

SEEFF, L. y J. DIENSTAG, 1988. Transfusion-associated non-A, non-B hepatitis. Where do we go from here? *Gastroenterology*. 95: 530-533.

VELASCO, M., E. PUELMA, R. KATZ y J. ZACARÍAS, 1982. Marcadores virales de la hepatitis aguda: estudio en 291 niños y adultos en Chile. *Rev. Med. Chile* 110: 542-546.

VINCENT, P., 1984. Uso de la epidemiología en la vigilancia y control de enfermedades en general. En: Seminario sobre recursos y perspectivas de la epidemiología, Buenos Aires, Argentina. pp. 48-56.

ZACARÍAS, J., J. RAKELA, C. RIVEROS y P. BRINK, 1981. Anticuerpos de hepatitis "A". Prevalencia en niños aparentemente sanos y con hepatitis aguda. *Rev. Med. Chile*. 109: 833-836.

ZAIDI, A., D.J. SCHNELL y G. REYNOLDS, 1989. Time series analysis of syphilis surveillance data. *Stat. Med.* 8: 353-362.

Recibido el 19 de enero de 1996  
Aceptado el 25 de octubre de 1996

AVANCES EN CIENCIAS VETERINARIAS - VOL. 12, Nº 1, 1997

## EVALUACIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PECUARIA: ANÁLISIS DEL RIESGO ECONÓMICO EN UNA LECHERÍA, UTILIZANDO EL MODELO DE HERTZ

Julio Pittet D. (M.V., DGEA), Mario Maino M. (M.V., Dr. Ing. Agr.), Sergio Carvajal B. (M.V.) y M. Verónica Bahamondes C. (M.V.)\*

### ECONOMIC EVALUATION OF AGRARIAN TECHNOLOGICAL INNOVATIONS TO ESTIMATE THE RENTABILITY AND ECONOMIC RISK OF A DAIRY ENTERPRISE

*The present study makes an economic evaluation of technological innovations to be implemented in agrarian production systems with "a priori methods", to estimate the rentability and economic risk of a dairy enterprise in the Central Region of Chile, that turnover from two over three daily milkings, by means of the Gross Margin and Hertz Model. Results show that the three daily milkings system cause a 9.17% of income increase but also a variable cost increase, with a final rentability increment of only 3.18% with an economic risk increase of 10.6%.*

**Palabras claves:** empresa lechera, rentabilidad, riesgo económico.

**Key words:** dairy enterprise, rentability, economic risk.

## INTRODUCCIÓN

La globalización de los mercados como consecuencia de la apertura de las economías nacionales, ha creado innumerables oportunidades para el desarrollo de aquellos sectores favorecidos por la existencia de ventajas comparativas. Las empresas ya no están restringidas a considerar el mercado interno como su único objetivo, sino que pueden aspirar a competir en el mercado mundial y a las oportunidades de crecimiento que se derivan de este hecho. Sin embargo, la apertura trae consigo amenazas para quienes confían tan sólo en la existencia de factores como mano de obra barata u otras circunstancias que inciden en los

bajos costos de producción como herramientas de competitividad (Carrasco, 1993). Es así que, frente a una integración cada vez más creciente entre países y a la progresiva competitividad que muestran los mercados agropecuarios internacionales, aparecen nuevos desafíos tecnológicos donde la innovación es el elemento que brinda sustentabilidad al proceso de inserción internacional, basado en la competitividad de las naciones y sus empresas. Pasa a ser sumamente importante la permanente preocupación por aumentar la productividad del factor trabajo, así como por disminuir todo tipo de costos de producción. Ya no será tan importante la productividad de un rubro *per se*, sino la productividad de un sistema productivo en un ambiente de equilibrio, preservando los recursos naturales, disminuyendo costos, diversificando la producción, agregando valor a los productos agropecuarios, etc. (Bernier, 1993; Doryan y Jiménez, 1993; Figueroa, 1994). Dentro del sector pecuario las em-

\*Departamento de Fomento de la Producción Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Universidad de Chile. Casilla 2 - Correo 15, Santiago-Chile.

