los altos costo de producción y a las falencias propias de sus sistemas productivos.

Por otro lado, actualmente la globalización y la competitividad de la producción lechera han obligado a los productores a que no tan solo se preocupen de producir más, sino también de una manera más eficiente y rentable, único argumento para asegurar la vigencia en este sector económico.

En este contexto, es necesario conocer y comprender con profundidad todos los aspectos que de una u otra manera afectan los resultados del negocio, y lograr con ello un nivel óptimo de eficiencia productiva.

De esta forma el estudio, análisis y evaluación de los sistemas productivos es fundamental para definir y establecer parámetros que permitan desarrollar estrategias o políticas de desarrollo capaces de mejorar

el sector lácteo, ya que la evidencia empírica señala que los productores eficientes, tienden a mantenerse en el rubro.

En este sentido, en el presente estudio se probó la hipótesis nula de que todos los productores son igualmente eficientes, y por lo tanto poseen el mismo nivel de eficiencia técnica (ET).

El objetivo general de esta investigación es estimar la eficiencia (o ineficiencia) técnica (ET) de un grupo de productores lecheros de las regiones de Los Ríos y de Los Lagos.

Objetivos específicos:

- Estimar una frontera de producción estocástica a partir de los factores productivos más relevantes de la producción lechera.
- Medir la eficiencia técnica (ET) para una muestra de predios lecheros de la región de Los Ríos y región de Los Lagos.
- Analizar las causas o factores que explican la ineficiencia técnica.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Influencia de la globalización en la agricultura

En la actualidad el tema central de política agro alimentaria tiene que ver con la liberalización en el mercado de los productos agrícolas, debido a la enorme cantidad de subsidios a la producción, a la exportación, a los ingresos y otros, que existen especialmente en los países más avanzados (Unión Europea, Estados Unidos, Canadá, Japón) (DOMINGUEZ, 2000).

En este escenario la agricultura ha debido adaptarse a dicho modelo, tomando en cuenta las tendencias de ésta a nivel mundial; lo que significa que la producción y el apoyo a la producción se orientan a satisfacer demandas de mercados externos, y especializando parte de la agricultura en productos que puedan competir con las importaciones (MANDER, 2000).

Para el desarrollo de esta estrategia, se han diseñado instrumentos de apoyo tanto para los aspectos productivo-tecnológicos, así como para la gestión empresarial agrícola. Por lo tanto, los agricultores deben ser competitivos en el ámbito global en toda la gama de rubros, sean éstos para exportación o para competir con importaciones. Sin embargo, la apertura de Chile a mercados internacionales expone al sector agrícola a la competencia de agriculturas fuertemente subsidiadas, como es el caso de países que pertenecen a la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá (MARTNER, 2002).

La liberación del comercio agrícola influirá en mayor medida en los países en desarrollo, ya sea positiva o negativamente, debido a que el sector agrícola reviste una importancia relativa mucho mayor para los países en desarrollo que para los desarrollados (DI GIROLAMO, 1992).

La aplicación de un sistema económico de libre mercado en Chile ha impulsado grandes transformaciones que se han traducido en elevadas tasas de crecimiento en el sector agrícola, las que desde 1984 en adelante no han descendido del 5,5% anual. Esto, sin duda, se debe a la existencia de claros incentivos para los agricultores y a la estabilidad en la tenencia de la tierra, todo lo cual ha permitido la introducción de innovaciones tecnológicas e inversiones que han contribuido a mejorar significativamente los índices de productividad (BENEDETTI *et al.*, 1990).

Si bien se reconoce en forma bastante generalizada que el ajuste estructural provocado por la apertura y que se expresa en la modernización del sector, ha sido beneficioso para el país en general, existe una percepción muy negativa sobre los efectos que ha tenido sobre los pequeños agricultores y campesinos (GOMEZ, 1996).

Al respecto, se mencionan los casos del acelerado desarrollo frutícola y forestal que el país ha experimentado en los últimos 20 años que han sido realmente convenientes, en general, por lo que ha significado para el aporte de las exportaciones, el empleo, etc. (GOMEZ, 1996).

Según NAVARRO (1996), en el sector lácteo, los productores lecheros ante un escenario de globalización se plantearon los siguientes objetivos:

- Acrecentar las ventajas técnicas y económicas como productor lechero.
- Obtener una posición competitiva como productor de leche, ante los precios internacionales.
- Obtener un producto de alta calidad.
- Lograr una mejor eficiencia en el uso de sus recursos y de las tecnologías.

2.2 Antecedentes generales del sector lechero

El sector lácteo en Chile representa una de las cadenas agroalimentarias de mayor importancia para la economía del país, debido a la gran inversión en infraestructura y por la gran cantidad de empleo que genera (LANUZA, 2003).

En cuanto a su importancia macroeconómica ANRIQUE *et al.* (1999), mencionan según datos proporcionados por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) que en 1997 el PIB silvoagropecuario (PIBS) representó un 6% del PIB nacional y dentro del PIBS el área pecuaria representó un 28%. Por otro lado, el sector lácteo representó del PIB nacional un 0,7% y del PIBS un 9%.

Con respecto al empleo, se estima que la actividad lechera absorbe unos 25.000 trabajadores con empleo directo, a los que se agregan otros 10.000 pertenecientes a la actividad industrial, además de generar una cifra importante de empleos indirectos, especialmente aquellos vinculados al transporte y servicios (GEMINES, 2000).

Los productores que componen esta actividad según estudio realizado por ANRIQUE *et al.* (1999), llegan a nivel país para 1997 a 22.908, de los cuales 13.478 entregaron su producción a la industria receptora que registra ODEPA, el resto entregó su producción al sector informal (queseras o venta directa).

En el país la producción de leche se ubica entre la región Metropolitana y la ex Décima región de Los Lagos; destacándose esta última como la más importante zona productora del país con el 80% de los productores, el 62% de las vacas lecheras, el 67% de la superficie y produce cerca del 65% de la leche. Las regiones de La Araucanía y la de Los Lagos (antigua) en conjunto representan cerca del 80% de la superficie lechera y el 75% de la producción y del rebaño lechero nacional (ANRIQUE *et al.*, 2004).

En cuanto a la evolución histórica de la producción de leche en Chile, se pueden distinguir tres períodos. El primero desde 1958 hasta el año 1972, en donde la recepción de leche en planta se expande a un ritmo continuo y en una tasa de crecimiento promedio anual de 3,8%, el segundo entre 1972 y hasta 1986, donde la recepción de leche crece aún más lentamente en una tasa promedio anual de 1,2%, aunque con fluctuaciones cíclicas, y un tercero entre los años 1986 y 2001, donde se produce un acelerado y sostenido crecimiento (con algunas fluctuaciones en 1999-2000), del orden de 8,1% promedio anual, originado principalmente por una política macroeconómica estable y adecuadas políticas sectoriales (BEST, 2002).

En términos de litros producidos, el crecimiento presentado entre el año 1981 y 1991 fue de 663,1 millones de litros en 1981 a 947,7 millones en 1991, lo que corresponde a un crecimiento de 43%; mientras que entre los años 1992 y 2002 fue de 1.021 millones de litros en 1992 a 1.605,4 millones de litros en 2002, lo que equivale a un crecimiento de 57% (GEMINES, 2000). En el pasado año 2007 la recepción de leche en planta fue de 1.871 millones de litros, mientras que hasta junio del 2008 se han recepcionados 933 millones de litros (ODEPA, 2008).

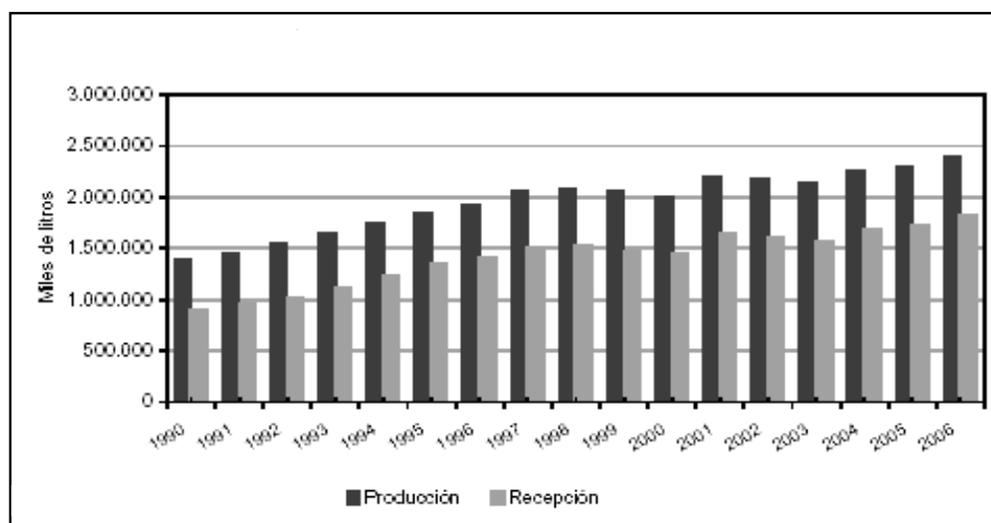


FIGURA 1 Producción y recepción de leche desde 1990 a 2006.

FUENTE: CHILE, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA) (2007).

2.3 Sistemas de producción

Un sistema productivo se puede considerar como un conjunto de manejos o practicas agropecuarias que al actuar en forma mas o menos articulada, definen los niveles productivos y de eficiencia que puede alcanzar una explotación lechera (SMITH, 1999).

Los sistemas de producción lechera se definen principalmente de acuerdo a la intensidad de producción, la cual es resultado de la interacción de factores técnicos (alimentación, genética, reproducción y aspectos sanitarios) y de gestión, variables que junto al tamaño del rebaño son manejables por el productor (GEMINES, 2000).

2.3.1 Sistemas intensivos de producción. En la actualidad la zona de producción en base a alimentación suplementaria o sistemas intensivos, se ubica en la zona central del país, que va desde las regiones Metropolitana y de Valparaíso por el norte, hasta Chillán por el sur, aunque también se encuentran en la región de La Araucanía y de Los Lagos (GEMINES, 2000).

CAPITAINE (2000), menciona que los sistemas intensivos de producción basan la ración del ganado en alimentación suplementaria como concentrados, cultivos anuales y praderas de alto rendimiento, en donde además se caracterizan por atributos tales como:

- Alta producción por vaca (> 8.000 L/lactancia).
- Vacas en confinamiento.
- La mayoría posee patio de alimentación.
- Grupos separados por niveles de producción y/o días de lactancia.
- Raciones completas suministradas mediante carro mezclador con descarga lateral programada.
- Usan inseminación artificial y uso de toros de la raza Holstein Friesian desde hace décadas.

- Producen su forraje, generalmente alfalfa y maíz para ensilaje.
- Suministran una alta cantidad de concentrado.
- Cuentan con salas de ordeña automatizadas con dos y tres ordeñas diarias.
- Operan con programas computacionales de manejo de la información productiva y reproductiva.
- Mantienen una asesoría veterinaria permanente y entregan su producción a las plantas lecheras más cercanas.

En general, estos sistemas se caracterizan por ser poco flexibles, más bien rígidos, lo cual no les permite adaptarse en el corto y mediano plazo a un mercado inestable en cuanto a precio y a las pautas que lo determinan. Igualmente este tipo de lecherías se caracteriza por desarrollar relaciones de producción entre invierno y verano de aproximadamente 1:1, ya que está basada principalmente en alimentación suplementaria (concentrados, cultivos suplementarios y praderas de mayor potencial productivo, generalmente bajo riego), que los hace menos dependientes de las variaciones en la producción experimentadas por la pradera a lo largo del año (GEMINES, 2000).

GONZALEZ *et al.* (2005), señalan que estos sistemas implican mayores costos por unidad de producto, además requieren mayores necesidades de capital operacional, pero también genera mayor producción por vaca, presentando una utilidad alta en condiciones favorables del precio de la leche, en caso contrario se produce una rápida disminución del margen con relación a los sistemas menos intensivos con alta utilización de pastoreo, en donde, la disminución de la rentabilidad es menos drástica.

2.3.2 Sistemas de producción en base a praderas. La zona de producción en base a pradera, se extiende desde Los Angeles en la región del Bío-Bío, hasta Chiloé en la región de Los Lagos y es la zona lechera

predominante del país, en donde la producción de leche se basa en la utilización de la pradera, como principal fuente de alimento, dado que las condiciones ambientales y de suelo así lo permiten (GEMINES, 2000).

Estos sistemas productivos de la zona sur, especialmente aquellos que utilizan las praderas permanentes como alimento principal, se caracterizan por obtener costos bajos de producción, debido a que la pradera es el alimento más abundante y económico de la zona (BALOCCHI *et al.*, 2001)

SARAH (1996), señala que en Chile estos sistemas poseen una relación invierno / verano de aproximadamente 1:3, especialmente las explotaciones pequeñas, ya que la alimentación esta basada en el crecimiento de la pradera, asimismo se caracterizan por los siguientes atributos:

- Alta variación entre la producción de invierno y verano, especialmente en pequeños y medianos productores.
- Favorecer la producción de leche por hectárea.
- Aprovechamiento de la pradera a través de una alta carga animal.
- Buen manejo de la pradera por medio de la fertilización y manejo del pastoreo.

La producción de leche que se puede obtener en sistemas sólo pastoriles, depende entre otros factores de la cantidad y calidad de forraje disponible y de la proporción del forraje producido que se consume efectivamente y que es transformado en producto. Por lo tanto, la efectividad en la utilización de la pradera dependerá del manejo que se haga del pastoreo y de la productividad de los animales (MAYNE y THOMAS, 1986; BECK y PESSOT, 1992).

Tratándose de praderas de buena calidad en clima templado, lo que limita la producción de leche o carne es el consumo de energía,

posteriormente la proteína y en tercer lugar los minerales calcio y fósforo. Esta situación hace entonces que el consumo diario total de energía y proteína sea inferior al logrado con un concentrado balanceado (RUIZ, 1988).

Para vacas en lactancia, mantenidas en excelente pradera, las producciones, ya sea en Chile o en el extranjero, han llegado hasta cifras de 22 a 24 litros de leche por día en el periodo de mayor rendimiento dentro de la curva de lactancia (BUTENDIECK *et al.*, 1986).

Es importante considerar que altas producciones se pueden lograr por unas pocas semanas, debido a que el valor nutritivo de la pradera cambia, presentándose variaciones en la concentración de proteína cruda, energía metabolizable, fibra cruda, digestibilidad de la materia orgánica, etc. (ANRIQUE, 1990).

Dado que los animales requieren de una alimentación permanente y bien balanceada, se hace necesario cosechar una cierta proporción en el período de mayor crecimiento, para conservarlo y proporcionárselo a los animales en las épocas de crisis de alimento, por este motivo la producción de leche en invierno, en el sur del país, se basa fundamentalmente en la utilización del forraje conservado como ensilaje y/o heno y eventualmente concentrado. (TORRES, 1994).

HODGSON (1990), indica que en estos sistemas el manejo del pastoreo es fundamental para alcanzar altos rendimientos por vaca y así aumentar la eficiencia y beneficios de la producción de forraje, por lo tanto, los principales objetivos del pastoreo son:

- Aumentar la productividad por animal y por unidad de superficie.
- Mejorar la uniformidad de la producción (animal y forrajera).
- Mejorar el conocimiento de la producción futura.

- Lograr un sistema de manejo más conveniente.
- Lograr un sistema productivo económicamente viable.

2.3.3 Sistemas de producción en base a praderas y suplementación.

Estos sistemas de producción se ubican principalmente desde Los Angeles en la región del Bío-Bío, hasta Chiloé en la antigua región de Los Lagos, en donde la producción de leche se basa principalmente en la utilización de la pradera (GEMINES, 2000).

Debido a las características climáticas de la región de Los Lagos, donde las precipitaciones se concentran en períodos de otoño-invierno, y las temperaturas máximas y medias presentan valores muy bajos en invierno y altos en verano, el crecimiento vegetal es desuniforme a través del año. Por esta razón la producción de forraje durante el invierno es aproximadamente 9 a 10% del total anual, en cambio, durante la primavera y parte del verano, se puede obtener el 50 a 60% del total. Estas características de crecimiento de las praderas, hacen que el suministro de forraje evidencie períodos críticos en invierno que pueden ser extremadamente severos, asimismo en algunos años secos, también es posible observar períodos críticos de crecimiento de forraje durante los meses de verano (TORRES, 1994).

