

EFICIENCIA TECNICA Y COMPORTAMIENTO TECNOLOGICO EN ESTABLECIMIENTOS LECHEROS CREA

Carlos Grau (*)
Carlos Paolino (*)
Mario Fossatti (**)

Enero de 1995

(*) *Investigadores del CINVE que tuvieron a su cargo el desarrollo de la investigación a partir de la base de datos que fuera suministrada por FUCREA*

(**) *Integrante de FUCREA quien tuvo a su cargo la elaboración de la base de datos que fue suministrada al CINVE para el análisis y colaboró en la interpretación de la información contenida en la misma. Asimismo participó en varios seminarios internos, junto con el Ing. Henry Durán del INIA, en los cuales se discutieron los avances de la investigación.*

Título: EFICIENCIA TECNICA Y COMPORTAMIENTO TECNOLOGICO EN ESTABLECIMIENTOS LECHEROS CREA

Autores: Carlos Grau
Carlos Paolino
Mario Fossatti

Serie Técnica N° 62

© 1995, INIA

ISBN: 9974-38-037-5

Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA.
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

La información contenida en esta publicación es el resultado de un proyecto financiado por el FONDO DE PROMOCION DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. Este fondo está destinado a financiar proyectos de investigación tecnológica relativos al sector agropecuario, presentados por otras organizaciones, fundamentalmente en respuesta a temas demandados por los Programas Nacionales del INIA en función de necesidades complementarias de sus planes de investigación.

Dicho Fondo representa un 10% de los recursos del INIA, tal como lo establece el artículo 18 de la Ley 16.065 (octubre 1989) de creación del INIA.

Los trabajos publicados por el INIA, originados en proyectos financiados por el FONDO DE PROMOCION DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA, constituyen versiones resumidas de los documentos presentados por los responsables de cada proyecto.

El INIA no necesariamente comparte las conclusiones o juicios vertidos en estos trabajos.

Este trabajo fue realizado en el ámbito del Centro de Investigaciones Económicas (CINVE-Uruguay). La investigación contó con financiamiento del **Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)**. La Federación Uruguaya de Centros Regionales de Experimentación Agropecuaria (FUCREA) aportó la base de datos de establecimientos lecheros que se analizaron en la investigación.

Esta versión fue preparada con objetivos de divulgación y por lo tanto no contiene detalles metodológicos e información analítica complementaria. En el Informe Final de la investigación, disponible en el INIA, se presenta la versión completa del trabajo.

INDICE

PAGINA

I. INTRODUCCION	1
II. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO TECNOLOGICO DE LOS ESTABLECIMIENTOS LECHEROS CREA	1
1. Las principales características de los establecimientos lecheros integrantes de los grupos CREA	1
2. Comportamiento tecnológico y resultados económicos: el grado de asociación entre las variables	3
2.1 Las diferencias tecnológicas y en rentabilidad por tamaño de los establecimientos	3
2.2 La intensidad de uso de pasturas artificiales, ración y la carga animal.	5
2.3 Los resultados económicos y las principales variables tecnológicas.	12
3. Los niveles de productividad: análisis en base a técnicas econométricas.	13
3.1 El tipo de estimación que se utiliza.	13
3.2 Los resultados obtenidos.	14
III. ESTIMACION DE LOS NIVELES DE EFICIENCIA TECNICA	15
1. El tipo de enfoque para el análisis de la eficiencia técnica.	15
2. Estimación de los niveles de eficiencia técnica a partir de la frontera de producción. ...	17
3. Los niveles de eficiencia observados y su relación con otras variables.	17
3.1 Eficiencia productiva y tamaño del establecimiento.	18
3.2 Eficiencia técnica y porcentaje de praderas.	19
3.3 Eficiencia técnica y uso de concentrados.	20
3.4 Eficiencia técnica y niveles de productividad.	20
3.5 Eficiencia técnica y resultado económico.	22
IV. RESUMEN E IMPLICACIONES DE POLITICAS TECNOLOGICAS	22
A. Las principales conclusiones	22
B. Algunas implicaciones en materia de política tecnológica.	26
V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	27

EFICIENCIA TECNICA Y COMPORTAMIENTO TECNOLOGICO EN ESTABLECIMIENTOS LECHEROS CREA

I. INTRODUCCION

El objetivo general de la investigación fue el análisis de 14 años de registros de establecimientos lecheros integrados a la Federación Uruguaya de Centros Regionales de Experimentación Agropecuaria (FUCREA).

Las tareas desarrolladas se concentraron en primer lugar en la elaboración y crítica de una base de datos conteniendo toda la información disponible en los registros de establecimientos lecheros integrados a los grupos CREA. Una vez realizada la crítica se comparó la información contenida en la base de datos con los indicadores de la lechería comercial de la cuenca de Montevideo a los efectos de caracterizar a los productores CREA y ponderar el alcance y la generalización de los resultados obtenidos con la investigación.

En segundo lugar se realizó un análisis, utilizando algunas técnicas estadísticas y econométricas básicas, del comportamiento tecnológico de los establecimientos lecheros CREA y su relación con las principales medidas de resultado económico.

Posteriormente se realizó un estudio del nivel de eficiencia con el cual es utilizada la tecnología disponible. Para ello se utilizó una metodología de estimación de fronteras técnicamente eficientes de producción y se relacionaron los niveles de eficiencia con un conjunto de variables con las cuales aquella se relaciona.

En el capítulo final se exponen las principales conclusiones del estudio, orientadas fundamentalmente a la formulación de algunas recomendaciones de políticas tecnológicas.

II. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO TECNOLOGICO DE LOS ESTABLECI- MIENTOS LECHEROS CREA

1. Las principales características de los establecimientos lecheros integrantes de los grupos CREA

Los productores lecheros CREA llevan registros físicos y económicos siguiendo la metodología desarrollada a comienzos de la década del 70 por el Plan Agropecuario. Dicha información fue corregida y procesada en su totalidad por primera vez para esta investigación de manera que se cuenta actualmente con una base de datos sobre los resultados físicos y económicos del conjunto de los establecimientos lecheros del movimiento CREA.

Existen en la base un total de 537 registros. Cada registro se compone de la información de las variables contenidas en un establecimiento lechero correspondiente a un determinado año. De esta forma un registro es equivalente a la información de un establecimiento en un año determinado. Los

primeros registros contenidos en la base son del ejercicio 1977/78 y los últimos corresponden al ejercicio 1991/92.¹

Las principales limitaciones que presenta la base de datos consisten en la ausencia de información relativa al uso de reservas forrajeras (heno y silo) y variables socio-económicas (nivel de instrucción y edad del productor, acceso a fuentes de información, años en la producción etc.). Ello constituye una restricción que debería ser corregida en el formulario de levantamiento de información en el campo en el futuro.

Como es ampliamente conocido, los productores CREA se distinguen del resto de los productores lecheros comerciales por varios atributos. Por lo tanto el conocimiento de sus particularidades es importante para la interpretación de los resultados que se obtuvieron en esta investigación y ponderar el alcance de las recomendaciones que se formulan. Entre estos elementos se destacan:

i) los establecimientos lecheros CREA registran, en promedio, un mayor nivel de tecnificación y tamaño económico que los establecimientos de la cuenca de Montevideo. En efecto, el tamaño medio de los registros que componen la base de datos es de 214 ha, más del 80% superior al tamaño medio del conjunto de los establecimientos lecheros de la cuenca de Montevideo. El nivel de productividad promedio por hectárea es aproximadamente el doble del alcanzado en la lechería comercial, con lo cual el volumen promedio de producción

por establecimiento más que triplica el nivel de producción promedio del conjunto de los productores lecheros de la cuenca de Montevideo;

ii) dado que se trata de establecimientos de mayor grado de tecnificación que el promedio y en donde existen algunos establecimientos "de frontera" dicho análisis será útil para confrontarlo con las líneas de investigación en lechería que viene desarrollando el INIA y extraer así algunas recomendaciones útiles en materia de políticas tecnológicas;

Tanto en el uso de diversas fuentes forrajeras como en los niveles de carga animal por hectárea y productividad lechera se registran importantes niveles de variación. El análisis de dicha dispersión permitió identificar que existen algunos pocos establecimientos lecheros en la base de datos que trabajan con indicadores tecnológicos similares a los que se simulan en los esquemas de producción que orientan la investigación en lechería en el INIA;

iii) en el análisis de la "evolución en el tiempo" de la estructura forrajera se destaca un primer período de incremento significativo de la intensidad de uso de praderas artificiales y reducción del suministro de concentrados. Esta situación estaría cambiando en los últimos años en donde se vuelve a registrar un incremento en el uso de raciones y una cierta estabilización en la intensidad de uso de praderas artificiales.²

¹ Hasta mediados de la década del 80 se dispone de relativamente pocos registros (menos de 30 por año) y a partir de allí prácticamente se duplica dicha cifra. En teoría el número total de datos que componen la base sería de 67662 (537 registros por 126 variables por registro). Sin embargo una evaluación de la información contenida en la base de datos indica que la misma no está completa: de hecho estuvieron disponibles para el trabajo un total de poco más de 50.000 datos originales (74% del total). A pesar de contar con informaciones para distintos establecimientos en distintos puntos del tiempo, no se pudo trabajar con la información en forma de panel de datos. Esto se debe a que el conjunto de establecimientos pertenecientes a cada año varía en forma importante. Por ejemplo, del total de establecimientos tan solo para 77 se dispone de registros de campo de por lo menos dos años consecutivos.