presas productoras de leche enfrentarán una competencia cada vez más fuerte, debido a lo cual un buen número de empresarios del sector deberán mejorar su eficiencia o estarán obligados a salir de los mercados nacionales y/o internacionales. Dadas las exigencias del mercado, los productores se verán obligados a aplicar nuevas técnicas y, en la mayoría de los casos, a realizar nuevas inversiones y a utilizar en la mejor forma posible los recursos disponibles (Lerdón, 1993). Un ejemplo de lo anterior, aplicado al rubro lechería, es el aumento de la frecuencia de ordeña de dos a tres al día, la cual ha sido utilizada por los productores tanto a nivel nacional como internacional (González, 1989). Estudios realizados por Rolando (1983), De Peters y col. (1985), Amos y col. (1985) Gisi y col. (1986) y Allen y col. (1986) indican que en estos sistemas de producción el rendimiento lácteo aumenta entre un 6 y 25,2%. Los mismos autores señalan, sin embargo, que podría existir algún grado de disminución de la eficiencia reproductiva, señalando además que los aumentos en producción casi necesariamente conllevan aumentos en la calidad y cantidad de la alimentación, para mantener y compensar la producción extraordinaria, lo cual puede lograrse en rebaños de buen manejo y con altos niveles de producción. La introducción de estas innovaciones tecnológicas, propias o utilizadas en el extranjero, que presentan diferencias en el macro y microentorno técnico y/o económico, deberían ser evaluadas antes de su aplicación en el país, ya que su desempeño y utilidad tienen gran variabilidad según el lugar en que se aplican (Doryan y Jiménez, 1993). Sin embargo, no basta con sólo estimar los clásicos parámetros de rentabilidad, sino que también es importante determinar el riesgo económico que soporta toda inversión (Durban, 1983). Al respecto Doryan y Jiménez (1993), señalan que a la producción agropecuaria se le deben asociar mayores niveles de riesgo e incertidumbre que a las producciones industriales, puesto que, dada una cierta combinación de insumos para el productor agropecuario, no es posible predecir con certeza la cantidad de producto a obtener, porque la producción agropecuaria está condicionada a los factores climáticos y al ataque de agentes biológicos o de enfermedades. El análisis de riesgo, utilizado para determinar como la no-certeza acerca de los eventos futuros puede influir en las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto, proporciona más elementos de juicio para que la decisión de rechazar o no un proyecto se realice en base a información más completa. Este riesgo de la inversión puede medirse en forma absoluta, bajo la consideración del proyecto como una unidad aislada o bien de forma relativa, al tener en cuenta que por regla general toda inversión forma parte de una estructura superior o activo empresarial; es decir, se puede determinar tanto el nivel de riesgo de las inversiones por ellas mismas, o su contribución al riesgo de la empresa que lo evalúa

(Durban, 1983). El presente trabajo, dentro de una metodología que persigue realizar evaluaciones económicas de innovaciones tecnológicas a ser implementadas en sistemas de producción pecuaria, tuvo como objetivo general determinar la rentabilidad y el riesgo económico absoluto asociado al manejo con dos y tres ordeñas diarias, utilizando el Método de Hertz o Simulación de Montecarlo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las exigencias del modelo a utilizar nos llevaron a elegir una lechería que fuera representativa del sistema de producción dominante en la zona central del país y cuyas características más importantes fueran: alta producción (> 8.000 l/vaca); raza especializada (Holstein Friesian); alimentación en base a alfalfa soiling y/o heno, ensilaje de maíz y concentrados; ordeña mecánica; uso de inseminación artificial y estabulación permanente. Unido a esto debía poseer registros técnicos y contables adecuados, junto a un manejo de tipo empresarial. Para la realización del estudio se utilizaron datos provenientes de los flujos de caja mensuales generados durante el período 1991 a 1994, por el grupo de animales en producción, y dentro de éstos sólo aquellos ítemes que mostraron variación bajo una u otra técnica de explotación. Dado que la lechería durante el período estaba en crecimiento, mediante un desarrollo de masa, que utilizó parámetros reproductivos y productivos reales, se estandarizaron los datos para 200 vacas/masa considerando así a la lechería como un sistema productivo estabilizado, lo cual disminuye cualquier influencia sobre la variabilidad de los costos e ingresos que no sean explicados por las dos frecuencias de ordeña a estudiar. Este desarrollo indica que se compraron vaquillas solamente en el año 1 para su encaste en el predio y que posteriormente se utilizaron reemplazos propios; que el lapso interparto fue de 410 días y consideraba las hembras que durante la gestación hubieran abortado y a las hembras con problemas de quistes ováricos; que las vaquillas tenían el primer parto a los 24 meses de edad; que el porcentaje de reemplazo anual era del 28%, incluyendo éste un 3% de mortalidad y un 25% de eliminación por causas productivas y reproductivas, y que las hembras tenían un máximo de cuatro lactancias (Cuadro 1). Para la estimación de la rentabilidad del sistema productivo durante un período de 10 años, se utilizó el Margen Bruto Acumulado Actualizado (MBAA) para cada una de las frecuencias de ordeña, lo que permite comparar la rentabilidad entre las dos formas de explotación. Su determinación se hizo a partir de:

$$MBAA_j = \sum_{i=1}^n \frac{MB_{ij}}{(1+d)^i} - INV$$

CUADRO 1  
DESARROLLO DE LA MASA

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Nuevas vaquillas	9	8	8	9	8	8	7	8	6	7	8	7
Nuevas vaquillas preñadas	8	9	8	8	9	8	8	7	8	6	7	8
Total vaquillas preñadas	67	68	68	69	70	71	72	71	72	70	69	69
Nuevas hembras de 1ª lactancia	6	7	6	6	7	5	5	5	7	7	5	7
Nuevas hembras de 2ª lactancia	5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	4	4
Nuevas hembras de 3ª lactancia	3	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3
Nuevas hembras de 4ª lactancia	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total hembras 1ª lactancia	79	80	80	79	79	80	78	79	80	79	79	79
Total hembras 2ª lactancia	58	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Total hembras 3ª lactancia	41	41	41	42	41	41	41	41	42	42	41	42
Total hembras 4ª lactancia	22	22	22	22	23	23	23	23	23	22	23	22
Nuevas terneras	8	9	9	7	9	7	8	7	8	9	7	8
Terneros	8	9	9	7	9	7	8	7	8	9	7	8
Hembras secas (90 días)	31	31	31	28	29	26	28	28	29	29	30	31
Venta vaq. c/3ms de gestación	2	2		1	4	1		3	1	1	1	1
Muertes terneras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muertes vaquillas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muertes hembras 1ª lactancia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muertes hembras 2ª lactancia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muertes hembras 3ª lactancia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muertes hembras 4ª lactancia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hembras 1ª lactancia eliminadas	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2
Hembras 1ª lactancia eliminadas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hembras 1ª lactancia eliminadas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hembras 1ª lactancia eliminadas (10 ms postparto)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