Considerando lo anterior vacas de elevada producción que pastorean praderas de excelente calidad y alta disponibilidad requieren ser suplementadas para lograr altas producciones de leche y mantener una salud y reproducción adecuada (KLEIN, 2003).

Esta suplementación debe ser ofrecida para corregir alguna deficiencia nutritiva del alimento base o para equilibrar bajos consumos en ciertos periodos, los cuales pueden ir desde simples mezclas minerales, hasta forrajes conservados o concentrados; dependiendo de cada situación. Desde el punto de vista de la pradera, la suplementación puede ser usada como

herramienta de manejo, posibilitando aumentos en la carga animal sin deterioro del consumo individual (BALOCCHI y ANRIQUE, 1993).

La suplementación en los sistemas en Chile es usada generalmente en forma estratégica, cuando los requerimientos nutricionales de los animales lo exigen, por lo tanto, se puede decir que no supera el 25 - 30% de la dieta total en términos de materia seca (SOCIEDAD CHILENA DE PRODUCCION ANIMAL, SOCHIPA, 1997).

La respuesta productiva de los animales en pastoreo al aportar un suplemento, es influenciada por las características de la pradera, el tipo de suplemento y del potencial genético del animal (DUMONT, 1994).

KLEIN (1995), señala que en los rebaños en donde se ha realizado una selección genética, la aplicación de concentrados y/o forrajes conservados se traducirá en incrementos significativos de la producción. Sin embargo, la justificación económica de esta práctica dependerá en gran medida de la relación de precios leche/concentrados. En el CUADRO 1 se presentan los resultados obtenidos en la estación experimental INIA-Remehue.

CUADRO 1 Producción de leche real, peso vivo y consumo de concentrado en vacas de primer parto sometidas a diferentes intensidades de alimentación.

	Régimen alimenticio	
	Intensivo	Normal
Nº de vacas	8	8
Litros lactancia	6.662	5.350
Materia grasa %	3,05	3,22
Concentrados (Kg/Lact)	2.480	1.050
Peso vivo promedio	535	482

FUENTE: KLEIN (1995).

El efecto de la suplementación del ganado lechero puede reflejarse en el incremento de la producción por vaca, mejor condición corporal asociada a un mejor comportamiento reproductivo y en la capacidad de aumento de la carga animal en las praderas (PONCE, 2000).

2.4 Factores productivos

El rubro lechero es un sistema productivo muy complejo, en el cual intervienen muchas variables, donde no todas son controlables por el productor, por ende las operaciones y manejos se deben ajustar a los sistemas biológicos, climáticos y de mercados (MUCHNICK *et al.*, 2000).

2.4.1 Recurso de suelo y praderas. En Chile gran parte de su territorio posee aptitudes para la producción ganadera, sin embargo, es en la zona sur del país en donde se encuentran las mayores ventajas comparativas para producir leche y carne bovina, debido a sus características de suelo y clima, las cuales posibilitan una adecuada producción de las praderas (GEMINIS, 2000).

En relación con su importancia PALADINES y MUÑOZ (1982), señalan que las praderas otorgan diversos beneficios tales como:

- Ser el principal recurso alimentario del ganado.
- Mejorar la fertilidad del suelo.
- Forman parte de las rotaciones de cultivos arables.
- Acción protectora de la superficie del suelo.

Las praderas pueden ser clasificadas de diversas formas; sin embargo, Oligier (1968) citado por BALOCCHI y LOPEZ (1995), aprobó la clasificación que fue adoptada como "Clasificación de praderas de la zona sur de Chile". En el CUADRO 2 se presenta esta clasificación.

CUADRO 2 Clasificación de praderas de la zona sur de Chile.

Praderas de rotación	Rotación corta (2 a 3 años)	
	Rotación larga (3 a 5 años)	
	Anuales (suplementarias)	
Praderas permanentes	Sembradas	De alta producción (> 6.000 kg MS/ha/año)
		Degradadas (< 6.000 kg MS/ha/año)
	Naturales	Mejoradas (> 3.000 kg MS/ha/año)
		De baja producción (< 3.000 kg MS/ha/año)

FUENTE: BALOCCHI y LOPEZ (1995)

En término de territorio utilizado, la antigua región de Los Lagos domina en cuanto a superficie con praderas artificiales y mejoradas, lo cual coincide con su condición de principal zona productora de leche. Particularmente, la elevada cantidad y proporción de praderas mejoradas, refleja apropiadamente la incorporación de prácticas deseables de manejo, que permiten afrontar en mejores condiciones períodos críticos de abastecimiento de forraje, como el invierno o sequías recurrentes (PONCE, 2000). En el CUADRO 3 se presenta la cantidad y distribución de las praderas en Chile.

CUADRO 3 Distribución regional de praderas en Chile (ha).

Región	Praderas Artificiales	Praderas Mejoradas	Praderas Naturales	Total
Región de Arica y Parinacota	46.549	169.602	165.229	381.381
Región de Tarapacá	154	12	310.735	310.902
Región de Antofagasta	1.095	265	664.400	665.759
Región de Atacama	2.166	228	78.762	81.156
Región de Coquimbo	81.108	14.891	3.003.670	3.099.669
Región de Valparaíso	10.613	30.173	282.185	322.971
Metropolitana	1.559	5.306	158.894	165.759
Región del Libertador Bernardo O'Higgins	11.653	13.241	354.989	379.884
Región del Maule	35.664	98.497	812.063	946.224
Región del Bío-Bío	49.958	63.821	543.929	657.708
Región de La Araucanía	64.693	151.993	614.853	831.538
Región de Los Ríos	16.678	16.246	142.223	175.147
Región de Los Lagos	53.391	391.893	350.630	795.914
Región de Aysén	14.352	44.190	591.948	650.490
Región de Magallanes	5.997	54.997	3.041.337	3.102.331
Total	395.630	1.055.354	11.115.846	12.566.830

FUENTE: CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE) (2008).

Se observó que entre los años 1990 y 2000, las forrajeras anuales a nivel nacional han crecido en forma sostenida, alcanzando en la temporada 1996/97 a 153.000 hectáreas. Mas detalladamente, es interesante señalar el gran crecimiento observado en algunos cultivos forrajeros como la avena forrajera, con una tasa del 7,7% anual, y el maíz para silo, con una tasa de 12,6%, lo que obedece al mayor uso de estos cultivos como suplementos de invierno y verano en lecherías, ya sea como talajeo directo, soiling o ensilaje (GEMINES, 2000). En el CUADRO 4 se observa que las regiones con mayor presencia de forrajeras anuales en la actualidad son la región de Coquimbo, La Araucanía y Los Lagos, distribución que se detalla en el CUADRO 4.

CUADRO 4 Distribución relativa de las forrajeras anuales según región.

REGION	%
Región de Arica y Parinacota	11,77
Región de Tarapacá	0,04
Región de Antofagasta	0,28
Región de Atacama	0,55
Región de Coquimbo	20,50
Región de Valparaíso	2,68
Metropolitana	0,39
Región del Libertador Bernardo O'Higgins	2,95
Región del Maule	9,01
Región del Bío-Bío	12,63
Región de La Araucanía	16,35
Región de Los Ríos	4,22
Región de Los Lagos	13,50
Región de Aysén	3,63
Región de Magallanes	1,52

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE) (2008).

2.4.2 Rebaño. En el último censo agropecuario realizado en el año 2007 se estimó que en Chile existe una masa bovina total de 3.319.709 cabezas, siendo la región Los Lagos la que posee mayor números de animales con un 28,2%, seguida por la región de La Araucanía y del Bío-Bío con un 18% y 12,1% respectivamente (INE, 2008).

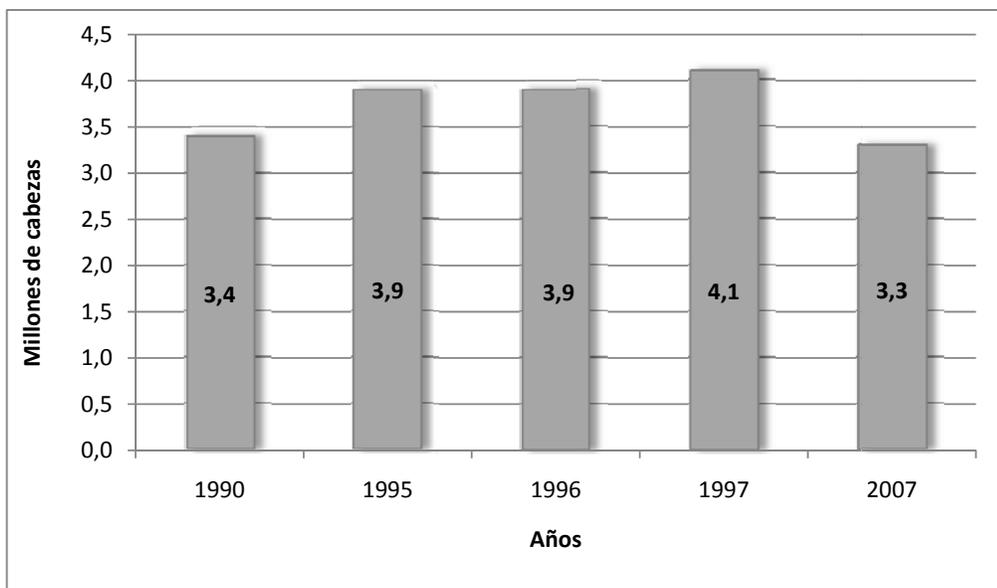


FIGURA 2 Existencia de bovinos en Chile, temporada 1990 a 2007.

FUENTE: CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE) (2008).

De esta masa total el número de animales que interviene en la producción de leche nacional se estimó en 615.924 vacas lecheras, las cuales utilizan una superficie estimada de 890.000 hectáreas y de estas se emplean 625.000 hectáreas para el rebaño lechero propiamente tal y la diferencia se destina a la crianza de terneros y reemplazos (ANRIQUE *et al.*, 2004).

En Chile, desde hace más de 20 años, se utiliza la inseminación artificial como principal método para el mejoramiento en las lecherías, donde se aprovecha el semen de toros mejorados en países desarrollados tales

como Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda y algunos países de Europa (GEMINES, 2000).

El manejo de la genética a nivel nacional está representado principalmente por la absorción de las razas de doble propósito con que tradicionalmente se ha producido leche en el sur, con semen de raza Holstein. Dadas las condiciones ambientales que predominan en el país y no existiendo limitaciones en la disponibilidad de semen de alta calidad genética, las interrogantes que surgen se relacionan con la posibilidad de lograr el nivel de uso más adecuado y a la vez dilucidar hasta donde es conveniente incrementar la producción por vaca (GONZALEZ *et al.*, 2005).

La raza Holstein Friesian se caracteriza por poseer el mayor potencial genético para la producción de leche dentro de las razas lecheras que existen en el mundo, sin embargo, la composición de su leche es pobre en grasa y particularmente en proteína; adicionalmente esta raza se caracteriza por su gran tamaño y peso (KLEIN, 1998).

Este tipo de animal es el que se utiliza tradicionalmente en los sistemas intensivos y altamente confinados de la zona central del país, pero que a la vez, desde que se comenzó a introducir semen Holstein, también se comenzó a utilizar en la zona sur de Chile para aumentar la producción de las lecherías, lo que obligó inmediatamente a aumentar la inclusión de alimentos concentrados en los sistemas lecheros (VALENZUELA, 2004).

En términos generales, los productores que han tenido acceso y utilizado la genética como forma de mejorar sus producciones, pertenecen a los estratos clasificados como medianos y grandes, no así los pequeños, que producen en su mayoría con razas de doble propósito. Eso es así, ya que la introducción de semen de mayor calidad genética, obliga a una intensificación del sistema de producción, situación para la cual no están preparados los pequeños productores (LATRILLE, 1999).

2.4.3 Alimentación. En el Sur de Chile, la pradera permanente es la base de sustentación de la mayoría de los sistemas de producción de leche, lamentablemente las condiciones edafoclimáticas le otorgan a la pradera fuertes variaciones en cuanto a la producción de materia seca y la composición nutricional de ésta. (TORRES, 1994; LANUZA, 1996).

Esta oferta variable provoca problemas de disponibilidad de forraje para el rebaño, especialmente en las épocas críticas como son el verano y el invierno, por lo que se debe conservar el forraje excedente especialmente en primavera, para poder suplir alimentos en las épocas de escasez de forraje de la pradera (BALOCCHI, 1999).

Las formas más comunes de conservación de forraje son el ensilaje y el heno, en donde el heno es recomendado para la Zona Central y Centro Sur y para la Zona Sur se debe preferir el ensilaje dadas las condiciones climáticas que predominan (HAZARD, 1988).

Debido a que los sistemas ganaderos han evolucionado hacia la intensificación, las necesidades y exigencias de la conservación de forrajes han cambiado drásticamente. En sistemas de tipo extensivo la cosecha de un determinado volumen de forraje de calidad media era tradicionalmente apropiada. Sin embargo, en rubros de elevadas exigencias, como la lechería, se ha generado la creciente necesidad de producir forrajes conservados de alto valor alimenticio (ELIZALDE y KLEIN, 1989; GONZALEZ y NAVARRO, 1993).

Otra medida para complementar la alimentación del ganado la constituyen los denominados cultivos forrajeros suplementarios, conformados principalmente por avena forrajera, ballicas anuales, coles forrajeras, maíz forrajero y otras especies con aptitudes de producción de alto volumen de forraje en un período relativamente corto (GEMINES, 2000)

Del mismo modo, los concentrados pueden ser utilizados como una herramienta para aliviar las deficiencias de consumo de forraje, para mantener niveles de productividad animal y/o corregir deficiencias nutricionales específicas en el forraje. Por otro lado, los concentrados son utilizados en sistemas de alta producción, en donde se requiere un alto nivel de eficiencia, superando a aquellos obtenidos en animales que sólo consumen forraje (PULIDO, 1997).

2.4.4 Mano de obra. Actualmente el factor mano de obra ha adquirido una mayor relevancia, dadas las mayores exigencias sobre calidad impuestas por la industria, las cuales para su cumplimiento requieren de un adecuado nivel de capacitación, especialmente de los ordeñadores. A la vez, debiera producirse, en el mediano y largo plazo, un estrechamiento de la relación mano de obra/número de vacas, ya que aún se está muy lejos de la existente en Europa, Norteamérica y Oceanía (GEMINES, 2000).

NAVARRO (1996), señala que existen diferentes parámetros para medir el rendimiento de este componente como es la relación al número de vacas o litros ordeñados por persona, sin embargo, la forma directa de valorizar esta variable es a través del costo por litro de leche. Los factores que afectan el rendimiento de los operadores de ordeño son:

- Nivel de capacitación.
- Diseño del proceso de ordeño.
- Organización de las jornadas de trabajo.
- Sistema de remuneraciones.

En estudios realizados en la zona sur del país se han establecido estructuras de costos, en donde la mano de obra participa con 18,5% del costo por litro (PONCE, 2000).

En EE.UU. y en Nueva Zelanda el costo de la mano de obra es aproximadamente el 35% y 37% de los costos directos de producción, respectivamente. Es importante considerar que el menor costo total de producción de leche en Chile podría constituir una ventaja con relación a otros países al pensar en la exportación de productos lácteos; sin embargo, es una gran debilidad basarse en esta afirmación que se sustenta en el menor costo de la mano de obra y no en menores costos directos de producción. Por otra parte es necesario señalar que la mano de obra en el sector lechero requiere de alto esfuerzo, por lo que la gente joven es renuente a este tipo de empleo, salvo que las remuneraciones sean superiores a la de otros rubros en el sector, lo cual muchas veces no ocurre, debiendo el productor elevar los salarios u obligadamente automatizar el sistema (ESNAOLA, 2002).

2.4.5 Fertilización de praderas. La fertilidad del suelo en praderas permanentes es un tópico de gran complejidad debido a la gran interrelación entre sus diversos componentes, por lo cual mientras más intensivo es el manejo en las praderas, mayores son los requerimientos de fertilizante (SIERRA, 1992).

Por lo tanto, la fertilización de praderas es una de las herramientas agronómicas más utilizadas cuando se desea mejorar la explotación ganadera. Para determinar cual es el nivel de fertilización adecuado, se debe tener en consideración el marco sistémico del problema y plantearse un objetivo agronómico que sea posible alcanzar, de acuerdo a la capacidad económica de cada agricultor (PINOCHET, 1990).