² Como fue mencionado anteriormente los registros no comprenden a los mismos productores todos los años. Por lo tanto estos datos no pueden ser interpretados estrictamente como índices de la evolución en el tiempo de la productividad, la praderización y el uso de concentrados. Debe ser leído en cambio como una información complementaria que es útil para caracterizar la base de datos y en todo caso como una "proximidad" de la evolución en el tiempo de dichas variables.

En efecto, existe evidencia de que desde comienzos de la década del 80:

a) los niveles de productividad promedio por vaca-masa de los productores que están integrados a los grupos CREA se incrementan en más de 30%;

b) el uso de praderas artificiales se incrementa sostenidamente entre 1983 y 1988, y, más allá de oscilaciones entre años, a partir de allí se estabiliza la intensidad de uso de praderas artificiales;

c) la intensidad de uso de ración registra una reducción importante durante gran parte de la década del 80 en momentos en que el uso de praderas artificiales se incrementa. Hacia fines de los 80 y comienzos de los 90 en cambio se registra un cierto estancamiento en el nivel de uso de praderas y una clara recuperación en la intensidad de uso de ración.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis del comportamiento de las principales variables tecnológicas contenidas en la base de datos y su relación con las principales indicadores de resultado económico. Asimismo se relacionan dichos resultados con las principales líneas de investigación en producción lechera desarrolladas por el INIA.

Fueron utilizadas dos tipos de metodologías para realizar este análisis. En la primera se clasificaron los registros en función de tres tipos de variables: i) tamaño de los establecimientos; ii) variables tecnológicas (intensidad de uso de pra-

deras artificiales, de ración y niveles de carga animal) y iii) niveles de resultados económicos obtenidos. Una vez realizada la clasificación de los registros se estudió si existe asociación en la distribución de las variables tomadas de a dos.³

El segundo método consistió en la estimación de algunas funciones de respuesta, en términos de niveles de productividad por hectárea. La innovación en este caso consistió en que el método utilizado permitió, además de cuantificar el impacto directo del efecto de algunas variables independientes, estimar el efecto de la interacción entre las variables, que la investigación en tecnología lechera considera relevantes.

A continuación se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos con dichas estimaciones.

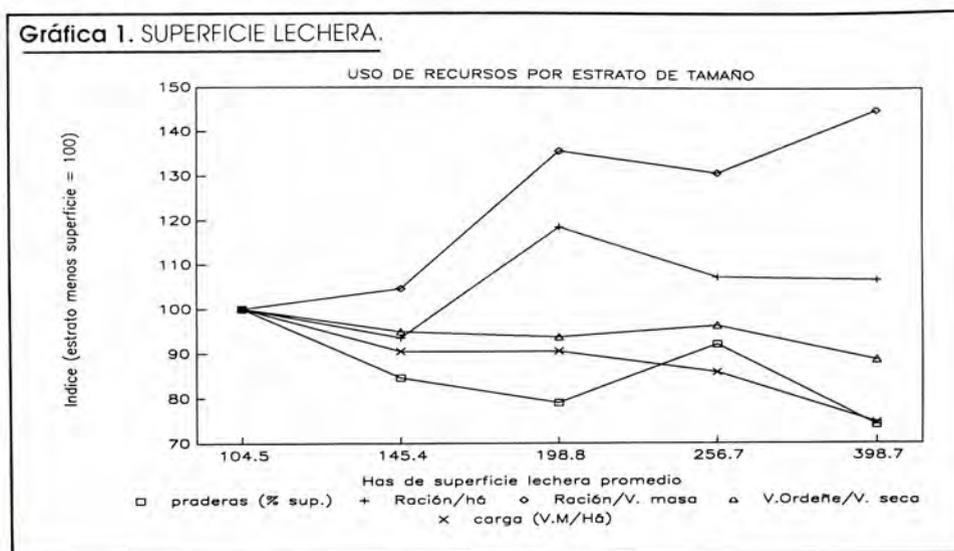
2. Comportamiento tecnológico y resultados económicos: el grado de asociación entre las variables

2.1 Las diferencias tecnológicas y en rentabilidad por tamaño de los establecimientos

Los resultados obtenidos indican que existen en los establecimientos lecheros que componen la base de datos diferencias importantes en términos de las estrategias forrajeras en función del tamaño; los establecimientos de menor superficie utilizan más intensamente praderas artificiales y los de mayor superficie realizan comparativamente una utilización más intensa de ración (Gráfica 1).⁴

³ Para cada variable se clasifican los registros en 5 grupos conteniendo cada uno el 20% de los registros, ordenados de menor a mayor en función del valor que asume la variable que se analiza. Una vez constituidos estos grupos se realizan análisis estadísticos que permiten detectar si existe relación en la distribución de los registros según las variables que se comparan, tomadas de a dos (análisis de contingencia). Al respecto se realizan algunas pruebas estadísticas básicas de relación en la distribución entre las variables. Este tipo de análisis permite identificar si existe un cierto grado de asociación en la distribución de las variables tomadas de a dos (pruebas de Ji-cuadrado), e incluso cuantificar con índices el grado de asociación en la distribución de las variables tomadas de a dos (índices de correlación de Kendall y de Pearson).

⁴ En efecto, el valor de Ji-cuadrado que relaciona la distribución conjunta de los registros en función del tamaño en hás lecheras y uso de praderas artificiales es de 48.8 y altamente significativo. A su vez el coeficiente de Pearson de la distribución y el coeficiente de correlación de KTB es negativo (-0.18 y -0.14 respectivamente y altamente significativos). En cambio, en el análisis de la distribución conjunta de los registros clasificados por tamaño e intensidad de uso de ración por vaca masa registra un valor de Ji-cuadrado de 41.9, y los coeficientes de correlación de 0.16 y 0.19. En este caso también los resultados son estadísticamente significativos.



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

Los indicadores de manejo, también indican diferencias significativas en función del tamaño de los establecimientos. En efecto, se constató que en promedio, los productores de menores dimensiones trabajan con mayor nivel de dotación animal medida en vaca-masa por hectárea y con una mayor proporción de vacas en ordeño.⁵

Cuando se analiza el comportamiento de los niveles de productividad en función del tamaño de los establecimientos se llega también a interesantes conclusiones. Los establecimientos más chicos consiguen niveles de productividad por hectárea significativamente superiores. Sin embargo, los niveles de productividad por vaca-masa no difieren significativamente entre los establecimientos clasificados por tamaño (Gráfica 2).⁶