con

$$MB_{ij} = (L_{ij}) - (A_{ij} + E_{ij} + MO_{ij} + M_{ij} + D_{ij})$$

donde:

$MB_{ij}$  : Margen Bruto Mensual en el i-ésimo mes para la j-ésima frecuencia de ordeña.

$L_{ij}$  : Ingreso mensual por venta de leche en el i-ésimo mes para la j-ésima frecuencia de ordeña.

$A_{ij}$  : Costo mensual de alimentación en el i-ésimo mes para la j-ésima frecuencia de ordeña.

$E_{ij}$  : Costo mensual en consumo de energía eléctrica en el i-ésimo mes para la j-ésima frecuencia de ordeña.

$MO_{ij}$  : Costo mensual en mano de obra en el i-ésimo mes para la j-ésima frecuencia de ordeña.

$M_{ij}$  : Costo mensual en mantención en el i-ésimo mes para la j-ésima frecuencia de ordeña.

$D_{ij}$  : Costo mensual en detergentes en el i-ésimo mes para la j-ésima frecuencia de ordeña.

$n$  : 120.

$d$  : Tasa de descuento (12%).

$INV$  : Inversión inicial.

Los ingresos se obtuvieron mediante la producción mensual y número de hembras en ordeña y precio promedio mensual de venta de leche. La producción

por hembra/mes se obtuvo de la producción mensual promedio de las hembras bajo cada frecuencia de ordeña y el número mensual de hembras en ordeña. Para conocer los costos atribuibles a las hembras en producción se utilizó el costo por unidad animal para el total del sistema, en alimentación, energía eléctrica, mantención, detergentes y mano de obra. El análisis de riesgo económico absoluto se basó en el Modelo de Hertz o Simulación de Montecarlo. Se realizaron dos simulaciones, con datos provenientes de cada sistema de ordeña, obteniéndose para cada uno el MBAA. En ambos casos el modelo empleado buscó determinar las variables explicativas de la rentabilidad, o sea los ingresos y costos mensuales por unidad animal en producción que muestran variabilidad entre las dos frecuencias de ordeña. Luego estima las distribuciones de probabilidad de las variables anteriores a partir de los flujos de caja de la lechería, construyendo con ellos las respectivas distribuciones de probabilidad acumulada. Para estimar las distribuciones de probabilidad de cada una de las variables consideradas en el análisis de riesgo, se obtuvieron primero los parámetros que las determinan, media y desviación estándar, para con ellos construir las distribuciones de probabilidad y de probabilidad acumulada respectiva. Finalmente, se realizó la simulación propiamente tal, en la cual toda la información reco-

pilada anteriormente fue procesada en el computador, el que sigue los pasos descritos a continuación:

Generación de tantos números aleatorios del 0 al 1 como variables explicativas se consideran; en este caso 6 números, uno para cada variable. Éstos se hacen coincidir con los ejes Y de cada distribución de probabilidades, obteniendo así los valores correspondientes de cada variable explicativa, en el eje X. Los valores entregados de cada variable explicativa se sustituyen en la fórmula del Margen Bruto, obteniendo así la rentabilidad mensual. Los pasos anteriores se repiten 120 veces, es decir se simulan igual número de meses para completar un período de 10 años; así con la sustitución de los 120 MB obtenidos se calcula el MBBA para dicho período. Se realizan varios cientos de simulaciones, obteniendo en cada una de ellas un valor del MBAAj. Con todos los valores resultantes de cada iteración, se construye la distribución de frecuencia para cada MBAA y, con ellas, la respectiva distribución de probabilidad acumulada. El número de simulaciones a realizar está determinado por la siguiente regla: "Habiendo realizado  $N_1$  simulaciones, se obtendrá una distribución de probabilidad acumulada del MBAA definida por la media  $E(R_1)$  y por la desviación típica  $\sigma(R_1)$ , y al haber simulado  $N_2$  veces ( $N_2 = N_1 + \text{constante}$ ), se obtendrá  $E(R_2)$  y  $\sigma(R_2)$ ; si las funciones de densidad anteriores son estadísticamente diferentes, se realizarán 'x' simulaciones más, siendo 'x' igual a  $(N_2 - N_1)$ ; en caso negativo se habrá terminado".