Según BERNIER (1988), la fertilización de praderas constituye una problemática compleja que involucra aspectos del suelo, clima, cultivo y del manejo y/o utilización que el agricultor realiza en ellas. Los aspectos de la relación entre el cultivo y el suelo, pueden ser visualizados a través del suministro de nutrientes que la pradera puede recuperar sin fertilización; la

relación entre el cultivo y el clima determina la demanda nutricional, a través de los efectos del clima sobre la tasa de crecimiento de los cultivos.

La necesidad de establecer una fertilización nitrogenada de los suelos, debe estar orientada a mantener el equilibrio en los sistemas ganaderos entre los ingresos y las pérdidas de N, provocadas por la extracción en producto cosechado de este sistema y la ineficiencia en el reciclaje animal (PINOCHET, 1990).

De este modo, en el ciclo de nutrientes en praderas bajo pastoreo, los animales cumplen un rol determinante en la fertilidad de los suelos y productividad de las praderas lo que se manifiesta en la utilización del forraje y al retorno de nutrientes en orinas y fecas, y pérdidas de nutrientes del sistema, al contrario ocurre con praderas bajo corte, en que la extracción de nutrientes es mayor, ya que todos los nutrientes contenidos en la fracción cosechada se retiran del potrero (RUZ y CAMPILLO, 1988).

El ganado de carne en pastoreo extrae menos nitrógeno que las vacas lecheras, debido a que el ganado de carne logra un alto reciclaje de nutrientes en los potreros mientras que el ganado lechero genera pérdidas importantes en la sala de ordeña, en callejones y en la leche que produce (SIERRA, 1992).

2.5 Factores que intervienen en la productividad

A partir de la década de los ochenta la agricultura chilena se encuentra sometida a grandes tensiones, como consecuencia de los cambios experimentados en los escenarios de la economía mundial, la globalización creciente de los mercados y a la incorporación de Chile a tratados internacionales de libre comercio (SANDOVAL y GÓMEZ, 1999).

Hazell y Haddad (2001) citado por BRAVO-URETA (2008), señalan que para alcanzar incrementos en la productividad es indispensable llevar a cabo una estrategia de investigación que genere tecnologías relevantes y

atractivas para los agricultores. La adopción oportuna de nuevas tecnologías es importante porque lleva a una reducción en el costo unitario de producción y a una mejora en la rentabilidad de corto plazo a quienes sean los primeros en innovar.

2.5.1 Eficiencia técnica. El concepto de ET hace referencia a la manera más adecuada de utilizar los recursos, con la tecnología de producción existente. La teoría económica considera que “un proceso de producción es eficiente si se obtiene el máximo producto para unos insumos dados” (COELLI *et al.*, 1998).

La ET, y su análisis, supone centrar la atención en la tecnología existente, los recursos y los precios de estos. El escenario ideal consiste en aprovechar al máximo los recursos y en adaptación a los precios. Aquellos que logren dichos objetivos serán eficientes; quienes no, incurrirán en ineficiencias que le suponen un deterioro para competir, y en cualquier caso infringirá un costo social innecesario por tal desaprovechamiento (ALVAREZ y DELGADO, 2004).

El rubro lechero se desenvuelve en un marco muy competitivo a nivel internacional y, dada la apertura comercial chilena, los cambios en las condiciones de los mercados mundiales llegan en forma muy rápida a los productores chilenos. En estas circunstancias se hace imperioso que los productores aumenten sus niveles de eficiencia, por mejor uso de sus recursos, especialmente de las praderas (GEMINES, 2000).

NAVARRO (1996), señala que el gran desafío es lograr producir más leche con mayor eficiencia y de alta calidad, utilizando los recursos existentes. En este sentido, las variables que se pueden intervenir para alcanzar dicha propuesta son:

- Producción de forrajes (praderas y cultivos forrajeros estratégicos).
- Tamaño del rebaño lechero (ajuste de la carga animal).

- Técnicas de manejo alimenticio y de la ordeña.
- Técnicas de manejo preventivo en salud animal.
- Capacitación empresarial y laboral (gestión y manejo tecnificado).
- Mejoramiento y selección del ganado.
- Recursos de capital (equipos e instalaciones), los justos y necesarios para potenciar la producción del sistema.

2.5.2 Cambio tecnológico. Existe un amplio margen para elevar la productividad en las lecherías utilizando opciones convencionales de tecnologías en alimentación, genética y salud de los animales, en la producción y utilización de forrajes, entre otros. Sin embargo, las nuevas exigencias de competitividad obligarán progresivamente a mejorar notablemente la gestión de los recursos y ello traerá consigo una eventual adecuación a tecnología de mayor impacto o de menor costo (LANUZA, 2003).

Los países más industrializados han experimentado un proceso de cambio tecnológico basado en la motorización, mecanización, química agrícola (fertilizantes, fito y zoofarmacia), riego, selección vegetal y animal, y en el desarrollo de procesos regionales de especialización productiva. Este modelo se ha expandido con rapidez en el resto de los países del mundo y en Chile sigue evolucionando, modificando las prácticas tecnológicas de los agricultores (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2001).

En los años recientes se observan desarrollos todavía más radicales, que se manifiestan a escala global, como por ejemplo el cambio tecnológico vinculado a la informática, que está revolucionando los métodos de gestión y de comercialización de las explotaciones agrícolas y empresas industriales, generando fuertes incrementos de productividad. Otro eje es el desarrollo de la biotecnología, de consecuencias imprevisibles, que recién está en su fase inicial (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2001).

Estar al día en la tecnología es una recomendación general para lograr una mayor eficiencia y producción, lo cual requiere conocer las diferentes opciones tecnológicas, saber cuales son las más convenientes y estudiar el momento mas adecuado para implementarlas. Sin embargo, no se debe dejar de lado el aspecto económico, especialmente cuando ello involucra inversiones importantes, o cuando son difíciles de revertir (MUCHNIK et al., 2000).

2.5.3 Escala de producción. Para lograr una mayor eficiencia, tradicionalmente se nombra la existencia de economías de escala, lo cual significa que al aumentar el volumen de producción, los costos medios de producción van disminuyendo hasta llegar a un nivel mínimo. Esto se debe principalmente, porque es posible hacer un mejor uso de la capacidad instalada y de los costos fijos, además por otro lado mejora el poder de negociación de la empresa en la compra de insumos y en la venta de sus productos (MUCHNICK et al., 2000).

Una empresa técnicamente eficiente puede obtener una mayor productividad explotando, lo que se denomina, su economía de escala. Esto consiste en lograr un tamaño óptimo para la empresa tal que le permita mejorar su nivel de ingresos o su productividad mediante la mejor adecuación de su estructura productiva al volumen de producción (MONARDES *et al.*, 1993).

En el sector agropecuario las deseconomías de escala suelen estar motivadas por la indivisibilidad de los factores productivos, por ejemplo la mano de obra o la maquinaria agrícola, que se optimizan a un volumen de trabajo que rara vez coincide con el de la empresa en general. El costo de oportunidad de poder realizar una labor agrícola en el momento apropiado, muchas veces justifica el poseer una capacidad de maquinaria ociosa durante la mayor parte del año. Sin embargo, esta ventaja relativa es uno de los más frecuentes orígenes de deseconomías de escala (MUCHNICK et al., 2000).

Con todo se debe tener en cuenta que si una empresa ha incrementado su productividad de un año a otro, esta mejora no tiene por qué deberse necesariamente a una mejora en su eficiencia, porque puede haber ocurrido un cambio técnico (por ejemplo, introducir una nueva máquina) o haber explotado su economía de escala o alguna de las combinaciones de estos tres factores (COELLI *et al.*, 1998).

2.6 Estimación de la eficiencia

HAUSDORF (1992), señala que para el análisis de ET se pueden utilizar los siguientes indicadores:

- Producción total de leche anual.
- Producción por vaca ordeña anual.
- Producción por vaca masa.
- Hectáreas dedicadas a la lechería.
- Litros de leche por hectárea.
- La estacionalidad de la producción.

SILVA (1997), señala que los indicadores más confiables para medir la eficiencia en una lechería son la producción de leche por año y la producción por unidad de superficie.

Este enfoque incurre en una importante simplificación, ya que no se visualiza a la producción como el resultado de la suma e interacción de los factores que intervienen, por lo tanto, se ignora así la influencia en la obtención del producto, la proporción y forma de combinación de los distintos insumos utilizados (ARZUBI y BERBEL, 2001).

FARRELL (1957), propuso por primera vez el uso de la optimización para determinar la eficiencia, al margen de las tradicionales medidas asociadas a la productividad. Centró su atención en la definición de eficiencia productiva estableciendo el marco teórico para su interpretación,

así como las medidas a adoptar en su determinación y cuantificación. De esta manera Farrell desechó la idea de eficiencia absoluta basada en alguna situación teórica o ideal previamente definida, o la resultante de la comparación con la productividad media. Propuso como alternativa más real alguna medida de eficiencia relativa, expresión de la desviación observada respecto a aquella situación que reflejara mayor eficiencia productiva en un grupo representativo y homogéneo.

2.6.1 Estimación de fronteras para la medida de eficiencia. Las fronteras según la definición de FARRELL (1957), expresan los valores límites que pueden alcanzar las empresas, por tanto, es en relación a esta frontera frente a la que debe medir la eficiencia de las empresas.

La estimación de fronteras como método de medida de eficiencia tiene su justificación por reflejar la mejor tecnología utilizable, al estimarse considerando las empresas de mejor desenvolvimiento y, por lo tanto, es contra la que puede medir la eficiencia de una empresa. Esta es la razón principal del gran desarrollo de esta metodología en los últimos años (PARDO, 2001).

Los índices de eficiencia se obtienen como resultado de comparar la actuación de cada empresa con las mejores prácticas productivas observadas, que definen la frontera eficiente, o frontera de mejor práctica (BAUER, 1990)

Los métodos para construir la frontera de producción pueden clasificarse, en función de que se requiera o no especificar una forma funcional que relacione los insumos con el producto, en métodos paramétricos o no-paramétricos. A su vez, pueden emplearse métodos estadísticos o no para estimar la frontera que, en última instancia, puede ser especificada como estocástica (aleatoria) o determinística (GARCIA y SERRANO, 2003). En la siguiente figura se presenta un esquema donde se muestra los métodos para estimar la frontera de producción.

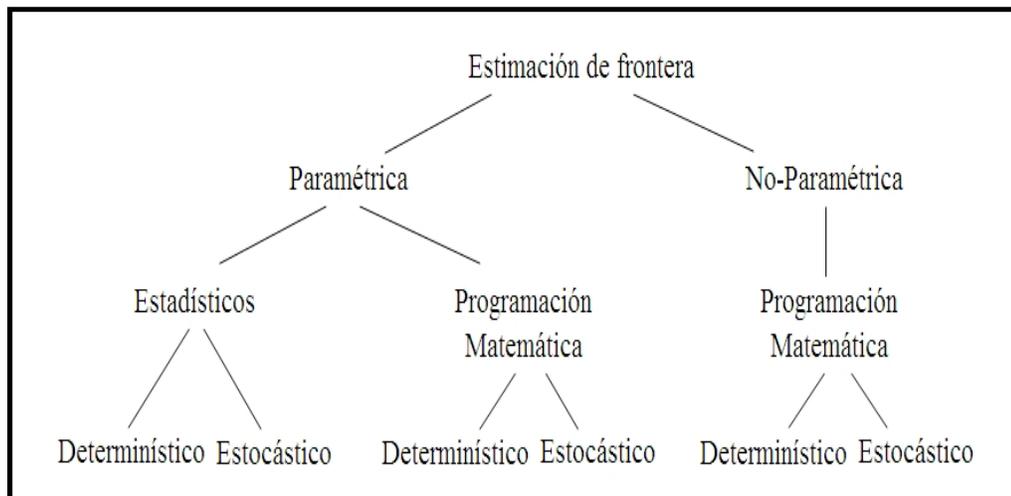


FIGURA 3 Métodos de estimación para construir la frontera de producción.

FUENTE: GARCÍA y SERRANO (2003).

2.6.1.1 Función frontera determinística. Este método de estimación de fronteras asume que todas las desviaciones respecto a dicha frontera se deben exclusivamente a ineficiencias. Por tanto, todas las empresas estarán ubicadas o en la frontera o por debajo de ella pero nunca por encima, ya que no se puede producir más de lo que es tecnológicamente posible (PARDO, 2001).

El término determinístico se usa por ser un método de estimación de la función frontera en el que el producto óptimo toma un valor definido o determinado, al asumir que todas las variables de las que depende son perfectamente medibles y por tanto, conocidas.

PARDO (2001), señala algunas consideraciones en la estimación de la frontera determinística, las cuales se indican a continuación.

- Este modelo, al igual que el modelo de Farrell, no puede expresarse en funciones que se ajusten a la ley de proporciones variables o rendimientos de escala no constante.

- Numerosos autores tales como LOVELL (1993) cuestionan la utilidad de la frontera determinística como medida de la eficiencia al ignorar la posibilidad real de que la eficiencia pueda estar influenciada por factores fuera del control de los productores como el clima, las enfermedades, la disponibilidad de insumos en el momento preciso, etc. (error debido a factores aleatorios) y asumir que todas las desviaciones respecto de la muestra son debidas exclusivamente a ineficiencias técnicas.
- Impone una forma funcional particular a partir de una única tecnología.

2.6.1.2 Análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis, DEA). Una de las principales virtudes de la aproximación no paramétrica en la estimación de fronteras, representada por el método DEA, es su flexibilidad, en el sentido de que impone condiciones menos restrictivas sobre la tecnología de referencia y también en cuanto a que se adapta a contextos multiproducto y de ausencia de precios, con relativa sencillez (PARDO, 2001).

A pesar de ello no está exenta de problemas, ya que la frontera de referencia obtenida se muestra más sensible a los errores de medida que la frontera estimada a partir de la especificación de carácter paramétrico, así mismo, el carácter determinístico de la aproximación no paramétrica implica que cualquier desviación respecto de la frontera es atribuida a comportamientos ineficientes, confundiendo la ineficiencia con los factores aleatorios que pudieran afectar al proceso productivo (GARCIA y SERRANO, 2003).

2.6.1.3 Función frontera de producción estocástica. GARCIA y SERRANO (2003), señalan que Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977) independientemente, propusieron la estimación de una frontera estocástica donde se tuviera en cuenta un error aleatorio adicional (v_j) añadido a la variable aleatoria no-negativa θ_j de la frontera determinística. La función propuesta fue la siguiente:

$$Y_j = (X_j \beta) + v_j - \theta_j \quad \text{para toda empresa } j = 1, 2, \dots, N$$

Donde:

Y indica la producción (output)

X indica un vector de insumos

β son parámetros a ser estimados

v error aleatorio el cual se supone que tiene una distribución normal con media cero y varianza constante

θ error aleatorio no observable y no-negativo, asociado a la ineficiencia técnica

La justificación del error v_j es por la suposición de que las empresas pueden obtener cantidades de productos distintas para un conjunto de factores dados, debido simplemente a variaciones aleatorias.

El término estocástico hace referencia precisamente a esto, a que los valores del output óptimo en la función no está perfectamente determinados, al depender de la variable estocástica (o aleatoria), $\exp(X_j \beta + v_j)$, que puede tomar valores tanto positivos como negativos.