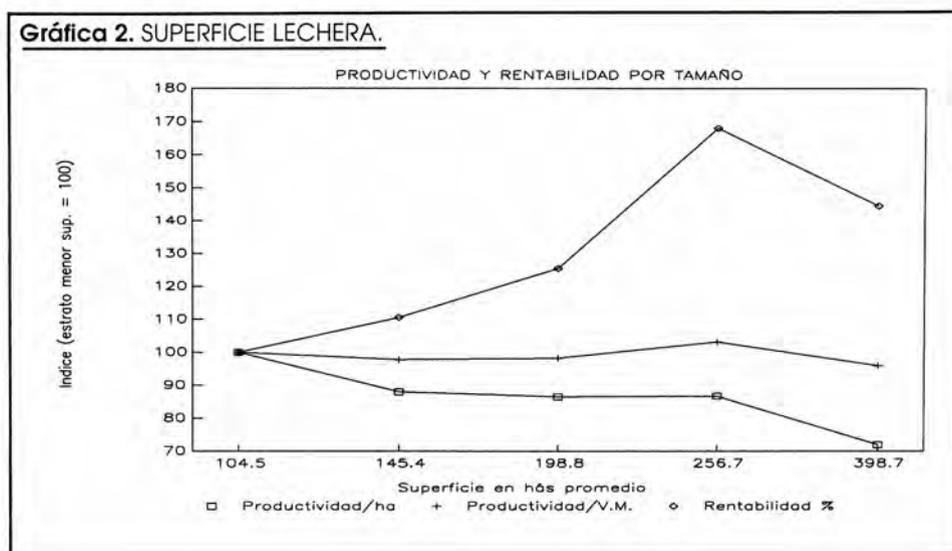
El análisis del comportamiento de las medidas de resultado económico es concluyente: los establecimientos de mayores dimensiones obtienen mejores resultados tanto cuando se los mide por la relación insumo-producto, como en relación a las tasas de rentabilidad (Gráfica 4).⁷

En síntesis, se concluye que los establecimientos más chicos tienen una estrategia de combinación de recursos que se caracteriza por una mayor intensidad de uso de praderas artificiales y otros tipos de mejoramientos permanentes; mayores niveles de carga animal a pesar de que utilizan menor nivel de alimentos concentrados por vaca-masa; y mayor proporción de vacas en ordeño. Este manejo diferenciado de los recursos disponibles se expresa finalmente en mayores niveles de productividad por hectárea.

⁵ En efecto, los valores de Ji-cuadrado para la distribución conjunta de los registros en función del tamaño en hectáreas y carga (vaca-masa por há), es de 63.3 y altamente significativo. Los coeficientes de correlación son negativos (-0.21 KTB y -0.27 Pearson y altamente significativo). En el caso de la relación vaca en ordeño/vaca seca el resultado es similar (Ji-cuadrado de 31.3 y los coeficientes de correlación -0.14 y -0.17 respectivamente).

⁶ El Ji-cuadrado estimado de la distribución conjunta del tamaño con la productividad por hectárea es 65.3 (altamente significativo) y los coeficientes de correlación son negativos (-0.19 y -0.23 y estadísticamente altamente significativos). En cambio la distribución conjunta de los registros en función del tamaño y la productividad por vaca masa no difiere estadísticamente de la que existiría en una distribución que fuera al azar (Ji cuadrado no significativo).

⁷ En este caso el Ji cuadrado estimado de la distribución conjunta de los registros en función del tamaño y la tasa de rentabilidad es 41.8 (estadísticamente significativo) y los coeficientes de relación lineal son positivos y altamente significativos (0.17 KTB y 0.21 R's Pearson).



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

En cambio los establecimientos de mayores dimensiones trabajan con menor proporción relativa de pasturas que es compensada con un mayor nivel de suministro de alimentos concentrados. Producen en promedio con un menor nivel de carga animal y obtienen menores niveles de productividad por hectárea y similares niveles de productividad por vaca-masa. El análisis de los resultados económicos en cambio indica que los establecimientos más grandes tienen, en promedio, mejor desempeño.

2.2 La intensidad de uso de pasturas artificiales, ración y la carga animal

La tendencia operada en el sector lechero a partir de mediados de la década del setenta y hasta fines de los ochenta ha sido hacia el aumento del área de praderas artificiales y la disminución en el uso de ración, obteniéndose así el abaratamiento del costo por litro de leche, junto con un incremento en los niveles de productividad.

Sin embargo, como fue analizado anteriormente, existe una cierta evidencia hacia un nuevo incremento en el uso de concentrados. Ello plantea que las nuevas tecnologías que se van incorporando al sector lechero se basan en una creciente intensificación de los esquemas forrajeros. Cabe preguntarse por lo tanto cuál ha sido el impacto en términos de producción total de los establecimientos en función de los niveles de

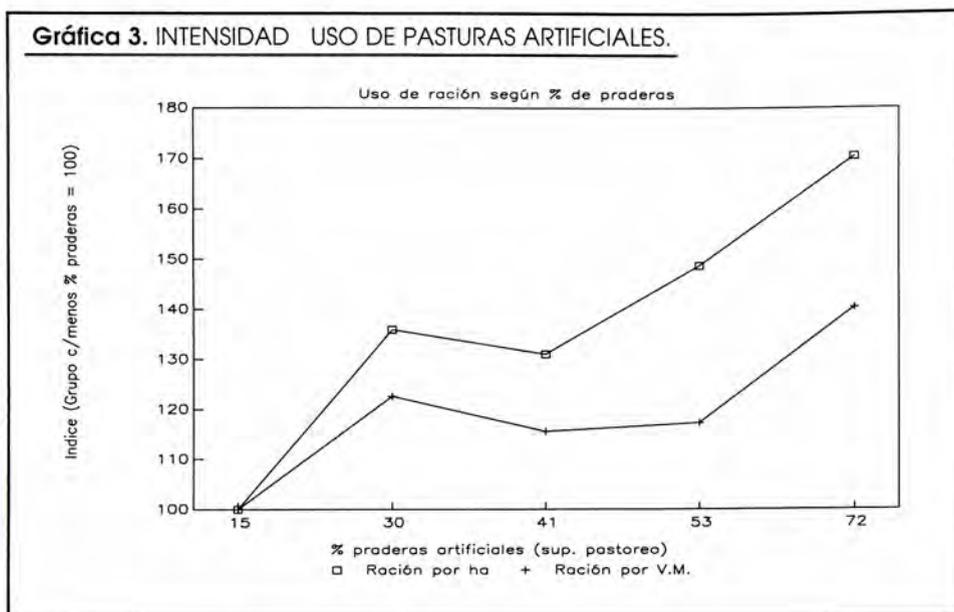
intensificación forrajera y que relación tiene ello con los resultados económicos obtenidos.

A los efectos de realizar este análisis fueron clasificados la totalidad de los registros que componen la base de datos en función de tres variables:

- i) la intensidad en el uso de praderas artificiales medida en porcentaje de la superficie de pastoreo lechero;
- ii) la carga animal expresada en vaca-masa por hectárea y;
- iii) la intensidad en el suministro de alimentos concentrados expresados en niveles de ración por vaca-masa.

a) El comportamiento según nivel de uso de praderas artificiales

Analizando la distribución conjunta de los registros en función de la intensidad de uso de praderas artificiales y ración por hectárea se concluye que esta distribución no es al azar. En efecto, las pruebas estadísticas realizadas indican muy claramente que aquellos establecimientos que realizan una incorporación más intensiva de praderas artificiales son también los que suministran una mayor dosis de alimentos concentrados por hectárea de pastoreo. En la Gráfica 3 se ilustra la relación existente entre el nivel de uso de praderas artificiales y el suministro de ración por vaca-masa y por hectárea lechera.