## RESULTADOS

### 1. Determinación de la rentabilidad

En la lechería no hubo variación en los parámetros reproductivos al cambiar de frecuencia de ordeña, por lo que solamente se consideró como objeto de análisis al grupo de hembras en producción. La rentabilidad de ambas frecuencias de ordeña se determinó en base al desarrollo de masa y considerando los ingresos y costos que fueron variables entre ambas técnicas de explotación. De los registros de la lechería, se obtuvo la producción mensual promedio por hembra para el período 1990 a 1994, a partir de la cual se calculó la producción mensual promedio por hembra para cada frecuencia de ordeña (Cuadro 2), la que luego fue empleada en el cálculo de la rentabilidad para ambas

CUADRO 2  
PRODUCCIÓN MENSUAL DE LECHE PROMEDIO  
PARA CADA FRECUENCIA DE ORDEÑA  
(LITROS/VACA MES)

2 ordeñas/diarias	3 ordeñas/diarias	Diferencia (%)
839,27	916,22	9,17

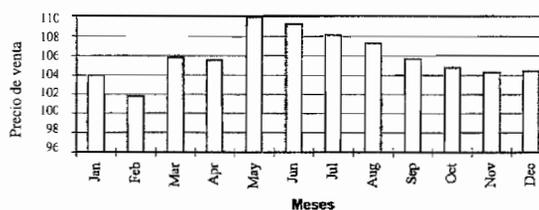
CUADRO 3  
PRECIO DE VENTA PROMEDIO MENSUAL  
DEL LITRO DE LECHE  
PERÍODO 1990-1994

Mes	Precios \$/lt. <sup>1</sup>
Enero	103,94
Febrero	101,78
Marzo	105,83
Abril	105,52
Mayo	109,85
Junio	109,19
Julio	108,10
Agosto	107,28
Septiembre	105,67
Octubre	104,75
Noviembre	104,28
Diciembre	104,45

<sup>1</sup> \$ Dic. 1994 (sin IVA).

frecuencias de ordeña. De los registros contables se obtuvo el precio de venta mensual del litro de leche y a partir de estos datos se calculó el precio promedio mensual de venta del litro de leche (Cuadro 3), el que se empleó en el cálculo de la rentabilidad. Al utilizar este precio promedio mensual se consideró la estacionalidad que esta variable presenta (Figura 1). La información referente a los costos mensuales de producción se obtuvo de los registros de contabilidad de la lechería para el período 1991-1994, considerándose los costos para dos y tres ordeñas diarias, que aunque se encontraban itemizados se obtuvieron para el total del sistema. Para determinar los costos por concepto de alimentación, energía eléctrica, mantenimiento y uso de detergentes atribuibles al grupo de animales en producción, se recurrió a los registros de existencias de animales para el período, datos que fueron llevados a Unidades Animales. De este modo, al disponer de los costos de producción y de las unidades animales para el mismo período, se obtuvo el costo mensual por unidad animal de cada ítem. Al promediar el costo por Unidad Animal se obtuvo el costo por unidad animal para dos y tres ordeñas diarias (Cuadro 4). En el mismo cuadro se observa que

Figura 1. Precio de venta promedio mensual del litro de leche para el período 1990-94.



<sup>1</sup> \$ reales a diciembre de 1994 (sin IVA).

CUADRO 4  
COSTOS MENSUALES POR UNIDAD ANIMAL, COSTO MENSUAL DE MANO DE OBRA Y NÚMERO DE OBREROS REQUERIDOS AL MES, PARA CADA FRECUENCIA DE ORDEÑA<sup>1</sup>.

Frecuencia Ordeña	Alimentación	Mantención	Detergentes	Energía Eléctrica	Costo/Obrero	Nº de Obreros requeridos
2 diarias	14.575,24	456,99	793,33	1.010,20	122.465,55	15
3 diarias	16.553,49	500,70	1.172,79	1.129,46	122.465,55	19
Diferencia	13,57%	9,56%	47,83%	11,81%		

<sup>1</sup> Dic. 1994 (sin IVA).

para el ítem mano de obra, el costo por obrero varió en función de los requerimientos de cada frecuencia de ordeña, debido a que no existían obreros especializados en labores específicas. De los registros de la lechería se obtuvo el costo y número mensual de mano de obra y a partir de allí el costo promedio por obrero y el número promedio de obreros requeridos en cada frecuencia de ordeña. Dado que los costos de producción<sup>1</sup> fueron expresados como costos por unidad animal, el grupo de animales en producción (Cuadro 1), debió a su vez transformarse a unidades animales, multiplicándose posteriormente cada uno de los costos por las unidades animales de cada mes en el período de 10 años. A partir de los datos descritos anteriormente, se calcularon los ingresos y costos mensuales y con estos datos se obtuvieron los Márgenes Brutos Mensuales para dos y tres ordeñas diarias y el MBAA (Cuadro 5)<sup>2</sup>.

CUADRO 5  
MÁRGENES BRUTOS ACUMULADOS ACTUALIZADOS PARA 2 Y 3 ORDEÑAS DIARIAS, POR UN PERÍODO DE 10 AÑOS CON UNA TASA DE INTERÉS DE 12%<sup>1</sup>.

	2 Ordeñas Diarias	3 Ordeñas Diarias	Diferencia (%)
MBAA	77.215.800,03	79.663.629,17	3,17

<sup>1</sup> Dic. 1994.