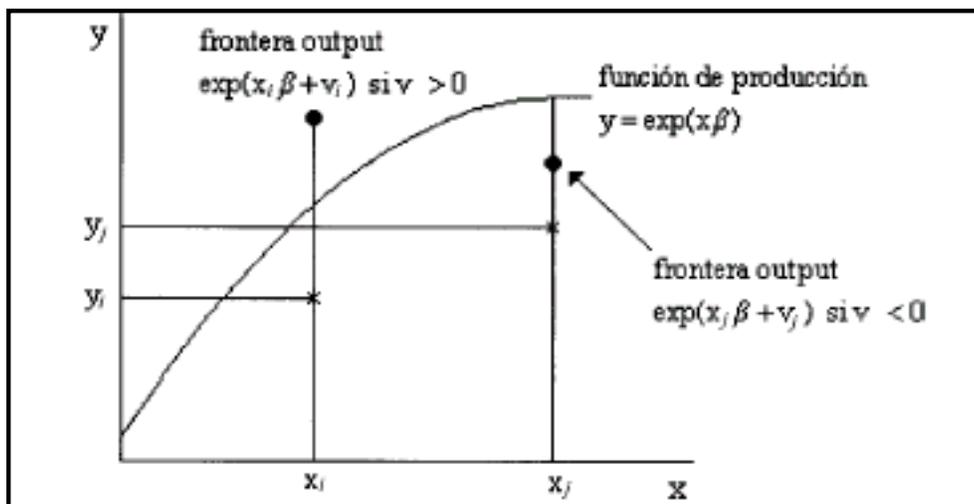
La estimación de las fronteras estocásticas, por tanto, considera que las desviaciones de la muestra respecto de la frontera pueden ser debidas tanto a la ineficiencia técnica como a un factor aleatorio de error (factores que quedan fuera del control de la empresa), pudiendo existir, por tanto, empresas situadas por encima de la frontera (BATTESE, 1992).

GARCIA y SERRANO (2003), indican que la componente v_j del error representa las perturbaciones que caen fuera del control de la empresa (las causas exógenas). Esto da origen a un error simétrico $\varepsilon_j > 0$. Los autores asumen que se distribuye según una normal de variables aleatorias de

media cero y varianza constante σ^2 . La componente θ_j , independiente de v_j , representa las perturbaciones que están bajo el control de la empresa, causas endógenas, como la tecnología. Se considera que $\epsilon_j \leq 0$ al no utilizar los factores adecuadamente para obtener la máxima cantidad de producto. Se asume que se distribuye según una distribución exponencial o semi-normal de variables aleatorias. Ambas causas se pueden dar separada o simultáneamente.

El proceso productivo, por tanto, está sujeto a dos perturbaciones aleatorias, distinguibles económicamente y con diferentes características. Desde el punto de vista práctico, tal interpretación da muchas facilidades para la estimación e interpretación de la frontera (PARDO, 2001).

Según esta interpretación la frontera es estocástica con perturbaciones aleatorias v_j mayores, iguales o menores que cero, según sea la medida de los sucesos externos a la empresa. En la siguiente figura se presenta un esquema donde se gráfica la frontera de producción



estocástica.FIGURA 4 Frontera de producción estocástica.

FUENTE: COELLI *et al.*, (1998).

Puesto que la frontera estocástica depende del valor del error aleatorio de cada empresa “j” y éste es desconocido, la medida de la eficiencia sólo puede realizarse mediante el uso de predictores (PARDO, 2001).

Aigner, Lovell y Schmidt (1977); Meeusen y Van den Broeck (1977); Greene (1980) citado por ALVAREZ y DELGADO (2004), propusieron un predictor de la eficiencia, reemplazando los parámetros (β) desconocidos por estimadores de máxima verosimilitud y asumiendo que la componente del error θ_j se ajusta según una distribución normal.

COELLI (1995), demostró que el uso de estimadores de máxima verosimilitud era el más apropiado como predictor. Según PARDO (2001), APEZTEGUIA *et al.* (1997) aplicaron esta metodología para medir la eficiencia técnica de la industria agroalimentaria española, BAILEY *et al.* (1989) lo aplicaron para la medida de la ET, asignativa y de escala de explotaciones lecheras de Ecuador, Bravo-Ureta (1986) a explotaciones lecheras de Estados Unidos.

PRADO (2001), señala que desde el año 1992 el desarrollo informático de programas como el LIMDEP ECONOMETRICS PACKAGE y el FRONTIER PROGRAM han permitido la estimación de las fronteras estocásticas por el método de máxima verosimilitud de una manera sencilla.

3 MATERIAL Y METODOS

3.1 Obtención de la información

Los datos que se utilizaron en esta investigación corresponden a antecedentes generados en un programa de control de gestión técnico-económica, elaborado para 40 agricultores lecheros ubicados en la región de Los Ríos y región de Los Lagos.

3.2 Análisis de la información

La información proporcionada por el programa de control de gestión técnico-económica fue revisada, tabulada, procesada y analizada a través de métodos de análisis estadístico y un modelo de frontera de producción estocástica para medir la eficiencia técnica

3.2.1 Análisis estadístico. Esta es una herramienta que implica el uso de una distribución de frecuencias, que corresponde a un conjunto de datos o valores ordenadas en sus respectivas categorías, medidas de tendencia central como son la moda, la mediana y la media, y medidas de variabilidad como lo es la desviación estándar; herramientas que permiten realizar una descripción de una distribución de frecuencias, las cuales, por medio de la utilización de métodos numéricos y gráficos, resumen y presentan la información contenida en las variables estudiadas (HERNÁNDEZ et al., 2003).

3.2.1.1 Distribución de productores según índices de productividad. A través de este análisis se realizó un ordenamiento de los productores en base a dos variables productivas como son los litros de leche/ha lechería y los litros de leche/vaca ordeña.

3.2.1.2 Correlación de variables productivas. Por medio de un análisis de correlación se determinó la influencia que existe entre los principales indicadores productivos de la muestra

3.2.2 Modelo de frontera de producción estocástica. El modelo de frontera estocástica que fue utilizado en este estudio posee la estructura de Battese y Coelli para sus especificaciones de 1992 y 1995.

3.2.2.1 Presentación de los modelos a evaluar. Con la información recopilada a través del programa de control de gestión técnico-económica se formularon y estimaron tres modelos, en donde los modelos 1 y 2 corresponden a las especificaciones alternativas del modelo de Battese y Coelli (1992) y el modelo 3 corresponde a las especificaciones alternativas del modelo de Battese y Coelli (1995). En el CUADRO 5 se presentan los tres modelos con las variables utilizadas en cada caso.

CUADRO 5 Modelos a evaluar bajo método de fronteras de producción estocástica.

MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
VARIABLE DEPENDIENTE (Output)	VARIABLE DEPENDIENTE (Output)	VARIABLE DEPENDIENTE (Output)
Leche equivalente (L)	Leche equivalente (L)	Leche equivalente (L)
VARIABLES INDEPENDIENTES (Inputs)	VARIABLES INDEPENDIENTES (Inputs)	VARIABLES INDEPENDIENTES (Inputs)
Nº vacas Ordeña	Nº Vacas Masa	Nº Vacas Masa
Utilización concentrado (ton)	Utilización concentrado (ton)	Utilización concentrado (ton)
Mano de obra (Nº jornales)	Mano de obra (Nº jornales)	Mano de obra (Nº jornales)
Costo de fertilización	Costo de fertilización	Costo de fertilización
		VARIABLES EXPLICATIVAS DE LA INEFICIENCIA TECNICA
		Praderas lechería (%)
		Carga animal
		Litros leche/vaca ordeña
		Kg concentrado/vaca ordeña
		Costo alimentación (%)
		Vaca ordeña/Vaca masa

El modelo 1 posee como variable dependiente leche equivalente (L) y como variables independientes número vacas ordeña, utilización concentrado (toneladas), mano de obra (nº jornales) y costo de fertilización, por otro lado el modelo 2 es similar al modelo 1, en el cual solo se cambia la variable independiente número vacas ordeña por número de vacas masa. El modelo 3 es igual al modelo 1, solo se diferencia en que este incluye variables explicativas de la ineficiencia técnica como son porcentaje praderas lechería, carga animal, litros leche/vaca ordeña, kg concentrado/vaca ordeña, porcentaje costo alimentación y relación vaca ordeña/vaca masa (VO/VM).

3.2.2.2 Aplicación de test para la evaluación de los modelos. Considerando las especificaciones para el modelo de fronteras estocásticas, se testeó para cada modelo la hipótesis nula de que la ineficiencia técnica no está presente en el modelo ($H_0: \gamma = 0$), teniendo en cuenta que el valor de este parámetro está entre 0 y 1. Adicionalmente se testeó la hipótesis nula de que los efectos de la ineficiencia técnica tienen una distribución semi-normal ($H_0: \mu = 0$).

3.2.2.2 Estimación de la eficiencia técnica (ET) de los productores. A partir de la información anteriormente descrita, se desarrolló el método de fronteras de producción estocásticas, para la estimación de la eficiencia técnica, en donde se estimó un modelo de frontera de producción empleando una forma funcional Cobb-Douglas, bajo el cual se formularon y evaluaron tres modelos, para las especificaciones alternativas del modelo de Battese y Coelli (1995). Los cálculos de eficiencia técnica fueron realizados a través del software FRONTIER 4.1.

4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Descripción estadística de los productores

Los antecedentes recopilados corresponden a información referente a gestión técnico-económica desarrollada en el año 2005, en donde se midieron y registraron 33 variables para cada productor lechero.

Los antecedentes de los 40 productores de la muestra, presentan una gran variabilidad entre los distintos ítems, en donde la diferencia entre los valores mínimos y máximos es bastante importante. Estas diferencias permiten observar los distintos niveles productivos existentes en la muestra, lo cual deja de manifiesto la existencia de productores con diferentes escalas productivas.

Las explotaciones en estudio (40) abarcan una superficie total de 6.894 ha, en donde el promedio de superficie predial total es de 172 ha, variando desde un valor mínimo de 18 ha y un máximo de 482 ha. En tanto el 51,4% de la superficie está destinada al rubro lechero lo que corresponde a 3.541 ha. Respecto a la superficie destinada a la lechería ANRIQUE *et al.* (2004), señalan que entre la región de Los Lagos y la región de Bío-Bío, cerca del 50% de la superficie de los predios lecheros es destinada a rebaños lecheros (vacas y reemplazos). Por su parte, SMITH *et al.* (2002), señalan en su estudio, que medianos y grandes productores de la región de Los Lagos destinan, en promedio 197 ha al rubro lechero. Del mismo modo, BARRA (2003), determinó que medianos productores dedican en promedio 179 ha al rubro lechero.

Respecto a la producción total de leche anual, el conjunto de explotaciones estudiadas alcanzó 39.493.897 L, en donde el promedio por predio/año es de 987.347 L, siendo la producción mínima 97.098 L y la máxima 3.335.751 L.

La totalidad de las explotaciones estudiadas alcanzan 7.352 vacas masa, en donde el promedio de los rebaños es de 184, con un valor mínimo de 27 y un máximo de 470.

Al analizar la producción anual por vaca masa de las explotaciones estudiadas se obtiene que la producción promedio es de 5.477 L/vaca masa, siendo el valor mínimo 3.153 L/vaca masa y el máximo de 9.217 L/vaca masa. Estudios realizados por ANRIQUE *et al.* (2004) señalan producciones promedios de 3.117 L/vaca masa, mientras que AZÓCAR (2005), determinó una producción promedio anual de 2.619 L/vaca masa, con fluctuaciones entre 1.126 y 5.426 L/vaca masa. Sin embargo, LERDON y RAUTENBERG (2001), observaron en un grupo de seis medianos y pequeños productores de la Décima Región, producciones que van desde los 1.418 hasta los 5.159 L/vaca masa, con un promedio de 3.409 ± 1.410 L/vaca masa.

Respecto al uso de concentrados, el conjunto de las explotaciones utilizan en promedio 1.167 kg/vaca masa año, con un valor mínimo de 233 kg/vaca masa año y un máximo de 2.748 kg/vaca masa año. En tanto, en relación a la utilización de mano de obra, el conjunto de las explotaciones utiliza en promedio 6 obreros agrícolas permanentes, con un valor mínimo de 1 y un máximo de 17 personas.

A continuación en el CUADRO 6 se presentan los promedios, desviación estándar, valor mínimo y máximo de los 40 agricultores para las 36 variables registradas.

CUADRO 6 Estadística descriptiva según items de los 40 agricultores.

Variables	Promedio	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Praderas totales (ha)	172	103	18	482
Praderas lechería (ha)	89	48	11	241
Praderas en lechería (%)	55	15	28	93
Vacas masa	184	101	27	470
Vacas ordeña (VO)	149	83	24	390
Vacas ordeña (%)	81	6	60	91
VO/ha lechería	1,7	0,4	0,9	2,8
Carga total predio (UA/ha)	2,20	0,54	1,26	3,72
Nº vientres reposición	42	36	2	195
Leche anual (L)	987.347	620.147	97.098	3.335.751
Litros equivalentes (L)	1.132.856	665.181	128.374	3.606.061
L/vaca masa año	5.477	1.561	3.153	9.217
L/vaca ordeña año	6.799	1.904	3.765	11.228
Litros/ha lechería/año	11.840	4.853	5.617	24.061
Litros equiv/ha praderas/año	7.430	3.149	3.102	15.847
kg concentrado/vaca masa	1.167	680	233	2.748
kg concentrado/vaca ordeña	1.442	829	316	3.481
Concentrado (gr/L)	200	77	62	343
L/kg de concentrado	6,14	3,36	2,92	16,16
\$/L equiv concentrado	20,5	8,5	4,9	37,6
Nº jornales	6	4	1	17
Litros equiv/jornal/año	221.370	93.476	91.970	538.793
Costo mano de obra (\$)	14.452.163	8.665.209	1.928.900	47.128.568
\$/litro equivalente jornal	13,5	3,2	8	23
gastos fertilización (\$)	17.432.023	10.128.732	1.475.202	48.476.000
Fertilización (\$/ha praderas)	154.569	57.607	60.567	290.340
\$/litro equivalente fertilizante	16,1	5,2	7,0	29
Reposición año (\$)	12.633.090	7.780.381	680.000	38.115.000
\$/vientre de reposición	336.929	73.865	74.308	420.000
\$/L equiv. en reposición	11,2	3,7	4,3	18
Costo operacional anual (\$)	110.937.340	68.661.866	10.942.754	357.613.000
Costo operacional/L equiv. (\$)	95,9	13,4	62	125
Costo en alimentación (\$)	39	10	21	61

4.2 Distribución de productores según índices de productividad

En la búsqueda de explicaciones para las diferencias en desempeño económico y capacidad productiva, se puede encontrar que algunos productores son más eficientes en la utilización de ciertos insumos o factores de producción que otros. En este sentido hay que señalar que los distintos centros de gestión, buscan determinar las características productivas y así

establecer parámetros para los distintos índices productivos registrados. En diversos estudios de casos, se ha determinado que factores tales como la escala de producción, producción por vaca, producción por hectárea o algún otro parámetro productivo, efectivamente explican o se relacionan con la utilidad o rentabilidad del negocio. Es así como CHILE, FUNDACION CHILE (2007), señala en un estudio de casos que los factores que marcan la diferencia entre las empresas con mayor y menor margen son producción por vaca masa año, producción por vaca ordeña año, litros de leche por hectárea e incremento de masa. Por su parte, VERGARA (2004), indica en su estudio, que el grupo más eficiente, en cuanto a índices productivos se refiere, estaba compuesto por medianos y grandes productores que alcanzaron una producción promedio de 8.170 L/ha.

Con la información manejada se realizó un ordenamiento de productores respecto a índices productivos, para ello se seleccionaron aquellos considerados de mayor influencia en la producción como son litros leche/ha lechería y litros leche/vaca ordeña, en cuyo análisis se determinó la existencia de una baja correlación entre ambos ordenamientos, es decir, que no necesariamente los productores que producen más leche por hectárea lechería son los que poseen vacas de mayor producción.

La dificultad de este método, es que para cada índice productivo existe un orden distinto de agricultores, lo cual dificulta la obtención de una conclusión integral. ARZUBI y BERBEL (2001), señalan que este método incurre en una importante simplificación, ya que no se visualiza a la producción como el resultado de la suma e interacción de los factores que intervienen, por lo tanto, se ignora así la influencia en la obtención del producto, la proporción y forma de combinación de los distintos insumos utilizados.

En el CUADRO 7 se presentan los productores ordenados según litros leche/ha lechería y litros leche/vaca ordeña, los cuales representan los

índices de mayor utilización en el análisis y comparación de datos de gestión técnico-económica.

CUADRO 7 Distribución de productores según litros leche/ha lechería y litros leche/vaca ordeña.