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

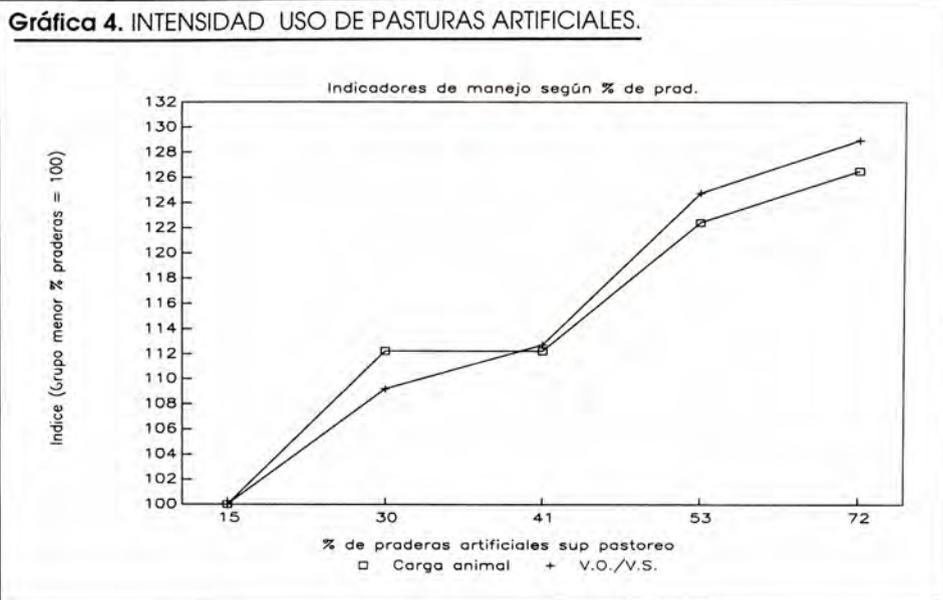
Como se evidencia en la Gráfica 3 la distribución conjunta de los registros en función del nivel de uso de praderas artificiales y ración por vaca-masa indican un nivel de asociación más débil, que se expresa en coeficientes de correlación no significativos en la distribución entre ambas variables.⁸ En cambio sí existe una relación lineal y estadísticamente significativa entre la intensidad de uso de praderas, medido por el porcentaje de la superficie de pastoreo con este tipo de mejoramientos y la cantidad suministrada de ración por hectárea de pastoreo.⁹

Por su parte, el análisis de la distribución de los valores de las variables de manejo (carga animal y proporción de vacas en ordeño) según nivel de uso de praderas artificiales indican muy claramente que también en este caso existe una distribución que no es al azar. En efecto, estadísticamente se comprueba que los establecimientos que utilizan una mayor proporción de pasturas artificiales, trabajan con mayor nivel de carga animal y con una proporción mayor de vacas en ordeño (Gráfica 4).¹⁰

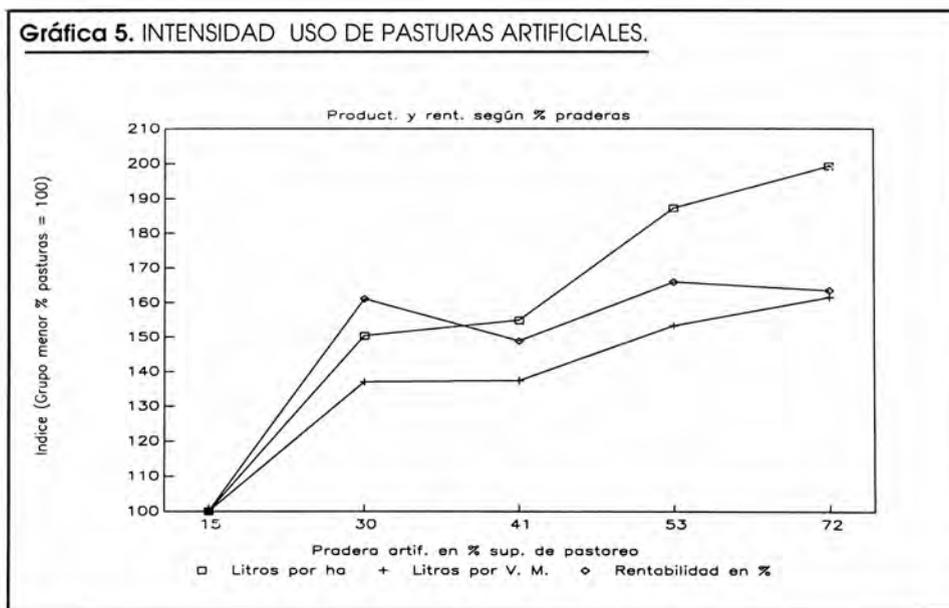
⁸ En efecto, si bien el valor de Ji-cuadrado de la distribución conjunta entre nivel de uso de praderas artificiales e intensidad de uso de ración por vaca masa es estadísticamente significativo (Ji-cuadrado de 41.2 ***), los índices de correlación no lo son (0.03 y 0.04, no significativos). Ello significa que si bien la distribución entre ambas variables no es al azar no existe una asociación lineal. Por lo tanto a mayores niveles de praderas artificiales no se corresponde, como tendencia lineal, un mayor uso de ración por vaca-masa.

⁹ En este caso el valor de Ji-cuadrado estimado es de 42.1 y altamente significativo. La diferencia con la estimación anterior es que en este caso existe claramente una relación lineal en la distribución de los registros según nivel de uso de praderas y ración por hectárea (coeficientes de correlación de KTB y Pearson positivos y altamente significativos).

¹⁰ En este caso el valor de Ji-cuadrado de la distribución conjunta de los registros en función de la intensidad de uso de praderas artificiales en la superficie de pastoreo lechero y carga animal en vaca masa por hectárea es de 90.7, altamente significativo y los coeficientes de correlación de la distribución son positivos y también altamente significativos. En el caso de la relación entre intensidad de uso de praderas y la relación vaca en ordeño-vaca seca el Ji-cuadrado estimado es de 165.8 y los coeficientes de la correlación entre ambas variables también son positivos y altamente significativos.



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

Este resultado, conjuntamente con el obtenido anteriormente relativo a la mayor oferta de ración por hectárea, explica que la distribución de los niveles de productividad por unidad de superficie

y por vaca-masa se asocia positivamente con los niveles de praderización (Gráfica 5).

Finalmente, la distribución en el uso de praderas artificiales se relaciona también con la distribu-

ción de los resultados económicos. En efecto, las pruebas estadísticas realizadas indican que existe un asociación claramente positiva entre nivel de praderización y tasas de rentabilidad (Véase nuevamente Gráfica 5) ¹¹

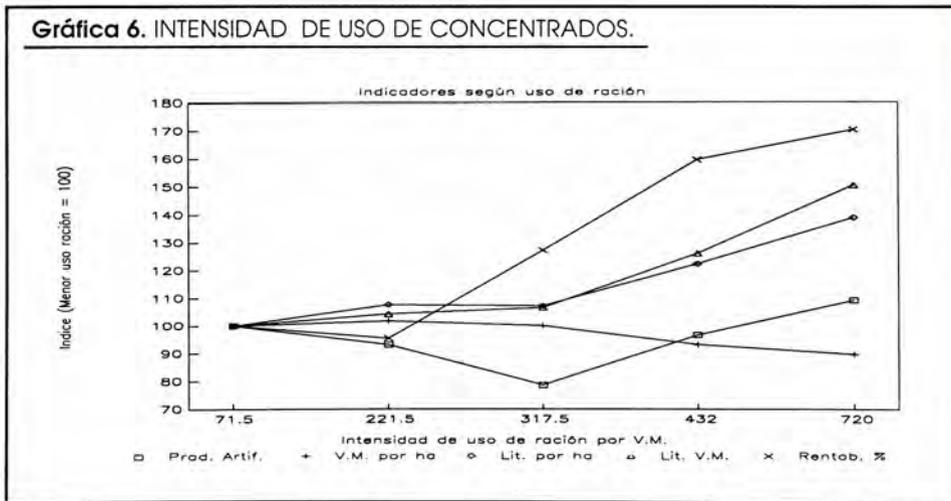
En síntesis, *los resultados obtenidos indican muy claramente que existen establecimientos lecheros que trabajan con esquemas forrajeros de alta intensidad de oferta forrajera; que los mismos manejan elevados niveles de carga animal; que obtienen mayores niveles de productividad por hectárea y por animal y que son los que, en promedio, obtienen mejores resultados económicos.*

b) El comportamiento según nivel de uso de concentrados

En este caso la variable clasificatoria es la intensidad en el uso de concentrados expresada en niveles de ración por vaca-masa (g/día).

Los resultados obtenidos indican que los establecimientos que trabajan con bajos niveles de concentrados, utilizan una mayor proporción de praderas artificiales como una fuente forrajera compensatoria. En cambio es interesante observar que existe un 40% aproximadamente de los registros analizados que trabajan con niveles elevados de concentrados y praderas artificiales (Gráfica 6).¹²

Si se analiza el comportamiento de la distribución conjunta de la intensidad de uso de ración por vaca-masa con la intensidad de la carga animal también se llega a importantes conclusiones. Se comprueba que la mayor intensidad en el suministro de concentrados por vaca-masa no está relacionada con la distribución de los registros en función del nivel de la carga animal. En cambio, la distribución de los registros en función de la intensidad de uso de ración por vaca-masa está relacionada muy estrechamente con los niveles de productividad obtenidos, tanto por vaca como por hectárea. ¹³



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

¹¹ Ji-cuadrado estimado de 36.9, estadísticamente significativo y coeficientes de correlación en la distribución conjunta de los registros en función de uso de praderas y rentabilidad positivos y altamente significativos (KTB 0.11 y Pearson 0.14).