## 2. Análisis del riesgo económico absoluto

La estimación de la distribución de probabilidad del precio de venta del litro de leche se hizo a partir de los registros contables de la lechería, considerando la estacionalidad con precios altos entre mayo-agosto y bajos entre septiembre-abril. Para cada período se determinó la media y la desviación estándar y a partir de éstas se construyeron las distribuciones de probabilidad y de probabilidad acumulada (Cuadro 6).

<sup>1</sup> Excepto mano de obra.

<sup>2</sup> La inversión no fue diferente entre ambos sistemas, por lo cual no se incluyó en el análisis.

CUADRO 6  
DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA PARA EL PRECIO DE LECHE

\$ lt de leche <sup>1</sup>	septiembre-abril	mayo-agosto
≤ 98	8,06%	0,11%
≤ 100	16,56%	0,63%
≤ 102	29,38%	2,79%
≤ 104	45,50%	9,11%
≤ 106	62,41%	22,53%
≤ 108	77,21%	43,06%
≤ 110	88,00%	65,71%
≤ 112	94,57%	83,74%
≤ 114	97,90%	94,10%
≤ 116	99,31%	98,39%
≤ 118	99,81%	99,68%
≤ 120	99,96%	99,95%
≤ 122	99,99%	99,99%

<sup>1</sup> \$ reales a diciembre de 1994.

La estimación de las distribuciones de probabilidad de los costos de producción<sup>3</sup> para cada frecuencia de ordeña fue expresada en costos por unidad animal y a partir de ellos se calcularon la media y desviación estándar para cada costo, en ambas frecuencias de ordeña. Con los datos anteriores se construyeron las distribuciones de probabilidad para cada variable, en ambas frecuencias de ordeña, y a partir de éstas las distribuciones de probabilidad acumulada (Cuadros 7-10). En una planilla de cálculo MS-Excel se desarrolló un sistema de ecuaciones, mediante el cual calculó el riesgo económico de inversión siguiendo el Modelo de Hertz o Simulación de Montecarlo y considerando como variables aleatorias al precio de venta del litro de leche, costos mensuales de alimentación, mantención, detergentes y energía eléctrica por unidad animal. En cada simulación se generaron 600 números aleatorios del 0 al 1 (uno para cada variable, para cada mes y por un período de 10 años), los que

<sup>3</sup> A excepción del costo de mano de obra, en que se utilizó el costo mensual promedio observado, dado que no varió el costo sino el número de obreros requeridos para cada frecuencia de ordeña.

CUADRO 7  
DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA  
DEL COSTO MENSUAL DE ALIMENTACIÓN POR  
UNIDAD ANIMAL, PARA CADA FRECUENCIA  
DE ORDEÑA<sup>1</sup>.

Distribución de Probabilidad Acumulada		
\$/Unidad Animal	2 ordeñas	3 ordeñas
≤ 11.000	5,49%	1,38%
≤ 12.500	17,66%	5,39%
≤ 14.000	39,85%	15,55%
≤ 15.500	66,04%	33,80%
≤ 17.000	86,10%	57,03%
≤ 18.500	96,04%	78,00%
≤ 20.000	99,24%	91,42%
≤ 21.500	99,90%	97,51%
≤ 23.000	99,99%	99,47%
≤ 24.500	100,00%	99,92%
≤ 26.000	100,00%	99,99%

<sup>1</sup>\$ reales a diciembre de 1994.

CUADRO 9  
DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA  
DEL COSTO MENSUAL EN DETERGENTES POR  
UNIDAD ANIMAL, PARA CADA FRECUENCIA  
DE ORDEÑA<sup>1</sup>.

Distribución de Probabilidad Acumulada		
\$/Unidad Animal	2 ordeñas	3 ordeñas
≤ 300	2,87%	0,51%
≤ 500	12,93%	2,39%
≤ 700	35,97%	8,21%
≤ 900	65,94%	22,11%
≤ 1.100	88,12%	41,52%
≤ 1.300	97,45%	64,59%
≤ 1.500	99,67%	83,22%
≤ 1.700	99,98%	93,96%
≤ 1.900	100,00%	98,38%
≤ 2.100	100,00%	99,68%
≤ 2.300	100,00%	99,95%

<sup>1</sup>\$ reales a diciembre de 1994.

CUADRO 8  
DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA DEL  
COSTO MENSUAL DE MANTENCIÓN POR UNIDAD  
ANIMAL, PARA CADA FRECUENCIA DE  
ORDEÑA<sup>1</sup>.

Distribución de Probabilidad Acumulada		
\$/Unidad Animal	2 ordeñas	3 ordeñas
≤ 200	1,13%	0,91%
≤ 300	8,19%	5,74%
≤ 400	30,66%	21,44%
≤ 500	64,86%	49,78%
≤ 600	89,77%	78,24%
≤ 700	98,44%	94,13%
≤ 800	99,88%	99,07%
≤ 900	100,00%	99,91%
≤ 1.000	100,00%	100,00%

<sup>1</sup>\$ reales a diciembre de 1994.