Litros Leche / Vaca Ordeña	Productor	Litros Leche / ha lechería	Productor
11,228	31	24,061	31
10,982	6	22,762	18
10,596	36	22,730	12
10,585	18	18,657	32
9,782	32	18,650	33
9,105	17	18,456	6
8,553	33	18,097	2
8,198	12	16,556	36
7,743	2	13,841	35
7,685	24	13,838	21
7,320	29	13,763	23
7,294	35	13,478	3
7,249	11	13,425	34
7,024	3	13,251	24
6,883	7	12,575	15
6,867	1	12,507	17
6,774	21	11,259	37
6,767	10	11,010	29
6,713	14	10,771	11
6,629	34	10,535	16
6,544	15	10,166	22
6,475	16	9,906	25
6,411	25	9,902	40
6,254	19	9,845	1
6,197	28	9,542	13
6,193	39	9,238	10
6,039	40	9,060	7
5,964	38	8,827	28
5,727	26	8,330	19
5,484	23	8,269	9
5,352	37	8,238	14
5,349	4	8,177	30
5,301	13	7,850	26
5,022	9	7,724	39
4,690	30	7,649	5
4,585	27	6,928	27
4,325	8	6,591	4
4,265	20	5,885	8
4,046	5	5,628	38
3,765	22	5,617	20

4.3 Correlación de variables productivas

Al realizar un análisis de correlación entre las variables, se determinó que existe influencia entre los principales índices productivos, esto demuestra la relación entre los distintos factores que inciden en la producción láctea. En el CUADRO 8 se observa que, particularmente el ítem de praderas totales posee un alto coeficiente de correlación con los ítems

vacas masa (0,85), vacas ordeña (0,84), litros leche equivalente (0,82) y litros leche anual (0,81). Por otro lado el ítem de leche anual posee un alto coeficiente de correlación con los ítems vaca masa (0,90), vaca ordeña (0,90), costo de fertilización (0,75), número de jornales (0,81) y costo mano de obra (0,91).

CUADRO 8 Valores registrados en el análisis de correlación entre variables productivas.

	Pradera totales (ha)	Pradera lechería (ha)	Vacas masa	Vacas ordeña	Carga Animal UA/ha	Leche equival ente (L)	Leche anual (L)	Concen trado (gr/l)	\$ fertiliza ción	Nº jornales	Costo M.O	L/Vaca masa año	L/Vaca ordeña año
Praderas totales (ha)	1,00												
Pradera lechería (ha)	0,87	1,00											
Vacas masa	0,85	0,91	1,00										
Vacas ordeña	0,84	0,91	0,98	1,00									
Carga A.(UA/h a)	-0,11	-0,15	0,05	0,05	1,00								
Leche equival ente (L)	0,82	0,82	0,90	0,90	0,14	1,00							
Leche anual (L)	0,81	0,80	0,90	0,90	0,16	0,98	1,00						
Concen t. (gr/l)	0,09	0,10	0,21	0,22	0,47	0,38	0,39	1,00					
Costo fertiliza ción	0,63	0,68	0,74	0,73	0,21	0,79	0,75	0,29	1,00				
Nº jornales	0,72	0,79	0,78	0,80	-0,08	0,81	0,81	0,16	0,57	1,00			
Costo M.O	0,81	0,83	0,85	0,86	0,02	0,91	0,91	0,25	0,65	0,94	1,00		
L/vaca masa año	-0,11	-0,17	-0,12	-0,10	0,40	0,22	0,24	0,61	0,10	0,07	0,13	1,00	
L/vaca ordeña año	-0,11	-0,21	-0,13	-0,14	0,40	0,19	0,21	0,57	0,10	0,02	0,09	0,97	1,00

De esta forma se puede determinar que unos de los ítems importantes en los sistemas de producción lechera, esta dado por las praderas y su manejo, las cuales entregan la potencialidad para sostener una carga animal alta, y con ello una alta producción de leche por hectárea, así como también es importante contar con mano de obra suficiente y capacitada.

4.4 Aplicación de test para la evaluación de los modelos 1, 2 y 3

Considerando las especificaciones para el modelo de fronteras estocásticas, se testeó para cada modelo la hipótesis nula de que la ineficiencia técnica no está presente en el modelo ($H_0: \gamma = 0$), teniendo en cuenta que el valor de este parámetro está entre 0 y 1. Adicionalmente se testeó la hipótesis nula de que los efectos de la ineficiencia técnica tienen una distribución semi-normal ($H_0: \mu = 0$).

En el CUADRO 9 se presentan los resultados de la aplicación de los tests para evaluar las especificaciones generales de los modelos y luego las formulaciones alternativas concernientes al componente de ineficiencia. El primer test se focalizó en la significancia estadística del parámetro γ ($H_0: \gamma = 0$), y compara el modelo de frontera estocástica con la frontera de producción media. Cuanto más cercano a 1 sea γ , más significativa será la presencia de la ineficiencia técnica (Battese y Coelli, 1992; Coelli, 1996; y Coelli *et al*, 1998). En consecuencia, un valor de 1,0 para γ revela que el 100% de la variación de la producción observada (output) con respecto a la frontera es debida a la ineficiencia. El segundo paso fue testear la hipótesis nula que expresa que la distribución de “una cola” es semi-normal ($H_0: \mu = 0$)

CUADRO 9 Resultados de la aplicación de los test para evaluar los modelos.

Hipótesis nula H_0	Estadístico χ^2	Valor χ^2 0.95	Decisión
Modelo 1			
$\gamma=0$	0,48	3,84	H_0 Aceptada
$\mu=0$	1,77	2,71	H_0 Aceptada
Modelo 2			
$\gamma=0$	2,42	3,84	H_0 Aceptada
$\mu=0$	1,42	2,71	H_0 Aceptada
Modelo 3			
$\gamma=0$	21,85	3,84	H_0 Rechazada
$\mu=0$	33,56	2,71	H_0 Rechazada

Los resultados indican que para el primer test ($\gamma=0$) en los modelos 1 y 2, los parámetros estimados son menores al valor crítico, por lo cual se acepta la hipótesis nula, la que indicaría que no es necesario evaluar los antecedentes bajo un modelo de frontera estocástica, sino mas bien con una frontera de producción media. Sin embargo, la justificación para la utilización de un modelo de frontera estocástica para los modelos 1 y 2, estaría dado por el valor γ , los cuales son muy cercanos a 1 (0,91 y 0,99 respectivamente), lo que revela que la variación de la producción observada con respecto a la frontera es debida a la ineficiencia, lo cual se confirma con el test estadístico aplicado a los valores de γ , que indica que son significativamente distintos de cero (ANEXO 1). En el caso del modelo 3 el parámetro estimado es mayor al valor crítico, por lo cual no se acepta la hipótesis nula, por tanto el modelo a utilizar sería un modelo de frontera estocástica. Respecto a ello, LAWSON *et al.* (2004), señalan en su trabajo realizado en predios lecheros de Dinamarca, que sus 2 modelos testeados el parámetro γ es significativamente distinto de cero.

Para el segundo test, los resultados indican que en los modelos 1 y 2 los parámetros estimados son menores al valor crítico, por lo cual se acepta la hipótesis nula, la cual señala que la distribución del error es semi-normal. En el caso del modelo 3, el valor estimado es mayor al valor crítico, por lo cual no se acepta la hipótesis nula y por ende la distribución del error es normal truncada. En el trabajo realizado por MOREIRA *et al.* (2004) en predios lecheros de Argentina, ésta hipótesis es aceptada para los cinco modelos, lo cual indica que la distribución semi-normal es más compatible que la normal truncada, para los datos utilizados para el análisis.

4.5 Análisis de resultados para los modelos evaluados

Utilizando el software FRONTIER 4.1 se analizaron los tres modelos cuyos resultados son presentados en los siguientes capítulos.

4.5.1 Estimación de significancia para los parámetros de los modelos 1, 2 y 3. Los resultados obtenidos indican que el modelo 1 presenta estimaciones de los parámetros altamente significativas en la parte de la función de producción, con la excepción del costo de fertilización (FERT). Esto significa que las variables número vacas ordeña (VO), utilización de concentrado (CO) y mano de obra (MO) son influyentes en la producción alcanzada por cada productor, los cuales son estadísticamente significativos al 1% (ANEXO 1). El modelo 2, del mismo modo, presenta parámetros altamente significativas en la parte de la función de producción, lo cual significa que las variables número vacas masa (VM), CO, MO y FERT son influyentes en la producción alcanzada por cada productor, los cuales son estadísticamente significativos al 1%, salvo FERT que es significativa al 5% (ANEXO 1). Finalmente el modelo 3, e igual que en los modelos anteriores, presenta estimaciones de los parámetros altamente significativas en la parte de la función de producción, con la excepción de FERT. Esto significa que las variables VO, MO y CO son influyentes en la producción alcanzada por

cada productor, en donde las dos primeras son estadísticamente significativas al 1%, mientras que esta última a un 5% (ANEXO 1).

Por otro lado, LAWSON *et al.* (2004), en su estudio de casos realizado en predios lecheros de Dinamarca, estimaron que los 2 modelos analizados presentan estimaciones de los parámetros altamente significativas en la parte de la función de producción, tales como número de vacas, utilización de concentrado y mano de obra.

4.5.2 Estimación del coeficiente de la función de los modelos 1, 2 y 3.

Los resultados presentados por los modelos respecto al coeficiente de la función indican un valor de 0,9; 0,921 y 0,914 para los modelos 1, 2 y 3 respectivamente (ANEXO 1), lo cual indica la presencia de retornos decrecientes a escala, lo que sugiere que los agricultores de la muestra estarían operando a un tamaño sobre el óptimo, es decir, para optimizar sus sistemas de producción, los productores deberían reducir la superficie destinada a lechería o bien la cantidad de vacas destinadas a la producción. Esta situación se da principalmente en agricultores perteneciente a segmentos de alta producción, en donde sus sistemas crecen de tal forma que posteriormente se hacen inmanejables, ya que por ejemplo aumentan demasiado los tiempos de ordeña o bien de arreo de los piños.

Sin embargo, MOREIRA *et al.* (2004), señalan en sus resultados obtenidos en predios lecheros de Argentina, que las explotaciones analizadas están operando con un tamaño sub-óptimo, teniendo en cuenta que los parámetros de retornos a escala son superiores a 1 (varían entre 1,032 y 1,130).

4.5.3 Estimación de la eficiencia técnica (ET) de los modelos 1, 2 y 3.

Utilizando el método de fronteras de producción estocásticas para la estimación de eficiencia técnica, se evaluaron los tres modelos, cuyos resultados son presentados en el CUADRO 10.

CUADRO 10 Eficiencia técnica (ET) alcanzada por los tres modelos.

Agricultor	M1	M2	M3
1	76,8%	76,5%	86,5%
2	92,6%	90,6%	95,7%
3	68,4%	65,3%	83,8%
4	90,4%	83,8%	87,4%
5	75,5%	72,4%	85,5%
6	96,6%	97,5%	99,6%
7	72,1%	69,0%	80,1%
8	61,5%	57,8%	67,4%
9	73,2%	70,1%	80,5%
10	78,5%	72,3%	99,0%
11	94,6%	97,7%	99,3%
12	88,5%	85,1%	97,9%
13	89,0%	83,5%	92,1%
14	91,6%	86,7%	98,6%
15	95,8%	96,7%	94,9%
16	78,5%	72,9%	82,5%
17	79,5%	77,6%	81,4%
18	93,9%	95,1%	99,2%
19	85,8%	81,9%	71,4%
20	66,6%	62,3%	68,3%
21	80,1%	76,7%	97,1%
22	94,2%	94,3%	99,6%
23	90,1%	87,8%	95,8%
24	94,2%	93,5%	97,1%
25	88,8%	85,4%	84,3%
26	97,0%	99,1%	97,3%
27	76,0%	72,4%	87,2%
28	68,9%	64,5%	78,9%
29	78,5%	73,5%	75,6%
30	89,5%	85,1%	97,7%
31	92,7%	94,1%	98,6%
32	92,5%	95,1%	99,3%
33	95,0%	98,3%	98,3%
34	92,1%	92,9%	95,1%
35	78,5%	74,9%	76,7%
36	87,1%	87,0%	96,6%
37	80,0%	75,0%	91,5%
38	79,0%	79,8%	79,3%
39	77,7%	74,7%	81,1%
40	86,4%	72,7%	80,7%
Promedio	84,2%	81,8%	89,0%

Los resultados obtenidos por el modelo 1 indican una ET promedio de 84,2%, siendo el valor mínimo 61,5% para el productor N° 8, y como valor máximo 97,0% para el productor N° 26. Mientras que el modelo 2 señala una ET promedio de 81,8%, siendo el valor mínimo 57,8% y valor máximo 99,1% para los mismos productores del modelo 1. Al respecto el modelo 3 alcanzó

una ET promedio de 89%, siendo el valor mínimo 67,4% y valor máximo 99,6% para los mismos productores del modelo 1 y 2.

El promedio de eficiencia técnica obtenido por el modelo 1 (84,2%), 2 (81,8%) y 3 (89%), se acerca a los promedios obtenidos por diversos estudios realizados en lecherías a nivel mundial, lo cual queda de manifiesto en el análisis de meta-regresión realizado por BRAVO-URETA *et al.* (2007), en donde se recopilaron diversos estudios que utilizaron fronteras de producción estocásticas, los cuales obtuvieron en promedio una eficiencia técnica de 77,3%. En este mismo análisis, al revisar estudios específicos se puede encontrar que AHMAD y BRAVO-URETA (1995) obtuvieron ET de 77%, AHMAD y BRAVO-URETA (1996) 86%, BATTESE y COELLI (1988) 70%, CUESTA (2000) 78%, HESHMATI y KUMBHAKAR (1994) 81%, KUMBHAKAR y HJALMARSSON (1993) 86%, KUMBHAKAR y HESHMATI (1995) 83%, y REINHARD *et al.* (1999) 89%.

A nivel sudamericano, encontramos estudios realizados por MOREIRA *et al.* (2004), en Argentina los cuales señalan ET entre 66,3% y 93,3%, MOREIRA *et al.* (2006), en Chile con eficiencias entre 69% y 77%, BAILEY *et al.* (1989), en Ecuador con eficiencia de 78,1% y BRAVO-URETA y SCHILDER (1993) en Argentina con eficiencia de 89,8%.

El valor promedio de ET alcanzado por los tres modelos puede ser considerada alta, ya que supera el 80%, sin embargo, esta dentro de los valores encontrados en otros estudios. Una razón es que se puede atribuir a las características de la muestra, ya que los productores analizados pertenecen a grupos de transferencia tecnológica (GTT) de la zona sur, lo cual les entrega un mayor conocimiento técnico y con ello mejorar los aspectos mas importantes de la producción, pudiendo ser esta característica, un factor clave para alcanzar una mayor eficiencia técnica. Adicionalmente, poseen un permanente apoyo profesional, el cual los asesora en la toma de decisiones productivas.

Al realizar una distribución de frecuencia con los resultados de ET obtenidos por el modelo 1, se puede establecer que ningún productor se encuentra en un rango de ET entre 51% - 60,9%, 4 casos entre 61% - 70,9%, 14 entre 71% - 80,9%, 9 entre 81% - 90,9% y 13 entre 91% - 100%. De igual forma, bajo el modelo 2 se puede establecer que 1 productor se encuentra en un rango de ET entre 51% - 60,9%, 5 entre 61% - 70,9%, 13 entre 71% - 80,9%, 10 entre 81% - 90,9% y 11 entre 91% - 100%. Así también, bajo el modelo 3 se puede establecer que ningún productor se encuentra en un rango de ET entre 51% - 60,9%, 2 entre 61% - 70,9%, 8 entre 71% - 80,9%, 9 entre 81% - 90,9% y 21 entre 91% - 100%. En la FIGURA 5 se muestra esta distribución de frecuencia expresada como el número de agricultores pertenecientes a cada rango de técnica.