¹² El análisis de la distribución conjunta de los registros según el nivel de uso de ración por vaca-masa e intensidad de uso de praderas artificiales indica que si bien esta distribución no es al azar (valor de Ji-cuadrado 42.4 y altamente significativos) no se registran niveles de correlación significativos en la distribución de ambas variables. Ello es un resultado de que el mayor uso de praderas se da tanto con bajos como con altos niveles de concentrados (Gráfica 8).

¹³ En efecto el Ji-cuadrado de la relación en la distribución conjunta entre intensidad de uso de ración y carga animal es de 22 y no es estadísticamente significativo. En cambio la distribución de la intensidad de uso de ración se asocia positivamente con los niveles de productividad por hectárea y por vaca-masa (Ji cuadrado de 62.5 y 188.9 respectivamente, ambos estadísticamente significativos e índices de correlación altamente significativos).

Combinando los resultados anteriores se concluye que, en promedio, los mayores valores de suministro de concentrados se asocian a un mayor plano nutritivo por animal, lo que explica los mayores niveles de productividad por vaca y, como consecuencia, un mayor nivel de productividad por hectárea.

Finalmente la distribución de los registros en función de la intensidad de uso de ración por vaca-masa está asociada de una forma muy significativa con los resultados económicos (Véase nuevamente Gráfica 6).

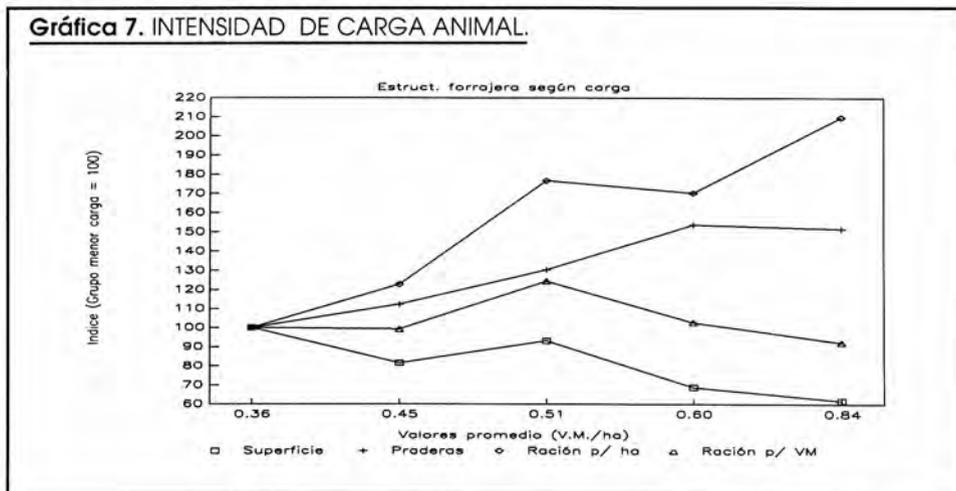
En síntesis, la clasificación de los registros en función de la intensidad de uso de concentrados permite evidenciar que existe un conjunto de establecimientos lecheros que trabajan con mayores niveles de intensidad forrajera dado que también utilizan más intensamente las praderas artificiales. En general, se trata de establecimientos que obtienen niveles elevados de productividad tanto por hectárea como fundamentalmente por animal. Sin embargo, este mayor perfil forrajero no se expresa en un mayor nivel de carga animal en relación a los establecimientos que utilizan menos ración. Se comprueba también que los establecimientos que trabajan con mayor intensi-

dad forrajera obtienen, en promedio, mejores resultados económicos.

c) El comportamiento según niveles de la carga animal

La distribución de los registros en función de los niveles de carga animal y superficie indica muy claramente que son los establecimientos de menores dimensiones los que trabajan con mayores dotaciones por hectárea. Como fuera analizado anteriormente, a mayores niveles de carga animal le corresponde también una mayor intensidad en el uso de praderas artificiales y mejoramientos forrajeros. Del mismo modo la carga también se relaciona con una mayor intensidad en el uso de ración por hectárea de pastoreo, pero no por vaca-masa (Gráfica 7).¹⁴

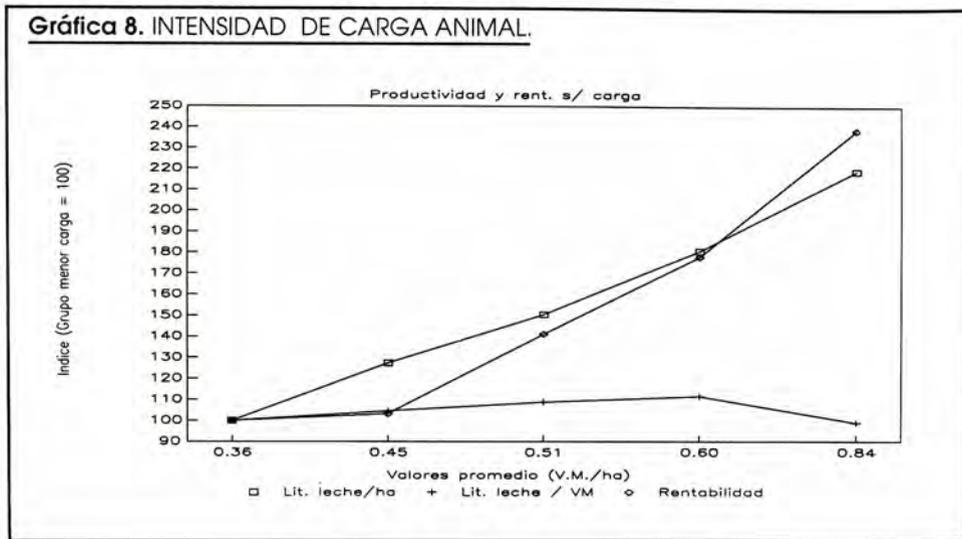
El comportamiento de los niveles de productividad refleja lo anterior: los registros con mayores niveles de carga animal obtienen mayores niveles de productividad por hectárea pero no mayores niveles de productividad por animal. Finalmente un resultado interesante es que la distribución de los registros en función del mayor nivel de carga animal también se relaciona positivamente con la distribución de los registros en función del nivel de resultado económico (Gráfica 8).¹⁵



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

¹⁴ En efecto, los valores de Ji-cuadrado y los coeficientes de correlación de la distribución de los registros de las variables tomadas de a dos son positivos y altamente significativos. En el caso del tamaño en hectáreas en cambio la correlación es negativa y altamente significativa (Ji cuadrado de 63.0 y KTB -0.21 y R's Pearson de -0.27).

¹⁵ El valor de Ji-cuadrado correspondiente a la distribución conjunta de la carga animal y el resultado económico es de 36.4, altamente significativo. Los coeficientes de correlación también son positivos y estadísticamente altamente significativos (0.17 y 0.19 KTB y R's Pearson respectivamente).



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

d) uso de ración y carga animal: su efecto sobre la productividad lechera en una medición alternativa

Dada la importancia que tiene para la investigación en tecnología lechera el análisis de las relaciones entre carga animal, utilización de concentrados y productividad se procedió a realizar algunos cálculos complementarios con la información contenida en los registros de FUCREA. Se pretende con ello comparar dicha información con la existente a nivel experimental, incluyendo aquellas que son resultados de simulaciones (Durán, H; 1991).

En el Cuadro 1 se presenta los niveles de producción de leche por vaca-masa en función del comportamiento de dos variables: la carga animal expresada en vaca-masa por hectárea de pradera artificial y el nivel de uso de alimentos concentrados por vaca-masa expresados en gramos por día. Coincidentemente con los resultados anteriores es claro que existe un efecto positivo e importante en la productividad por vaca-masa derivado de la interacción entre suministros de alimentos concentrados y niveles de carga animal.

Los resultados permiten además tener una estimación de la respuesta productiva a mayores nive-

les de carga animal y uso de concentrados. Los mismos son coincidentes, en términos generales, con los presentados en modelos de simulación realizados en INIA La Estanzuela (Durán, H; 1991). Incluso se evidencia una respuesta en litros de leche por kg adicional de uso de concentrados superior a la estimada en dichos modelos de simulación.