CUADRO 10  
DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA  
DEL COSTO MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
POR UNIDAD ANIMAL<sup>1</sup>.

Distribución de Probabilidad Acumulada		
\$/Unidad Animal	2 ordeñas	3 ordeñas
≤ 800	0,30%	0,35%
≤ 900	7,46%	3,01%
≤ 1.000	44,69%	14,44%
≤ 1.100	88,01%	40,46%
≤ 1.200	99,35%	71,83%
≤ 1.300	99,99%	91,88%
≤ 1.400	100,00%	98,67%
≤ 1.500	100,00%	99,98%
≤ 1.600	100,00%	99,99%

<sup>1</sup>\$ reales a diciembre de 1994.

correspondieron a la probabilidad acumulada de cada variable.

a) *Precio de venta del litro de leche*

A partir de las fórmulas de distribución normal, para precios altos y bajos, y con los números aleatorios generados en cada simulación, se obtuvieron los valores de la variable, utilizando una u otra fórmula según el mes que corresponda. Una vez obtenido el valor del precio del litro de leche, se obtuvo el ingreso mensual generado para cada frecuencia de ordeña multiplicando este precio por el número de hembras en lactancia que hubo ese mes y por la producción mensual de leche por hembra según la frecuencia de ordeña.

b) *Costo mensual de alimentación, mantención, detergentes y energía eléctrica*

A partir de las fórmulas de distribución normal y con los números aleatorios generados en cada simulación, se obtuvieron los valores de cada variable, utilizando una u otra fórmula según la frecuencia de ordeña. Una vez obtenidos los costos mensuales de cada una de ellas por unidad animal para cada frecuencia de ordeña, se obtuvo el costo total mensual multiplicando estos valores por el número de unidades animales en existencia que hubo ese mes.

c) *Costo mensual de mano de obra*

El costo mensual de mano de obra se calculó multiplicando el número de obreros requeridos en cada

frecuencia de ordeña por el costo mensual de cada uno de ellos. Con los ingresos y costos mensuales obtenidos se calcularon los Márgenes Brutos Mensuales para cada frecuencia de ordeña y con estos 120 valores obtenidos en cada simulación, se obtuvo el Margen Bruto Acumulado Actualizado<sup>4</sup> para cada frecuencia de ordeña. Se realizaron en una primera oportunidad 3.500 simulaciones, obteniéndose igual número de Márgenes Brutos Acumulados Actualizados para dos y tres ordeñas diarias, calculándose a partir de estos valores el promedio y la desviación estándar del MBBA para cada frecuencia de ordeña. Para determinar si el número de simulaciones a realizar era suficiente, se realizaron 500 simulaciones más, obteniéndose un total de 4.000 MBBA, calculándose nuevamente el promedio y desviación estándar (Cuadro 11). Al realizar posteriormente la prueba de la hipótesis entre medias muestrales se determinó que no existía diferencia significativa entre ambas medias<sup>5</sup>, por lo que realizar 4.000 simulaciones fue suficiente.

d) *Construcción del perfil de riesgo del margen bruto acumulado actualizado*

A partir de los datos del Cuadro 11 se construyeron las distribuciones de probabilidad del MBBA para dos y tres ordeñas (Figura 2), y las distribuciones de probabilidad acumulada del MBBA o Perfil de Riesgo para cada frecuencia de ordeña (Figura 3).

CUADRO 11  
PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL MARGEN BRUTO ACUMULADO ACTUALIZADO PARA CADA FRECUENCIA DE ORDEÑA<sup>1</sup>.

Frecuencia de ordeña	Promedio	Desviación estándar
2 ordeñas diarias	77.289.283,49	1.651.312,82
3 ordeñas diarias	79.743.717,08	1.829.851,95
Diferencia	3,18%	10,82%

<sup>1</sup> Obtenidos después de 4.000 simulaciones.

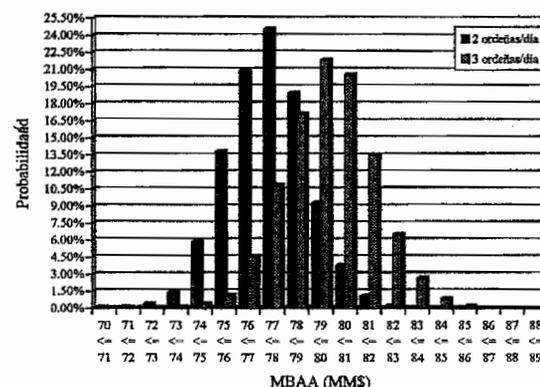
## DISCUSIÓN

En nuestro estudio no se encontró variación en los parámetros reproductivos, ya que tanto los días abiertos como el lapso interparto no sufrieron variación de una a otra frecuencia de ordeña. Esto concuerda con Amos y col. (1985) y Allen y col. (1986), quienes no observaron efectos adversos significativos de la mayor frecuencia de ordeña sobre la eficiencia reproductiva. Respecto al cambio en la producción lechera,

<sup>4</sup> Con una tasa de interés del 12%.