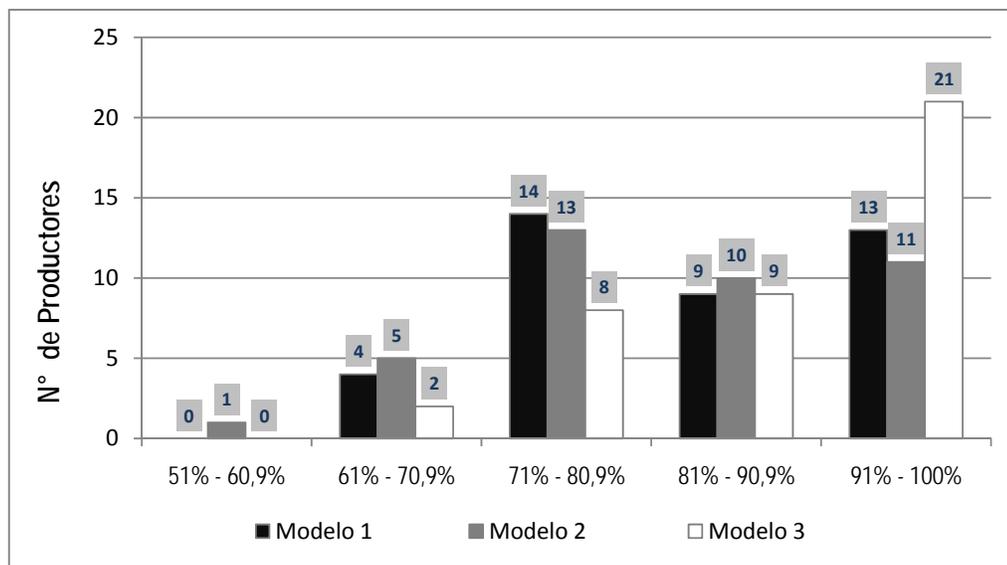


FIGURA 5 Distribución del número de productores según rangos de ET.

Para analizar los resultados de ET alcanzada en cada modelo, se realizó un ordenamiento de los productores respecto al nivel de ET alcanzada, a partir de la cual se formaron cuatro grupos de 10 productores cada uno, determinando un promedio de ET para cada grupo, de esta forma se facilitó el estudio y detección de diferencias entre los productores que alcanzaron

menor y mayor ET. En el CUADRO 11 se presentan los resultados de ET alcanzada por cada grupo en los tres modelos evaluados.

CUADRO 11 ET obtenida por cada grupo según el modelo evaluado

Modelos	Grupo 1 (10 productores)	Grupo 2 (10 productores)	Grupo 3 (10 productores)	Grupo 4 (10 productores)
1	71,7%	80,5%	90,0%	94,7%
2	67,9%	76,4%	86,8%	96,1%
3	75,9%	85,1%	95,9%	98,9%

Es posible observar una notoria diferencia entre los grupos de menor eficiencia (grupo 1) y los que presentan mayor eficiencia (grupo 4), cuyos promedios son 71,7% y 94,7%; 67,9% y 96,1%; 75,9% y 98,9%, para los modelos 1, 2 y 3, respectivamente. Esto se explica, ya que dentro de la muestra existe una amplia gama de productores, con distintas características productivas, dadas por las condiciones del entorno, o bien por las características de manejo de sus sistemas productivos.

4.5.4 Características productivas de las explotaciones con menor y mayor eficiencia técnica (ET). Al analizar aspectos productivos de los grupos que alcanzaron menor y mayor ET (grupo 1 y grupo 4), es posible observar diferencias importantes capaces de definir a cada grupo.

Respecto a la producción por vaca ordeña, en el modelo 1 se observó una notable diferencia entre ambos grupos, en donde las explotaciones pertenecientes al grupo de menor ET poseen en promedio vacas con producciones por lactancia de 5.336 litros, mientras que las explotaciones pertenecientes al grupo de mayor ET poseen en promedio vacas con producciones por lactancia de 8.212 litros. Situación similar ocurre en los modelos 2 y 3 en relación a la producción por vaca masa, ya que se observó en dichos modelos que las explotaciones pertenecientes a los grupos de

menor ET poseen en promedio vacas con producciones por lactancia de 4.370 litros y 4.503 litros, mientras que las explotaciones pertenecientes a los grupos de mayor ET poseen en promedio vacas con producciones por lactancia de 6.769 litros y 6.985 litros. Esto significa que las explotaciones de mayor eficiencia, alcanzan mejores producciones solo por el hecho de tener vacas más productivas, lo cual puede ser reflejo de un trabajo de desarrollo genético en sus plantales y de una adecuada alimentación.

Al analizar otro factor importante en la producción como es la carga animal, los resultados indican que las explotaciones pertenecientes al grupo de menor ET tienen en promedio una menor carga animal, cuyos valores son 2,0; 2,1 y 2,2 para los modelos 1, 2 y 3 respectivamente, mientras que las explotaciones pertenecientes al grupo de mayor ET tienen en promedio una mayor carga animal, cuyos valores son 2,3; 2,2 y 2,3 para los modelos 1, 2 y 3, respectivamente. Esto indica que las explotaciones que alcanzaron una mayor ET, utilizan de mejor manera el recurso suelo, ya que son capaces de sostener una mayor cantidad de animales en él, pudiendo incluso tener una mejor utilización de sus recursos forrajeros.

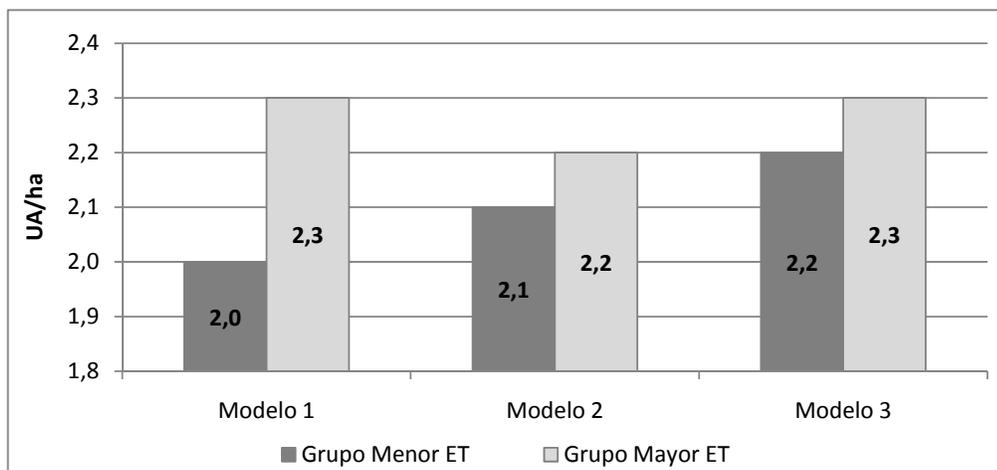


FIGURA 6 Carga animal (UA/ha) para los distintos modelos y grupos de ET.

Un indicador importante de la productividad, es la cantidad de leche producida por hectárea destinada a lechería, donde los resultados indican que las explotaciones pertenecientes al grupo de menor ET tienen en promedio una menor producción, cuyos valores son 8.829, 8.672 y 9.403 L/ha para los modelos 1, 2 y 3, respectivamente, mientras que las explotaciones pertenecientes al grupo de mayor ET tienen en promedio una mayor producción, cuyos valores son 13.889, 14.164 y 14.408 L/ha para los modelos 1, 2 y 3 respectivamente. Esto indica que los agricultores de mayor eficiencia, son capaces de generar más cantidad de leche en sus explotaciones, dado en gran medida por los mejores indicadores de producción por vaca y carga animal, unos de los factores claves en la generación de leche a nivel predial.

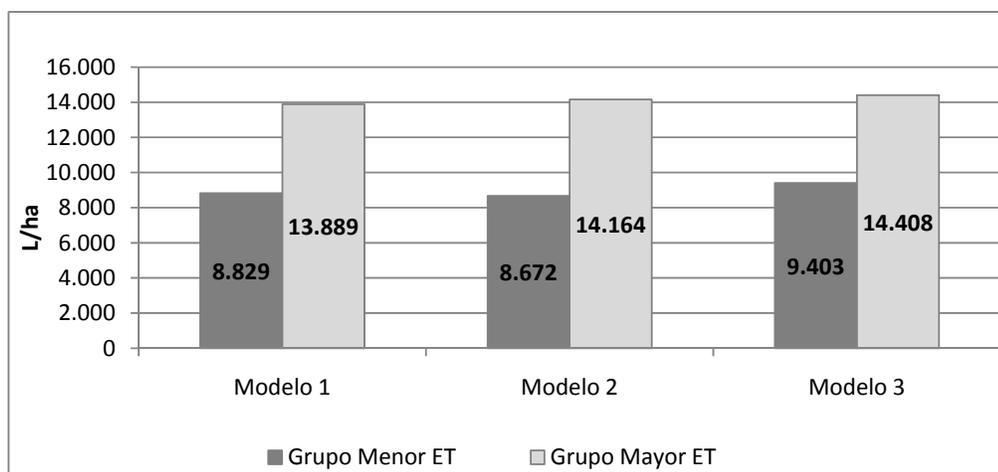


FIGURA 7 Producción de leche por hectárea destinada a lechería para los distintos modelos y grupos de ET.

En las explotaciones lecheras, un factor importante es la mano de obra, tanto en la disponibilidad así como es su capacidad operativa, respecto a ello se calculó la relación entre la entrega de leche anual y el número de jornales en cada predio, donde los resultados indican que las explotaciones pertenecientes al grupo de menor ET tienen en promedio una menor producción por jornal, cuyos valores son 135.944, 127.286 y 140.898 L/jornal

para los modelos 1, 2 y 3, respectivamente, mientras que las explotaciones pertenecientes al grupo de mayor ET tienen en promedio una mayor producción por jornal, cuyos valores son 189.561, 191.339 y 184.846 L/jornal para los modelos 1, 2 y 3 respectivamente. Si bien es cierto, este indicador no señala la habilidad ni la efectividad de los jornales, si es útil para definir que grupo tiene mayor capacidad de producción láctea por jornal contratado. En este sentido, las explotaciones de mayor eficiencia demuestran nuevamente una mayor capacidad productiva por unidad comparada.

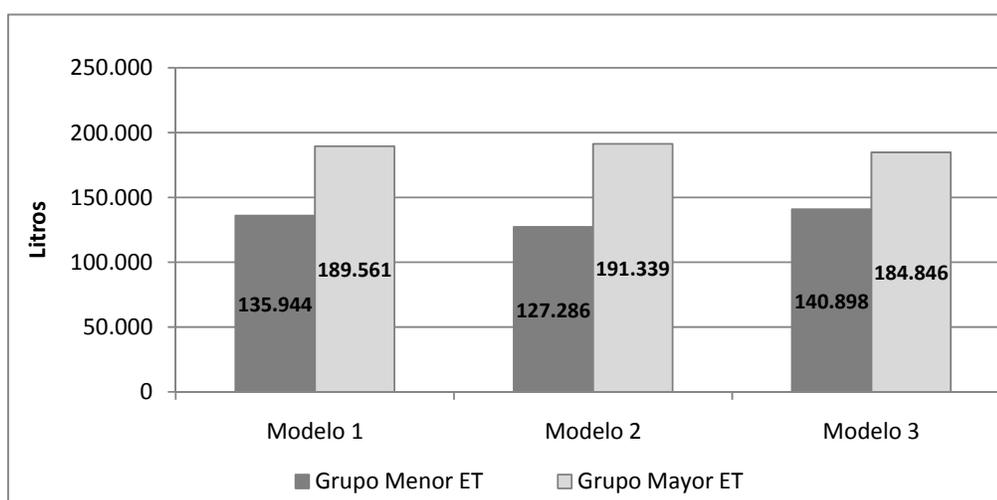


FIGURA 8 Relación entre volumen entrega anual de leche y número de jornales para los distintos modelos y grupos de ET.

Desde el punto de vista del tamaño de las explotaciones, se puede apreciar que el grupo de explotaciones de mayor eficiencia, posee en promedio una mayor cantidad de praderas totales, y a la vez tienen una mayor entrega anual de leche. En la FIGURA 9 y 10 se presentan los valores promedios de praderas totales y volumen de entrega anual de leche para cada grupo de eficiencia.

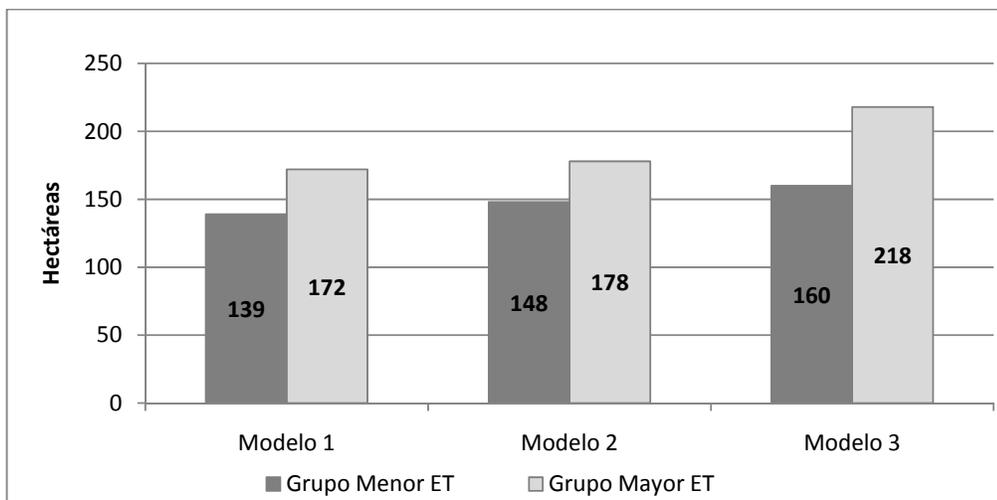


FIGURA 9 Praderas totales (ha) para los distintos modelos y grupos de ET.

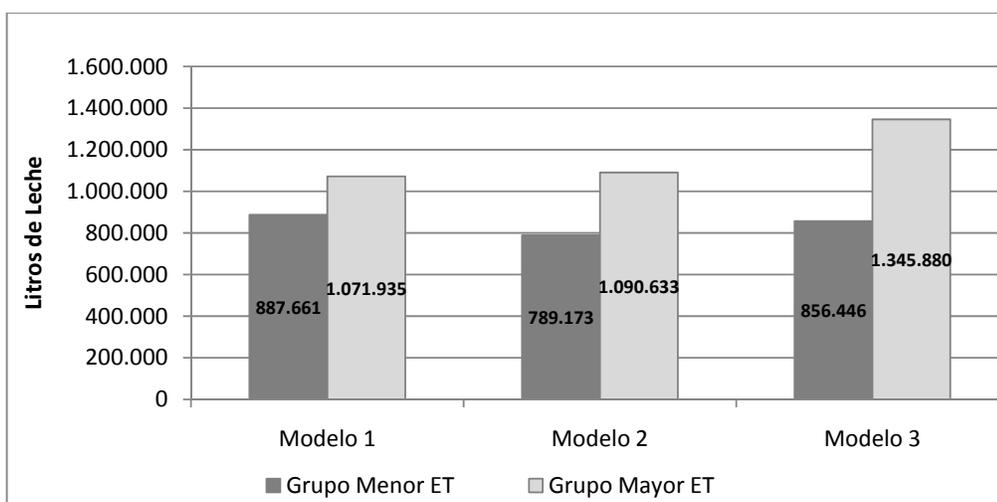


FIGURA 10 Volumen entrega anual de leche (L) para los distintos modelos y grupos de ET.

4.6 Análisis factores de ineficiencia técnica incorporados en el modelo

Con la finalidad de explicar la ineficiencia técnica alcanzada por los agricultores, en el modelo 3 se incorporaron 6 variables consideradas influyentes en los sistemas de producción lechera, tales como porcentaje de

praderas destinadas a lechería, carga animal, litros leche / vaca ordeña, kilos de concentrado / vaca ordeña, porcentaje costo en alimentación y relación vaca ordeña/vaca masa (VO/VM).

Los resultados obtenidos para estas variables indican que los factores influyentes en el desempeño productivo de las explotaciones serían las praderas destinadas a lechería, litros de leche producidos por vaca ordeña y el porcentaje de costo de alimentación, en donde las dos primeras son estadísticamente significativos al 1%, mientras que esta última a un 5%. (ANEXO 1)

4.6.1 Porcentaje praderas destinadas a lechería. Respecto a la variable porcentaje praderas destinadas a lechería, el coeficiente indica que las explotaciones de la muestra al aumentar el porcentaje de praderas destinadas a lechería, estarían disminuyendo su ET (ANEXO 1), resultado que puede estar dado por el mal manejo de otros aspectos de la producción como son la calidad de las praderas, manejo del pastoreo, producción por vaca y carga animal entre otras. Al observar los promedios de porcentajes de praderas destinadas a lechería de los dos grupos, se aprecia que el grupo de mayor eficiencia técnica presenta un menor porcentaje de praderas destinadas a lechería, lo cual coincide con los resultados entregados por el coeficiente para esta variable.