En el cuadro se evidencia que a mayores niveles de uso de concentrados y para la misma carga animal los niveles de productividad promedio por vaca-masa crecen en casi todos los casos. Paralelamente a mayores niveles de carga animal sin variar el suministro de concentrados la productividad promedio por vaca decrece en casi todos los casos.

A los efectos de contar con alguna estimación primaria de la respuesta en productividad al uso de concentrados se estimaron "elasticidades" de intervalo.¹⁶ Estas "elasticidades" miden la respuesta en los niveles de producción por vaca-masa a mayores niveles de suministro de concentrados y a mayores niveles de carga animal. Se constata que la respuesta a mayores niveles de uso de concentrados es mayor a mayores niveles de carga animal (Cuadro 2).

¹⁶ La "elasticidad" mide el aumento en la productividad por vaca-masa ante incrementos en el nivel de suministros de concentrados a diferentes niveles de carga. En la medida que estas "elasticidades" fueron estimadas a partir de la información contenida en el Cuadro 1, estrictamente no se trata de elasticidades porque corresponden a rangos amplios de variación de las variables.

Cuadro 1. Productividad por vaca-masa entre diferentes niveles de uso de concentrados y de carga animal. (Concentrado por Vaca-Masa (g-vaca-día)).

Vaca-masa por ha de pradera artif.	Hasta 300	300-600	600-1000	1000-2000
Hasta 1				
Promedio (g-vaca-día)	179	434	724	1317
Nº de observ.	37	39	16	12
Promedio (L leche-V. Masa)	3295	4047	4346	5457
Mínimo	2197	2863	3088	4114
Máximo	4600	4858	5448	9934
Desvío estándar	646	530	568	1512
Entre 1-2				
Promedio (g-vaca-día)	203	435	732	1251
Nº de observ.	93	136	18	3
Promedio (L leche-V. Masa)	2963	3365	3879	5335
Mínimo	1780	1853	2670	5009
Máximo	4147	4838	5264	5863
Desvío estándar	556	625	668	461
Entre 2-3				
Promedio (g-vaca-día)	206	388	726	
Nº de observ.	32	16	4	
Prom. (L leche-V. Masa)	2213	2175	4560	
Mínimo	1150	2065	3379	
Máximo	3328	3668	5470	
Desvío estándar	495	471	868	
Entre 3-5				
Promedio (g-vaca-día)	165	365	755	
Nº de observ.	19	16	1	
Promedio (L leche-V. Masa)	1910	2760	2382	
Mínimo	1150	1482		
Máximo	2684	3748		
Desvío estándar	405	654		

Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

Cuadro 2. Estimación de "elasticidades" en la productividad al incremento en el uso de concentrados y para diferentes niveles de carga animal (*).

Niveles de carga animal	Niveles de uso de alimentos concentrados		
	(1)	(2)	(3)
(1)	0.51	0.64	0.69
(2)	0.53	0.69	0.80
(3)	0.69	0.85	

Niveles de uso de alimentos concentrados:

- (1) corresponde al incremento en el uso de concentrados desde un máximo 300 g-vaca-día, hasta 600 g-vaca-día.
- (2) corresponde al incremento en el uso de concentrados desde un máximo de 600 hasta un máximo de 1000 g de concentrados por vaca-día.
- (3) corresponde al incremento en el uso de concentrados desde un máximo de 1000 kg por vaca-año hasta un máximo de 2000 g-vaca-día.

Niveles de carga animal (V. Masa/ha de pradera):

- (1) Desde un máximo de 1 Vaca Masa por ha de pradera hasta 2 vacas por ha
- (2) Desde un máximo de 2 Vaca Masa por ha de pradera hasta 3 vacas por ha
- (3) Desde un máximo de 3 Vaca Masa por ha de pradera hasta un máximo de 5 vaca-masa por ha de pradera artificial

Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

Este resultado indica muy claramente las posibilidades tecnológicas que ofrece trabajar con mayores niveles de concentrados y carga animal. Dada la importancia de este resultado, se presenta posteriormente un análisis complementario utilizando algunas estimaciones econométricas.

2.3. Los resultados económicos y las principales variables tecnológicas

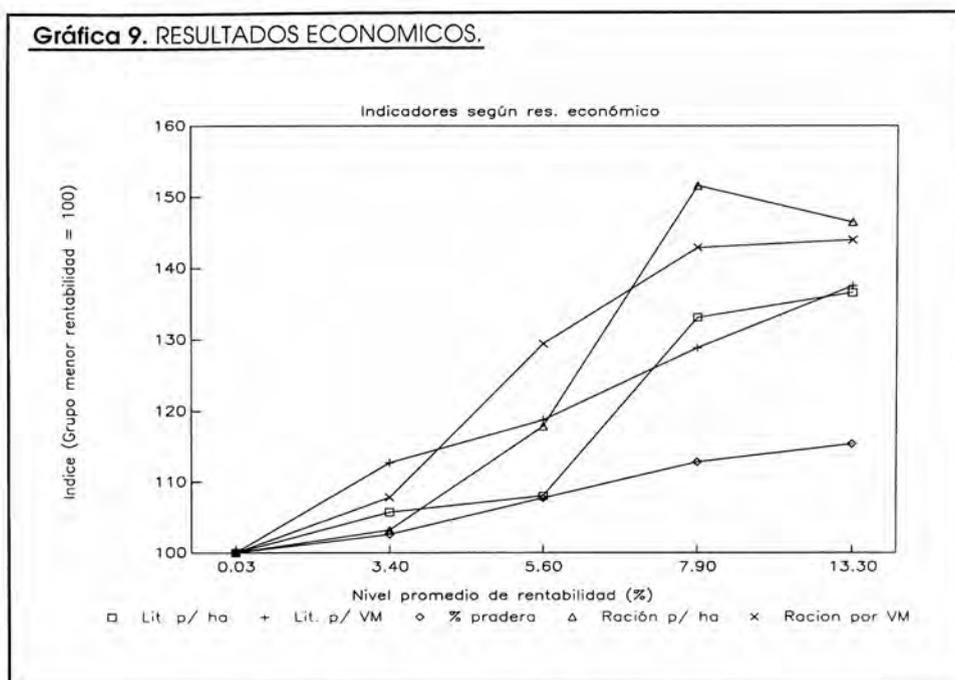
En este caso se clasificaron los registros por nivel de resultado económico expresado en la tasa de rentabilidad y se analizó su relación con las variables tecnológicas.

Como fue analizado anteriormente la distribución de los registros con mayores niveles de rentabilidad se asocia positivamente con la distribución de los registros con mayor intensidad de

uso de praderas artificiales y con un mayor uso de ración tanto por hectárea como por vaca-masa. Asimismo la distribución del nivel de los resultados económicos se asocia también positivamente con la distribución de los niveles de productividad tanto por hectárea como por animal (Gráfica 9).

Es importante tener en cuenta que las estimaciones realizadas también permiten analizar la intensidad en el nivel de asociación en la distribución de las variables tomadas de a dos. Se visualiza que los mayores coeficientes de asociación con los resultados económicos se dan con la productividad y en segundo lugar con el suministro de alimentos concentrados. En tercer lugar con las variables de manejo como la proporción de vacas en ordeño y recién por último con la utilización de praderas artificiales.¹⁷

¹⁷ En efecto, los valores de Ji-cuadrado estimados de la distribución conjunta de los registros en función del resultado económico y la productividad es del orden de 83.9; en el caso del uso de ración varía entre 51 (concentrado por hectárea) y 41.2 (concentrado por vaca masa); con el uso de praderas artificiales es de 36.9.



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

Obviamente estos indicadores de asociación en la distribución de las variables son limitados porque en la medida que se toman de a dos no se analiza el impacto que pueda tener una tercer variable con la cual alguna de ellas está relacionada. De todos modos, tomando en cuenta esa limitación, los resultados indican que los mejores resultados económicos están más fuertemente asociados a la intensidad de uso de alimentos concentrados que al uso de praderas artificiales.

Dadas las limitaciones señaladas en lo que sigue se presenta un análisis en donde precisamente se evalúan los registros en términos del impacto individual que tienen algunas variables así como el efecto de la interacción entre variables sobre los niveles de productividad lechera.