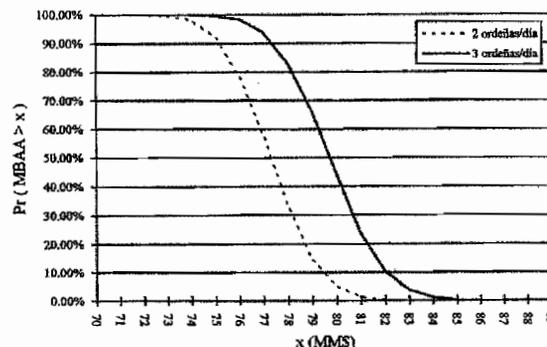
<sup>5</sup> Con una probabilidad de error tipo  $\alpha$  de 0,05.

Figura 2. Distribución de probabilidad del margen bruto acumulado actualizado para cada frecuencia de ordeña.



ésta aumentó desde 839,27 l/vaca-ordeña/mes hasta 916,22 l/vaca-ordeña/mes, lo cual representó una mayor producción del 9,17%. Este aumento, aunque de menor magnitud, concuerda con De Peters y col. (1985), quienes observaron aumentos del 6 al 15%, Rolando (1983) del 15% Gisi y col. (1986) con cifras cercanas al 12% y Allen y col. (1986) con mayores aumentos de producción que variaron entre 13,4 y 19,4%. Si bien se produjeron mayores ingresos por el aumento en la producción láctea, también aumentaron los costos de producción. El ítem alimentación aumentó en un 13,57%, a raíz del mayor consumo y calidad del alimento, lo cual concuerda con De Peters y col. (1986) quienes indican que los rebaños ordeñados tres veces al día requieren mejores manejos nutritivos, tanto en cantidad como en calidad. Similar opinión manifiestan Gisi y col. (1986), quienes indican que una mejor nutrición, incluyendo el suministro de forrajes de alta calidad y aumentando la frecuencia de alimentación, puede ser necesaria para mantener la respuesta a las tres ordeñas diarias minimizando las

Figura 3. Distribución del margen bruto acumulado actualizado para cada frecuencia de ordeña.



pérdidas de peso durante la lactancia. En contraposición a lo anterior, Amos y col. (1985) indican que en su estudio no hubo influencia sobre el consumo de alimento, como tampoco diferencias en el cambio de peso, al realizar tres ordeñas diarias. Respecto al costo de mano de obra, observamos un aumento en el requerimiento del número de obreros del 26,6%, lo que coincide con lo señalado por Cullota y Schmidt (1988), quienes señalan que el aumento de mano de obra requerida y el costo de ésta, sería el factor que más afectaría la utilidad generada con tres ordeñas. Del mismo modo, Rolando (1983) y Amos y col. (1985), señalan que el aumentar la frecuencia de ordeña puede significar un incremento en el costo de este ítem. En relación al costo de energía eléctrica, éste se elevó en un 11,81%, lo cual se originó principalmente por el mayor tiempo de utilización de la máquina de ordeña, situación que coincide plenamente con lo planteado por Rolando (1985). Observamos, además, un incremento de otros costos variables como son los de mantención y uso de detergentes. Si bien la incidencia de éstos sobre la totalidad de los costos de producción es baja, se incluyeron en el estudio por el gran incremento que se produjo, llegando ambos ítemes a ser un 9,56 y 47,83% mayores, respectivamente, en el sistema con tres ordeñas. Aunque ningún autor consultado hace referencia a este tipo de incrementos, Amos y col. (1985) y Cullota y Schmidt (1988), señalan lo importante que es determinar el posible aumento de otros costos variables, diferentes a los primeramente señalados. Del análisis de rentabilidad desarrollado en este estudio se desprende que el sistema de tres ordeñas produjo un 3,17% de mayor retorno económico promedio, medido como Margen Bruto Acumulado Actualizado, al compararlo con dos ordeñas. Sin embargo, si se compara este incremento con el 9,17% de mayores ingresos por la mayor producción láctea, queda de manifiesto el aumento en los costos de producción que produce esta técnica de explotación. Esto concuerda con Cullota y Schmidt (1988), quienes señalan lo importante que es determinar los aumentos en los costos de producción antes de decidirse por aumentar la frecuencia diaria de ordeña. Lo mismo indican Rolando (1983) y Amos y col. (1985), haciendo una especial referencia a los posibles aumentos en los costos de mano de obra y de alimentación, los cuales en nuestro estudio fueron algunos de los costos que mayores incrementos experimentaron. Rolando (1983), dice que la conveniencia económica de las tres ordeñas diarias dependerá de la producción láctea de las hembras, tiempo empleado en la ordeña extra, costo de mano de obra y de la energía de funcionamiento del equipo de ordeña y costos de alimentación extra. Es importante considerar que el precio de venta del litro de leche obtenido por esta lechería, lo que sin duda influyó sobre la rentabilidad obtenida, fue considerablemente mayor que el precio promedio nacio-