En ocasiones se observa que en sistemas lecheros al agregar más superficie este se hace más ineficiente, hasta que se nivela la producción por hectárea, regulada principalmente con vacas de buen nivel productivo. Adicionalmente las explotaciones del análisis no presentan una misma estrategia de desarrollo, lo cual genera una mayor variabilidad en la muestra¹

¹ NAVARRO, H. 2008. Ing Agr. INIA REMEHUE. Comunicación personal.

En la FIGURA 11 se presentan los valores de porcentaje de praderas destinada a lechería por cada grupo de eficiencia técnica.

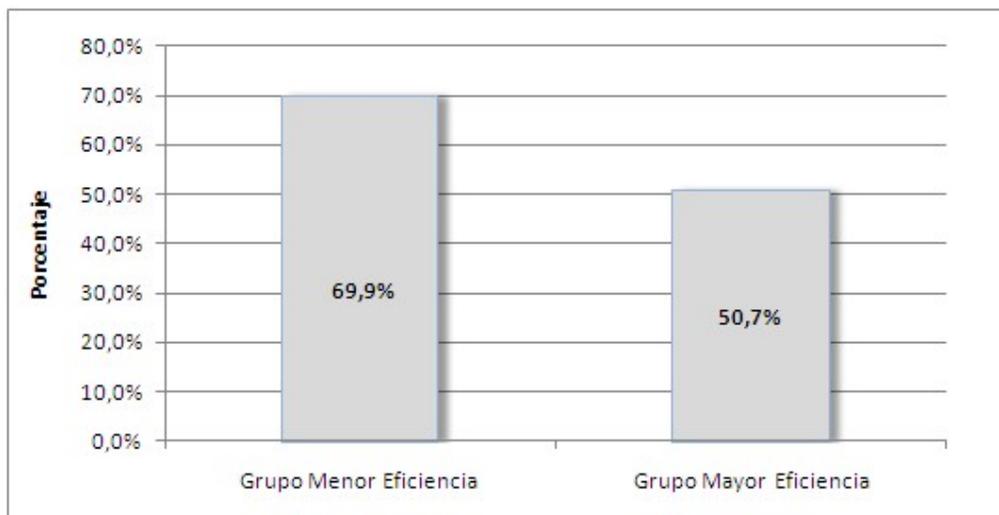


FIGURA 11 Porcentaje de praderas destinadas a lechería (ha).

4.6.2 Producción de leche por vaca ordeña. Respecto a la variable producción de leche por vaca ordeña, el coeficiente indica que las explotaciones de la muestra al disminuir la producción de leche por vaca ordeña, estarían disminuyendo su ET, resultado que demuestra la importancia de este factor dentro de las explotaciones lecheras, ya que es fundamental tener vacas eficientes en la conversión de alimentos en leche y de esta forma reflejar los esfuerzos realizados en las praderas, tanto en su calidad así como en su productividad.

Estos resultados son similares a los presentados por LAWSON *et al.* (2004), en su estudio de ET realizado en lecherías de Dinamarca, donde indican que las explotaciones de mayor eficiencia son aquellas que presentaron vacas de alta producción de leche.

Al observar los promedios de producción de leche por vaca ordeña de los dos grupos, se aprecia que el grupo de mayor eficiencia técnica presenta

una mayor producción por vaca, lo cual se conlleva con los resultados entregados por el coeficiente para esta variable. En la figura 12 se presentan los valores de producción de leche por vaca ordeña para cada grupo de eficiencia técnica.

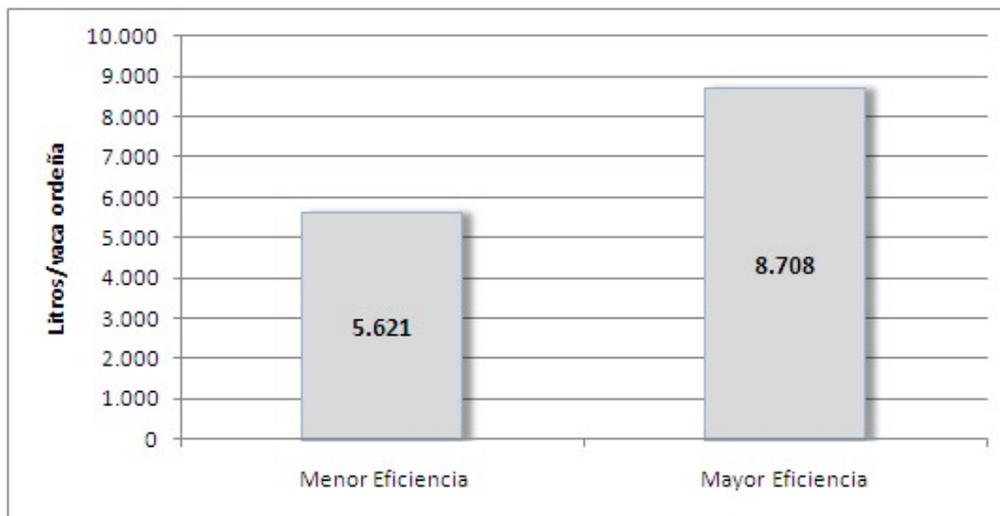


FIGURA 12 Producción de leche por vaca ordeña (L).

4.6.3 Porcentaje costo de alimentación. La última variable que presentó influencia significativa en la producción, es el porcentaje costo de alimentación, donde se aprecia que el coeficiente indica que las explotaciones de la muestra al aumentar el costo porcentual de alimentación, estarían aumentando su ET, lo cual indica a su vez que se debe gastar una mayor proporción en la alimentación del ganado, sobre todo si este aumento de ve reflejado en la producción, lo cual ocurriría en las explotaciones mas eficientes, ya que éstas poseen vacas de mayor productividad y que por ende, responden mas eficientemente a una mejor y mayor alimentación.

La realización de esfuerzos en gastar más en alimentación, normalmente se refleja en explotaciones más productivas, y por ende finalmente con un mayor margen por hectárea².

Es importante señalar que ser eficiente no es sinónimo de tener costos bajos, particularmente un gasto alto en alimentación no significa ser necesariamente ineficiente. Animales de alto rendimiento requieren una dieta mas exigente, pero este mayor costo en alimentación se traduce en mayor producción de leche al año que compensaría el alto costo (ENGLER, 1999).

Al observar los promedios de porcentaje de costos de alimentación de los dos grupos, se aprecia que el grupo de mayor eficiencia técnica presenta un mayor porcentaje de costos de alimentación, lo cual se relaciona con los resultados entregados por el coeficiente para esta variable. En la FIGURA 13 se presentan los valores de porcentaje costo de alimentación para cada grupo de ET.

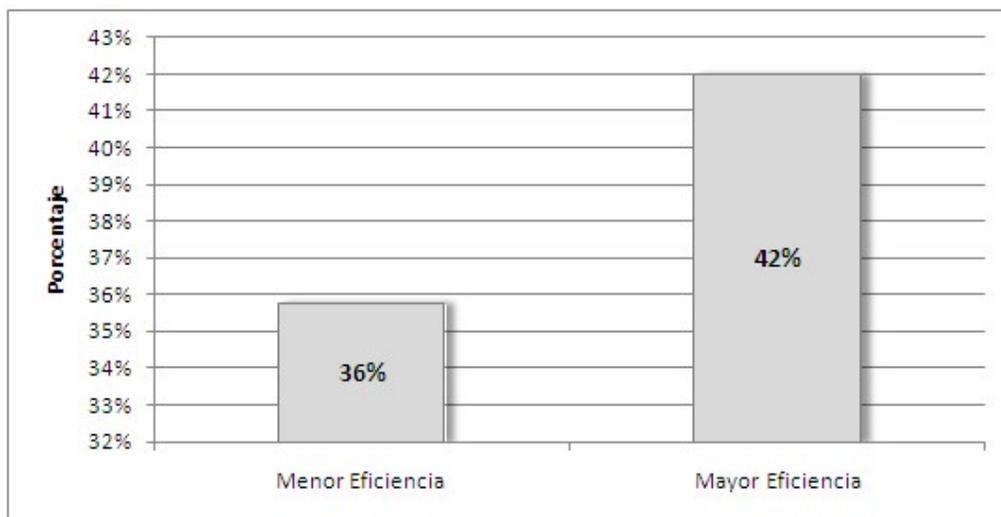


FIGURA 13 Porcentaje costo de alimentación.

² NAVARRO, H. 2008. Ing Agr. INIA REMEHUE. Comunicación personal.

4.7 Comparación eficiencia técnica alcanzada por los tres modelos

Al comparar por medio de un análisis de correlación la ET alcanzada por las explotaciones en los tres modelos, se observa una alta correlación entre los modelos 1 y 2, lo cual es esperable, ya que ambos modelos sólo se diferencian en que el primero utiliza en las variables independientes las vacas ordeñas y el segundo las vacas masa. Respecto al modelo 3, la correlación con los otros dos modelos no es tan alta, debido a que este incorpora las variables explicativas de la ineficiencia técnica, lo cual hace que el modelo se ajuste mejor, y por ende obtenga resultados distintos de eficiencia técnica. En el CUADRO 12 se presentan los resultados obtenidos en la correlación realizada entre los modelos.

CUADRO 12 Correlación de eficiencia técnica alcanzada entre los modelos.

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Modelo 1	1,00		
Modelo 2	0,96	1,00	
Modelo 3	0,78	0,79	1,00

5 CONCLUSIONES

Los parámetros productivos utilizados para evaluar los modelos tales como leche equivalente (L), número de vacas ordeña y vacas masa, utilización de concentrado (Ton), costo de fertilización y mano de obra resultaron ser estadísticamente significativos, a excepción del costo de fertilización para los tres modelos.

Respecto al coeficiente de la función, los resultados indican la presencia de retornos decrecientes a escala, lo que sugiere que los agricultores de la muestra estarían operando a un tamaño sobre el óptimo, es decir, que al aumentar la cantidad de insumos (por ejemplo número de vacas ordeña o utilización de concentrado) no existe un aumento proporcional en la producción, por lo que aumentos de la productividad en base a cambios en la escala producción, no sería un manejo recomendable.

Los resultados de ET obtenidos en los modelos 1, 2 y 3 señalan valores promedios de 84,2%; 81,8% y 89,0% respectivamente. Estos valores son considerados alto, sin embargo, son similares a otros estudios realizados a nivel mundial.

Adicionalmente, respecto a la ET alcanzada por las distintas explotaciones, es posible afirmar la existencia de una gran variabilidad en los resultados, ya que en el modelo 1 el valor mínimo y máximo fue de 61,5% y 97% respectivamente, mientras que en el modelo 2 fue de 57,8% y 99,1%, por ultimo para el modelo 3 las cifras fueron de 67,4% y 99,6%.

Al considerar aspectos productivos, las explotaciones que alcanzaron mayor ET en los tres modelos, se caracterizan por manejar cargas animales mas altas (UA/ha), producir mayor cantidad de leche por hectárea destinada a lechería (L/ha) y tener una mejor relación entre producción de leche anual y numero de jornales contratados (L/n° jornales).

Dentro de los factores explicativos de la ineficiencia técnica incorporados en el modelo 3, los resultados señalan como estadísticamente significativo a porcentaje de praderas destinadas a lechería, litros de leche producida por vaca ordeña y el porcentaje de costo de alimentación.

Sobre los factores explicativos de la ineficiencia técnica, los resultados indican que las explotaciones de la muestra al aumentar el porcentaje de praderas destinadas a lechería, estarían disminuyendo su ET, relación que permite deducir que las explotaciones que logran un mayor grado de especialización alcanzan niveles más altos de ET.

En cuanto a la variable producción de leche por vaca ordeña, los resultados indican que las explotaciones de la muestra al disminuir la producción de leche por vaca ordeña, estarían disminuyendo su ET, situación que señala la importancia de contar con vacas capaces de reflejar los esfuerzos realizados en los distintos aspectos relacionados con la generación de leche a nivel predial.

Respecto a la variable porcentaje costo de alimentación, los resultados indican que las explotaciones de la muestra al disminuir el costo porcentual de alimentación, estarían disminuyendo su ET, lo que permite señalar que ser eficiente no es sinónimo de tener costos bajos, particularmente un gasto alto en alimentación no significa ser necesariamente ineficiente.

Finalmente es posible indicar que las explotaciones que alcanzaron mayor ET para los tres modelos, se caracterizaron por tener cargas animales más altas, vacas de mayor producción y con un mayor acento en la alimentación, factores esenciales en la generación de leche a nivel predial, los que posteriormente se conjugan para obtener una mayor producción de leche por hectárea destinada a lechería.

6 RESUMEN

En el presente estudio se determinó la eficiencia técnica (ET) de 40 productores lecheros ubicados en las regiones de Los Ríos y de Los Lagos. Para ello se utilizaron antecedentes correspondiente a información técnico-económica recopilada en el año 2005, en donde se midieron y registraron 33 variables para cada productor lechero.

En un principio, dicha información fue sometida a un análisis de descripción estadística, en donde se determinó a cada variable promedios, desviación estándar, valores mínimos y máximos. Adicionalmente, dichas variables fueron sometidas a un análisis de correlación para determinar la intensidad de relación entre las variables.

Para la determinación de la ET se utilizó el método de fronteras estocásticas, elaborándose tres modelos a evaluar, realizándose el cálculo a través del software FRONTIER 4.1.

Los resultados de ET señalan valores promedios de 84,2%; 81,8% y 89,0% para los modelos 1, 2 y 3 respectivamente, en donde las explotaciones que alcanzaron mayor ET, poseen mayores cargas animales, vacas de mayor producción, mayor porcentaje costo de alimentación, menor superficie destinada a lechería y una mayor relación entre producción de leche anual y número de jornales contratados.

SUMMARY

In the present study there decided the technical efficiency (ET) of 40 dairy farms located in the regions de Los Rios and Los Lagos, for it precedents were in use corresponding to technical - economic information compiled in the year 2005, where they measured up and registered 33 variables for every dairy producer.

In a beginning, the above mentioned information was submitted to an analysis of statistical description, where one determined to every variable averages, standard diversion, minimal and maximum values. Additional, the above mentioned variables were submitted to an analysis of correlation to determine the intensity of relation between the variables.

For the determination of the ET there was in use the method of stochastic frontiers, being elaborated three models to evaluating, the calculation being realized across the software FRONTIER 4.1.

ET results indicate values of 84,2 %; 81,8 % and 89,0 % for the models 1, 2 and 3 respectively, where the developments that reached major ET for three models, possess higher animal loads, cows of major production, percentage higher cost of nourishment, minor surface destined for dairy and a major relation between production of annual milk and I number of contracted wages.

7 BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, I. y DELGADO, M.J. 2004. Evaluación de la eficiencia técnica en los países miembros de la Unión Europea. Gestión y política pública. Vol XIV: 107-128.
- ANRIQUE, R. 1990. Potencial de producción de la pradera en vacas lecheras. Curso de postgrado. Producción intensiva de leche, capítulo 1. Colegio Médico Veterinario de Chile. Osorno, pp.53-59.
- ANRIQUE, R. 1999. Descripción del Chile Lechero. En: ANRIQUE, R.; LATRILLE, L.; BALOCHI, O.; ALOMAR, D.; SMITH, R.; PINOCHET, D. y VARGAS, G. Competitividad de la producción lechera nacional. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Vol I:1-28.
- ANRIQUE, R.; LATRILLE L.; BALOCCHI, O.; PINOCHET, D.; MOREIRA, V.; SMITH, R.; ALOMAR, D.; VARGAS, G. 2004. La producción de leche en Chile: Caracterización técnica a nivel predial. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 59 p.
- ARZUBI, A. y BERBEL, J. 2001. Un análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras de Argentina. Estudios agrosociales y pesqueros, 193: 119-142.
- AZÓCAR, G. 2005. Análisis económico - financiero y caracterización de 16 predios campesinos lecheros de la provincia de Valdivia. Estudio de casos. Universidad Austral de Chile (On line). <<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/faa996a/doc/faa996a.pdf>>. (28 julio 2008).