3. Los niveles de productividad: análisis en base a técnicas econométricas

La riqueza de la base de datos permitió realizar algunos análisis que si bien no estaban original-

mente previstos en la investigación se entendieron de utilidad para su eventual aplicación en la discusión de las alternativas tecnológicas para el sector lechero. En este caso se trata de estimar la respuesta en términos de productividad por hectárea (como medida clásica tradicionalmente utilizada) con relación a variables de manejo como la carga animal y de disponibilidad y suministro de forraje expresada en el porcentaje de praderas en la superficie de pastoreo y los concentrados suministrados por vaca-masa. También se consideró oportuno cuantificar el impacto del tamaño en los resultados en términos de productividad.

3.1 El tipo de estimación que se utiliza

De acuerdo a lo que fuera analizado anteriormente los niveles de productividad lechera están fuertemente relacionados con el nivel y la estructura de la oferta forrajera, así como con el tamaño de los establecimientos. A los efectos de profundizar en el estudio de estos aspectos se realizaron algunas estimaciones econométricas de respuesta en términos de productividad.¹⁸

En la estimación econométrica realizada fue posible captar el efecto directo de una variable independiente sobre el nivel de productividad (coeficientes b_1, b_2, b_3 y b_4); el efecto de la interacción de la variable sobre sí misma (coeficientes b_{11}, b_{22}, b_{33} y b_{44}) y finalmente el efecto de las interacciones entre diferentes variables (b_{12}, b_{13}, b_{23} etc.).

El efecto interacción entre las variables mide el cambio en la productividad marginal de la respuesta a un insumo según el nivel al que se aplica el otro insumo con el cual interactúa. Así un coeficiente de interacción positivo indica que la respuesta marginal ante la aplicación de un insumo crece a medida que aumenta la utilización del otro insumo con el cual interactúa (o consigo mismo, según el caso). Un coeficiente de interacción negativo implica que si bien pueda existir un efecto directo positivo, dado por el incremento en la productividad por hectárea ante el aumento de un insumo, tales incrementos son decrecientes en función del nivel aplicado del otro insumo (o del mismo, según el caso).

3.2 Los resultados obtenidos

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos con la totalidad de las variables: carga animal en vaca-masa por hectárea; porcentaje de praderas artificiales en la superficie de pastoreo; ración por vaca-masa; tamaño en hectáreas de pastoreo.

a) el impacto directo

La estimación realizada tiene un coeficiente R elevado, del orden de 66% y F altamente significativo. En general los coeficientes de las variables

tienen los signos esperados. La superficie del establecimiento se correlaciona negativamente con el nivel de productividad por hectárea, de manera que los establecimientos de menores dimensiones son más productivos.

Del mismo modo un incremento en la intensidad de uso de las praderas artificiales y suministro de concentrados por vaca-masa impacta directamente en los niveles de productividad por hectárea. En cambio, como es esperable, el simple aumento en los niveles de carga animal por hectárea tiene un efecto depresor de la productividad. Sin embargo estos resultados que son los esperados no nos informan sobre la interacción entre las variables. A continuación se analizan estos efectos.

b) La interacción de las variables entre sí

Al respecto se constata que un incremento en el nivel de uso de ración por vaca-masa tendrá un efecto mayor sobre la productividad a medida que el nivel de uso de concentrado sea más elevado. Esto confirma, ahora con otra metodología, lo que fuera analizado anteriormente relativo a una elevada elasticidad de respuesta al uso incremental de concentrados sobre la productividad lechera.

Sin embargo, al medir el efecto de la intensidad de uso de las praderas en función del nivel al cual este componente forrajero se está utilizando tiene un efecto contrario al anterior. En efecto, como se visualiza en el Cuadro 5 si bien el uso más intenso de praderas artificiales tiene un impacto directo positivo sobre la productividad, este efecto es decreciente con el nivel de uso de praderas. Ello indica que los incrementos son cada vez menores en la productividad a medida que se realiza una mayor utilización de praderas artificiales.

¹⁸ La forma funcional utilizada de la función es una *traslog* cuya especificación se presenta a continuación:

$$\log y = b_0 + b_1 \log x_1 + \dots + b_4 \log x_3 + b_{11} (\log x_1)^2 + \dots + b_{22} (\log x_2)^2 + \dots + b_{12} \log x_1 \cdot \log x_2 + \dots + b_{34} \log x_3 \cdot \log x_4$$

siendo:

y = variable dependiente, productividad en leche equivalente por hectárea de pastoreo lechero;

x_1, x_2, x_3, x_4 .. = variables independientes

x_1 = Vaca Masa por hectárea;

x_2 = % de praderas artificiales en la superficie de pastoreo;

x_3 = ración por Vaca Masa;

x_4 = tamaño en hectáreas de pastoreo.

Cuadro 3. La productividad lechera: resultados econométricos (var. dependiente: L leche eq/ha)

Variable Independiente	b	t	Sig t
Efectos directos			
Tamaño	-0,08	-3,5	0,0004
Praderas artificiales	1,21	5,4	0,0000
Ración	0,11	2,1	0,0007
Carga animal	-1,92	-5,1	0,0000
Efectos interacción			
Praderas*praderas	-0,08	-1,7	0,0822
Ración*ración	0,1	2,9	0,0029
Carga*carga	-0,74	-3,2	0,0013
Efectos interacción entre variables			
Pradera*carga	0,93	4,9	0,000
Ración*carga	1,03	5,3	0,000
Pradera*ración	-0,14	-2,2	0,027
R ² = 66%, F ***			

Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

c) La interacción entre diferentes variables

Quando se analiza la respuesta en productividad ante aumentos en la carga animal en función del uso de diferentes alternativas forrajeras también se llega a interesantes conclusiones. Así por ejemplo la respuesta en productividad ante mayores niveles de carga animal y uso de concentrados es importante y altamente significativa. Una respuesta de signo similar aunque de menor intensidad se obtiene en el caso de la interacción entre carga e intensidad de uso de praderas artificiales.

Estos resultados vienen a confirmar plenamente algunos de los lineamientos básicos que orientan los esfuerzos de investigación en lechería en el INIA, en el sentido del potencial que ofrece en términos de productividad y rentabilidad en el uso de esquemas forrajeros mucho más intensivos y en los cuales los concentrados vuelvan a ocupar un papel importante en la estructura forrajera de la lechería comercial.

III. ESTIMACION DE LOS NIVELES DE EFICIENCIA TECNICA**1. El tipo de enfoque para el análisis de la eficiencia técnica**

En este capítulo se presenta la estimación de los niveles de eficiencia técnica de los establecimientos CREA lecheros, y el análisis de su relación con variables incluidas en la información disponible que se espera puedan contribuir a explicar los distintos niveles de eficiencia observados.

El concepto de ineficiencia técnica o productiva, hace referencia a la existencia de situaciones donde los niveles de producción observados son menores a los que sería posible obtener con la tecnología disponible y el nivel de insumos involucrados en el proceso productivo.¹⁹