nal. Este último alcanzó un valor de \$ 94/l, mientras la lechería en estudio alcanzaba a \$ 104/l. Esto sin embargo concuerda con lo manifestado por Rolando (1983), quien señala que la conveniencia del sistema de tres ordeñas está íntimamente ligado al valor de venta del mayor producto obtenido. Al realizar el análisis de riesgo económico de inversión siguiendo la metodología de la Simulación de Montecarlo se obtuvo, después de 4.000 simulaciones, que tres ordeñas diarias produjeron un retorno económico promedio 3,18% mayor, al ser medido como Margen Bruto Acumulado Actualizado. Sin embargo, al considerar la desviación estándar como medida del riesgo económico de la inversión, se observa que tres ordeñas diarias tienen una desviación estándar 10,82% mayor que dos ordeñas diarias. Al respecto, Brealey y Myers (1992), señalan que el riesgo económico de inversión se puede medir por el margen de rentabilidades posibles a obtener, es decir por la desviación estándar de las rentabilidades, y estipulan que la mayoría de los inversores preferirán aquella inversión que tenga un menor margen de rentabilidades posibles, o sea una menor desviación estándar, y por ende un menor riesgo. Se desprende de estos antecedentes que si bien tres ordeñas diarias produjeron un mayor retorno económico que dos ordeñas, también tuvo un mayor margen de posibles rentabilidades a obtener; en contraposición a dos ordeñas diarias que tuvo un menor retorno económico pero también un menor riesgo, dado por su menor desviación estándar de las rentabilidades obtenidas.

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general realizar una evaluación económica de innovaciones tecnológicas a ser implementadas en sistemas de producción pecuaria, utilizando métodos *a priori*, que le permitan al productor pecuario tener mejores elementos de juicio o al momento de la toma de decisiones de inversión. Se realizó para ello un estudio de rentabilidad y riesgo económico absoluto en una lechería de la Zona Central de Chile, utilizando el Margen Bruto Acumulado Actualizado y el Método de Simulación de Montecarlo, para analizar sistemas de manejo con dos y tres ordeñas diarias. Los resultados obtenidos indican que si bien el sistema de tres ordeñas diarias genera un aumento de los ingresos en un 9,17%, ocasiona también un incremento en diversos costos variables, lo que se traduce en un aumento final de la rentabilidad de tan sólo un 3,18%. Esta alza de la rentabilidad va, sin embargo, acompañada de un incremento del 10,6% en el riesgo económico absoluto, por lo cual ambos parámetros deberán incidir en la toma de decisiones. El presente estudio arrojó una gran similitud entre rentabilidad con datos reales (3,17%) y simulados (3,18%), lo que indica que la

exactitud lograda con esta metodología, unida a registros de producción adecuados y a datos históricos provenientes de otras fuentes, permitirá realizar análisis similares en otros sistemas de producción.

## REFERENCIAS

- ALLEN, D.B., DE PETERS, E.J. and LABEN, R.C., 1986. Three times a day milking: effects on milk production, reproductive efficiency and udder health. *J. Dairy Sc.* 69(5): 1441-1446.
- AMOS, H.E., KISER, T. and LOEWENSTEIN, M., 1985. Influence of milking frequency and reproductive efficiencies of dairy cows. *J. Dairy Sc.* 68(3): 732-739.
- BERNIER, R., 1993. Introducción. II Seminario, aspectos técnicos y perspectivas de la producción de leche. INIA, Serie Remehue N° 33: 1-10.
- BREALEY, R. y MYERS, S., 1992. Fundamentos de Financiamiento Empresarial. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. 948pp.
- CULLOTA, C.P. and SCHMIDT, G.H., 1988. An economic evaluation of three times daily milking of dairy cows. *J. Dairy Sc.* 71(7): 1960-1966.
- DE PETERS, E.L., SMITH, N.H. and ACEDO-RICO, J., 1985. Three or two times daily milking of older cows and first lactation cows for entire lactation. *J. Dairy Sc.* 69(3): 123-132.
- DORYAN, E. y JIMÉNEZ, A., 1993. Marco tecnológico para el análisis de la competitividad tecnológica en el sector agropecuario. En: Política tecnológica y competitividad agrícola en América Latina y el Caribe. Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Ed. Walter Jaffé. Serie publicaciones misceláneas. Costa Rica. pp. 45-158.
- DURBAN, S., 1983. La empresa ante el riesgo. Ibérico Europea de Ediciones S.A. 370 pp.
- FIGUEROA, E., 1994. Sector silvoagropecuario: Estructura y desafíos para el mediano y largo plazo.
- GISI, D.D., DE PETERS, E.J. and PELISSER C.L., 1986. Three times daily milking of cows in California dairy herds. *J. Dairy Sc.* 69(3): 863-868.
- GONZÁLEZ, R., 1989. Evaluación técnico-económica de dos sistemas de producción de leche en la zona central de Chile. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. 86 pp.
- LERDON, J., BECK, A. y BERNIER, C., 1993. Promesa: "Un sistema experto para la formulación y evaluación de proyectos en lecherías especializadas". IV Congreso Latinoamericano y del Caribe de Economía Agrícola. Chile.
- ROLANDO, R., 1983. Regularidad, frecuencia e intervalo entre ordeños. Circular de extensión Alejandro Rojas Sierra N° 10. U. de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Publicación Técnico Agrícola Semestral.

Recibido el 3 de abril de 1996  
Aceptado el 30 de marzo de 1997