- BALOCCHI, O. y R. ANRIQUE. 1993. Atributos de la pradera que afectan el consumo y producción de animales en pastoreo. Sociedad Chilena de Producción Animal. Serie Simposios y Compendios 1: 23-32.
- BALOCCHI, O. y LOPEZ, I. 1995. Evaluación del valor agronómico de *Bromus valdivianus* Phil. Sociedad Chilena de Producción Animal. XX Reunión Anual. 19 y 20 de Octubre 1995. Universidad de Chile. Coquimbo. Guzmán, V.; Dumont, J.C. ed.: 9 - 10.
- BALOCCHI, O. 1999a. Recursos forrajeros utilizados en la producción de leche. En: Latrille, L. (editor). Avances en Producción Animal, Valdivia, Chile, pp. 186-214.
- BALOCCHI, O. 1999b. Recursos forrajeros utilizados en producción de leche. In: Anrique, R., Latrille, L., Balocchi, O., Alomar, D., Moreira, V., Smith, R., Pinochet, D. y Vargas, G. (eds). Competitividad de la producción lechera nacional. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. pp: 29-74.
- BALOCCHI, O. y LOPEZ, I. 2001. Rol de las especies pratenses nativas y naturalizadas en las praderas permanentes del Sur de Chile. In: Sociedad Chilena de Producción Animal. Simposio Internacional en producción animal y medio ambiente. 26: 285 – 289.
- BALOCCHI, O., CABALLERO, M. y SMITH, R. 2001. Caracterización y variabilidad agronómica de 125 ecotipos de *Bromus valdivianus* Phil. Recolectados en la Provincia de Valdivia. Agro Sur (Chile). 21(1): 64-7
- BARRA, C. 2003. Caracterización productiva y socio económica de medianos productores lecheros vinculados a una planta lechera de la Provincia de Valdivia. (On line). Universidad Austral de Chile.

<<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fvb268c/doc/fvb268c.pdf>>. (25 julio 2008).

BATTESE, G.E. 1992. Frontier production functions and technical efficiency: A survey of empirical applications in agricultural economics. *Agricultural Economics*, 7: 185-208.

BAUER, P.W. 1990. Recent developments in the econometric estimations of frontiers. *Journal of Econometrics*, 46: 39-56.

BECK, A. y PESSOT, R. 1992. Producción de leche en praderas permanentes durante la primavera. *Agrosur* 20: 34-39.

BENEDETTI, H.; BUDGE, C.; DOMÍNGUEZ, J. y ERRÁZURIZ, F. 1990. El desarrollo sectorial y la pequeña Agricultura. *Panorama Económico de la Agricultura*. (Chile). Nº 68 : 2 – 6.

BERNIER, R.V. 1988. Praderas para Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 723 p.

BEST, 2002. Evolución de la recepción de leche en Chile en los últimos 40 años (1960-2001). En: <http://www.chillan.udec.cl/leche/info/re_leche_chi_60-01.pdf> (13 mayo 2008).

BONDI, A. 1988. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

BRAVO-URETA, B E. 2008. Globalización y desarrollo económico: Algunas consideraciones sobre la incidencia en el sector agrícola. *Agro sur*. [online]. mayo 2008, Vol. 36, No. 1 [citado 10 Septiembre 2008], pp. 1-7. Disponible en la World Wide Web:

<http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022008000100002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0304-8802 (11 agosto 2008).

BUTENDIECK, B.; LANUZA A.; STEHR, H. G.; FONSECA, M. N. 1986. Comparación de niveles de suplementación energética en vacas a pastoreo durante primavera. En: Resúmenes de las investigaciones en bovinos de leche. realizadas por INIA durante el periodo 1964-1984. (eds. Jahn, B. Y M. Aedo). Santiago, Chile: p87.

CAPITAINE, A. 2000. Impacto Económico de la eficiencia reproductiva en sistemas lecheros intensivos de la zona central de Chile. Tesis de magíster. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento Ciencias Animales.

CHILE, FUNDACIÓN CHILE. 2007. Control de gestión en predios lecheros, aplicación de criterios comunes, metodología y casos. Departamento Agroindustrial, Fundación Chile (On line). <http://www.agrogestion.com/images_agro/publicaciones/Predios_Lecheros.pdf>. (18 julio 2008).

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAGRI). 2001. Una política de Estado para la agricultura chilena período 2000 – 2010. Santiago, Chile. 140 p.

CHILE, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA). 2007. (On line). <<http://www.odepa.gob.cl/>> (04 julio 2008).

COELLI, T.J; RAO, D.S.P. y BATTESE, G.E. 1998. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Kluwer Academic Publishers. Boston.

- DOMINGUEZ, J. 2000. Una visión prospectiva para la Agricultura chilena. In. Furche, C. (ed). Agricultura Chilena del 2010. Tres visiones sociopolíticas. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura. pp : 91 – 128.
- DI GIROLAMO, G. 1992. El escenario agrícola mundial en los años noventa. Revista de la CEPAL. (Chile). 47 : 101 – 123.
- DUMONT, J. 1994. Métodos para mejorar la calidad de los ensilajes. II Seminario “Producción y utilización de ensilajes en la zona sur”. INIA serie Remehue. (Chile) 52: 27-38.
- ELIZALDE, H. y KLEIN, F. 1989. Elaboración de ensilajes de alta calidad. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Remehue. Boletín Técnico 146 : 1 -19.
- ESNAOLA, V. 2002. Mercado y gestión económica de la producción de leche. Visión actual y perspectivas del sector lácteo nacional. Programa Gestión Agropecuaria. Fundación Chile. 15 p.
- FARRELL, M.J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 120(3): 253 –290
- FORSUND, F.R. 1997. The Malmquist productivity index, TFP and scale. Memorandum N° 233, Department of Economics, Gothenburg University, Gothenburg.
- GEMINES S.A., 2000. El sector lácteo chileno. En:
<http://www.gemines.cl/p4_gemines/site/artic/20030905/asocfile/ASO_CFIL_E120030905200006.PDF> (01 julio 2008).
- GARCIA, E. y SERRANO, C. 2003. Competitividad y eficiencia. Estudios de Economía Aplicada 21, 423-450 p.

- GEMINES CONSULTORES S.A. 2000. El sector lácteo chileno. (On line) <http://www.gemines.cl/p4_gemines/site/artic/20030905/asocfile/ASOCFILE120030905200006.PDF>. (02 julio 2008).
- GOMEZ, S. 1996. Percepción del impacto del NAFTA en el sector campesino y de asalariados rurales. In. Olavarría, J. y Rojas, A. (eds). Implicancias del NAFTA en la Agricultura Chilena. Universidad de Talca. (Chile). pp: 117 – 125.
- GONZALEZ, M. y NAVARRO, H. 1993. Calidad y costos de ensilajes de pradera. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Remehue. Boletín Técnico 203:1-31.
- GONZÁLEZ, F.; BARRALES, L. y VALENZUELA, L. 2005. Modelo para Evaluar la Respuesta Productiva de Vacas Híbridas en un Sistema Intensivo de Leche. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- HAZARD, S. 1988. El ensilaje: una alternativa de conservación de forraje. Revista Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca. 7: 29-31.
- HAUSDORF, S. 1992. Estudio económico de casos prediales de producción lechera en la zona central. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile. 98 p.
- HODGSON, J. 1990. Grazing management. Science into practice, Longman group UK Ltda. England.
- KLEIN, F. 1995. Intensificación de la producción de leche en los sistemas pastoriles del sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Boletín Técnico nº 239. 177 p.

- KLEIN, F. 1998. Sistema intensivo de producción de leche para la Décima Región de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Boletín Técnico nº 250. 8 p.
- KLEIN, F. 2003. Nutrición de vacas a pastoreo. In Teuber, N; Uribe, H; Opazo, L (ed). Seminario: Hagamos de la lechería un mejor negocio. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Remehue, Osorno, Chile. Serie Actas N°24. p 33-40.
- LANUZA, F. 1996. Requerimientos de suplementación para vacas lecheras a pastoreo. En: Lanuza, F., G. Bortolameolli, (Editores). III Seminario Aspectos Técnicos y Perspectivas de la Producción de Leche. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigaciones Remehue, Osorno, Chile. Serie Remehue N° 64, pp. 53-69.
- LANUZA, F. 2003. Proyecciones del rubro lechero. En: seminario "Hagamos de la lechería un mejor negocio". Opazo, L.; Teuber, N.; Uribe, H. (Editores). Serie actas N°24. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. pp. 109-144.
- LATRILLE, L. 1999. Calidad de la leche y sistemas de pago. En: ANRIQUE, R.; LATRILLE L.; BALOCCHI, O.; ALOMAR, D.; MOREIRA, V.; SMITH, R.; PINOCHET, D.; VARGAS, G. 1999. Competitividad de la producción lechera nacional. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. vol II: 259-314.
- LAWSON, L.G., J. BRUUN, T.J. COELLI, J.F. AGGER, and M. LUND. 2004. Relationships of efficiency to reproductive disorders in Danish milk production: A stochastic frontier analysis. J. Dairy Sci. 87:212-224.

- LERDON, J. y RAUTENBERG, R. 2001. Estimación de eficiencia de producción y análisis económico de seis predios lecheros de la comuna de Panguipulli. Estudio de casos. *Agro Sur (Chile)* 29 (2): 149-163.
- MANDER, J. 2000. Globalización Económica y Medio Ambiente. International Forum on Globalisation. En: < www.ifg.org > (10 julio 2008).
- MARTNER, R. 2002. Los efectos de la globalización económica y financiera sobre los presupuestos públicos en América Latina. Asociación Mexicana de Finanzas y Presupuesto Público. En <www.grupochoflavi.org/documentos> (11 julio 2008).
- MAYNE, C.S. y THOMAS C. 1986. Grazing management systems. En: Principles and practice of feeding dairy cows (ed. W.H. Broster, R.H. Phipps and C.L. Johnson) NIRD, Reading. pp. 177-201.
- MONARDES, A.; REBOLLEDO, C.; COX, T.; NAREA, D. y LAVAL, E. 1993. Evaluación de adopción de tecnología. Centro de estudios para América Latina sobre desarrollo rural, pobreza y alimentación, CEDRA. Santiago, Chile.
- MOREIRA LÓPEZ, V. H., B. E. BRAVO-URETA, A. ARZUBI y E. D. SCHILDER. 2004 Medidas Alternativas de Eficiencia Técnica en Tambos de la Argentina, Utilizando Una Frontera de Producción Estocástica y Datos de Panel Desbalanceado. XXXV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Mar del Plata, Argentina. 19 p.

- MUCHNICK, E.; ARAYA, F.; CASTILLO, C.; GOMEZ-LOBO, E. 2000. Economía y gestión de la producción lechera. En: <http://www.agrogestion.com/> (01 julio 2008).
- NAVARRO, H. 1996. Caracterización de los costos de producción de leche y variables a mejorar. Aspectos técnicos y perspectivas de la producción de leche. INIA Remehue. Osorno, Chile: 117-130.
- PALADINES, O.; MUÑOZ, G. 1982. Investigación sobre praderas de Chile. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Zootecnia. 166 p.
- PARDO, M. 2001. Medidas de eficiencia en la producción de leche: el caso de la provincia de Córdoba. Tesis para optar al grado de Doctor en Veterinaria, universidad de Córdoba. 346 p.
- PINOCHET, D. 1990. Fertilización de praderas permanentes en la Zona Centro Sur. In: Avances en Producción Animal. Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Valdivia. Serie B-14 pp. 181-209.
- PONCE, M. 2000. Sistemas de pastoreo. Informativo N°18. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Ministerio de Agricultura. Osorno, Chile. 2 p.
- PULIDO, R. G. 1997. Interaction of pasture conditions, concentrate supplementation and milk yield level in relation to dairy cow performance and behaviour. Ph. D. Thesis, Wye College, University of London.
- RUIZ, I. 1988. La pradera como alimento para ganado. En Praderas Para Chile. (Ed. Ruiz, I). Santiago, Chile, p. 13.

- RUZ, E. y CAMPILLO, R. 1988. Fertilización de praderas. In: Praderas para Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. pp. 220-237.
- SANDOVAL, C. y GÓMEZ, J. 1999. Los Centros de Gestión empresarial en Chile. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Santiago, Chile. 148 p.
- SARAH, C. 1996. Situación actual y perspectivas del sector lechero en Chile. In: Latrille L. (Ed). Avances en producción animal. Instituto de Producción Animal, Valdivia, Chile, Serie B-20, pp: 199-219.
- SIERRA, C. 1992. Fertilidad del suelo y praderas permanentes. In: Seminario Manejo de Praderas Permanentes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno. Serie Remehue N° 31, p. 57-86.
- SILVA, R. 1997. Estudio de rentabilidad de sistemas mixtos con predominancia lechera de la VII Región. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Talca, Chile. 47 p.
- SOCHIPA. 1997. Sistemas de producción de leche basados en praderas permanentes. Borrador de trabajo a ser presentado a Simposio Producción de leche en base a praderas. Valdivia, Chile.
- SMITH, R. 1999. Caracterización de los sistemas productivos lecheros en Chile. In: Latrille, L.; Balocchi, O.; Alomar, D.; Moreira, V.; Smith, R.; Pinochet, D.; Vargas, G. Competitividad de la producción lechera nacional. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Tomo I. pp: 149–216.

- SMITH R., MOREIRA V. y LATRILLE L. 2002. Caracterización de sistemas productivos lecheros en la Décima Región de Chile mediante análisis multivariable. *Agricultura Técnica (On line)* 62 (3): 375-395. <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S036528072002000300004&script=sci_ar ttext&tlng=es>. (24 julio 2008).
- TORRES, B. A. 1994. Pradera para ensilaje. En: Gonzáles, M. y G. Bortolameolli, (editores). *II Seminario Producción y utilización de ensilajes de praderas para agricultores de la zona sur*. Instituto de Investigaciones Agropecuaria, Estación experimental Remehue, Osorno, Chile. Serie Remehue 52: pp. 119-143.
- VALENZUELA, L. 2004. Factores que influyen los parámetros técnicos y económicos en los sistemas intensivos de producción de leche en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile (On line). <http://www.puc.cl/agronomia/d_investigacion/Proyectos/ProyectosTitulos/pdf/CienciasAnimales/LoretoValenzuelaS.pdf> (10 julio 2008).
- VERGARA, F. 2004. Determinación mediante análisis multivariable de los sistemas productivos de leche en la zona Región Metropolitana – VIII Región. Tesis Lic. Ing. en Alimento. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 59 p.

ANEXOS

ANEXO 1 Estimación de los parámetros de las fronteras de producción para los modelos 1, 2 y 3 por el método de máxima verosimilitud (en itálica: Error Estándar)

Variables	Parámetros	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Constante	β_0	8,162 *** <i>0,957</i>	8,010 *** <i>0,781</i>	8,491 *** <i>0,849</i>
Nº vacas Masa (VM)	β_{vm}		0,424 *** <i>0,017</i>	0,511 *** <i>0,088</i>
Nº vacas Ordeña (VO)	β_{vo}	0,404 *** <i>0,089</i>		
Utilización de concentrado (ton) (CO)	β_{co}	0,149 *** <i>0,061</i>	0,151 *** <i>0,048</i>	0,082 ** <i>0,053</i>
Mano de obra (Nº de jornales) (MO)	β_{mo}	0,253 *** <i>0,362</i>	0,242 *** <i>0,055</i>	0,279 *** <i>0,003</i>
Costo de fertilización (FERT)	β_{fert}	0,094 <i>0,737</i>	0,104 ** <i>0,065</i>	0,041 <i>0,072</i>
Variables explicativas de la ineficiencia técnica				
Constante	δ_0			0,084 <i>0,251</i>
Porcentaje praderas lechería	δ_{pl}			0,567 *** <i>0,199</i>
Carga animal	δ_{ca}			0,102 <i>0,082</i>
Litros leche / vaca ordeña	$\delta_{L_{vo}}$			-0,075 *** <i>0,026</i>
Kilos de concentrado / vaca ordeña	$\delta_{C_{vo}}$			0,0002 <i>0,0009</i>
Porcentaje costo en alimentación	δ_{al}			-0,003 ** <i>0,0002</i>
Vacas ordeñas / vacas masa				0,0005 <i>0,0002</i>
Coeficiente de la función		0,900	0,921	0,914
Log de la función de Máxima Verosimilitud		21,24	22,84	21,85
σ		0,053 ** <i>0,024</i>	0,074 <i>0,041</i>	0,099 ** <i>0,004</i>
γ		0,919 *** <i>0,157</i>	0,997 *** <i>0,042</i>	0,103 <i>0,281</i>

* Nivel de significancia 10%, ** nivel de significancia 5%, *** nivel de significancia 1%.