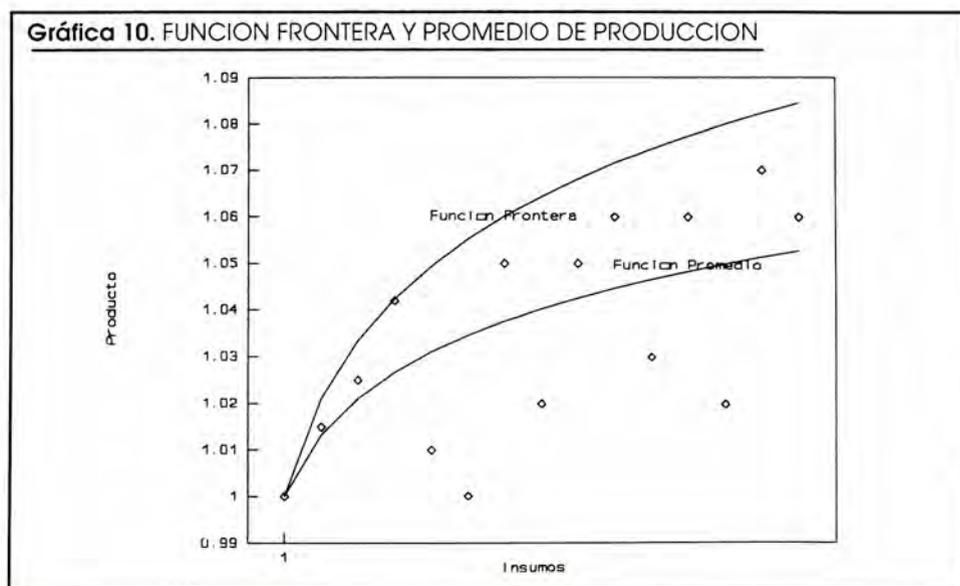
Para determinar los niveles de eficiencia con la cual es utilizada una determinada tecnología se debe determinar en primer lugar **una frontera técnicamente eficiente de producción**. Para tener una idea intuitiva de en qué consiste una frontera de producción se la puede comparar con el concepto tradicional de función de producción (*función promedio de producción*). La diferencia entre la función promedio de producción y la función frontera de producción es que mientras en la primera los valores de la variable dependiente -los niveles de producción-, se sitúan tanto por encima como por debajo de la función estimada, en el caso de la frontera todos los valores observados de los niveles de producción se encuentran por debajo. Ello permite realizar una estimación econométrica que contempla la situación de los establecimientos más eficientes dado que la frontera se ajusta en base a los establecimientos que, con la misma tecnología de producción, consiguen para cada nivel de uso de insumos y factores obtener un mayor nivel de producción (Gráfica 10).

Desde el punto de vista metodológico la estimación de los niveles de eficiencia técnica de cada establecimiento presupone conocer la pro-

ducción potencial, dada por la estimación de la frontera, la que es comparada con lo realmente producido por cada establecimiento. A mayor diferencia entre los valores de estas variables, mayor será el nivel de ineficiencia del establecimiento. Más precisamente se define el nivel de eficiencia técnica de un establecimiento como el cociente entre la producción real y la potencial dada por la frontera técnicamente eficiente de producción.

En función del análisis realizado en el capítulo precedente, del que se desprende la existencia de niveles de heterogeneidad en los parámetros tecnológicos relevantes, se procedió a investigar la existencia de fronteras diferentes al interior de la muestra, las que podrían dar lugar a su vez a estimaciones diferentes de los niveles de eficiencia técnica. En la medida en que se constató la existencia de procesos tecnológicos diferenciados, asociados al tamaño de los establecimientos (medido en superficie), se procedió a estimar una frontera de producción representativa por estrato de tamaño.

Por último, como forma de complementar la información que se desprende de la estimación de



¹⁹ Este concepto aparece en el análisis microeconómico en la década del cincuenta con los trabajos pioneros de Debreu (1951), Koopmans (1951) y Farrell (1957). Dos décadas más tarde, se observa un importante desarrollo en los aspectos metodológicos asociados a las técnicas que permiten a partir de la información existente sobre los niveles de producción observados y el nivel de insumos, obtener estimaciones de los niveles de eficiencia técnica.

los niveles de eficiencia se procedió a investigar los posibles niveles de asociación existentes entre los niveles de eficiencia técnica estimados, y distintas variables incluidas en la información disponible.

2. Estimación de los niveles de eficiencia técnica a partir de la frontera de producción ²⁰

El nivel de eficiencia técnica promedio estimado para el total de los establecimientos se presenta en el Cuadro 4. Del mismo se desprende una importante conclusión: *se observa para el conjunto de establecimientos lecheros CREA altos niveles de eficiencia, dejando entonces poco margen para incrementos de productividad vía mejoramiento en el uso de la tecnología disponible.*

Cuadro 4. Niveles de eficiencia promedio

	EF. TEC.
Total Establecimientos	90,13
Establecimientos Chicos	89,31
Establecimientos Grandes	90,94

Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

Si bien el nivel promedio de eficiencia técnica es alto, se observa al trabajar a nivel de establecimientos cierto nivel de heterogeneidad. Más de un 4% de los establecimientos analizados presentan niveles de eficiencia inferiores al 75,0%, mientras más del 10% presentan niveles inferiores al 80% (Gráfica 11).

Como se explican estos niveles de heterogeneidad? que tienen en común los establecimientos con bajos niveles de eficiencia? En la sección siguiente se intenta dar respuesta a estas preguntas.

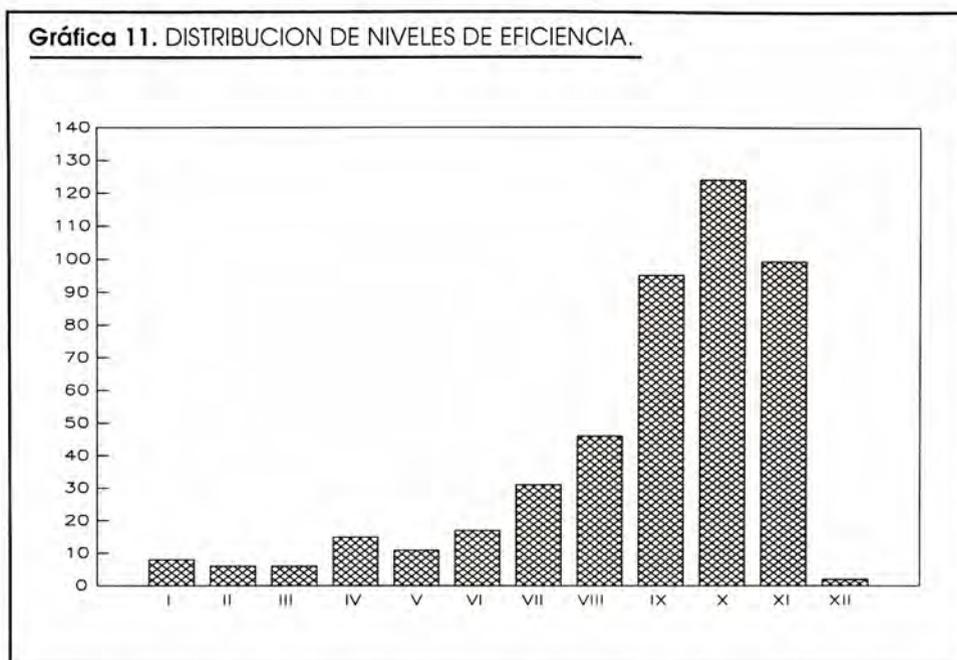
3. Los niveles de eficiencia observados y su relación con otras variables

Tan importante como obtener una cuantificación de los niveles de eficiencia técnica para cada establecimiento, es lograr una explicación de los mismos. En esta parte del trabajo se presentan los

resultados derivados de intentar asociar la heterogeneidad en los niveles de eficiencia observados con variables que se supone pueden estar relacionados con los niveles de eficiencia técnica. A tales efectos se elaboraron algunos *test* estadísticos que permiten evaluar el grado de asociación entre el nivel de eficiencia y las diferentes variables con las cuales aquella puede estar asociada. ²¹

²⁰ Para la estimación de esta frontera de producción en la literatura se presentan diferentes alternativas metodológicas. En este trabajo, al igual que lo que se observa en buena parte de los estudios recientes aplicados al sector agropecuario en los países desarrollados se ha optado por la estimación de una frontera paramétrica estocástica. Las variables utilizadas en la estimación fueron las siguientes: como variable dependiente se consideró la producción de leche equivalente del establecimiento y como variables independientes, el número de vaca-masa, el consumo de ración, la superficie con praderas artificiales y el resto de la superficie lechera del establecimiento. Una vez depurada la base de datos, se trabajó con 479 registros de establecimientos que tenían un nivel de especialización lechera superior al 50% (producto bruto lechero/producto bruto total).

²¹ Al igual que los análisis presentados en el capítulo anterior la totalidad de los registros fueron clasificados en 5 grupos en cada variable que se considera. El grupo 1 acumula el 20% de los registros que tienen para la variable en cuestión los menores valores, en tanto el grupo 5 acumula el 20% de los registros que para los cuales la variable en cuestión presenta los mayores valores. De esta manera el universo de registros está clasificado de 1 a 5, conteniendo cada nivel aproximadamente el 20% de los registros. En cada una de las pruebas que se realizaron se clasificaron los registros en 5 grupos en función del nivel de eficiencia técnica y en 5 grupos en función de cada una de las otras variables que se quiere *testear* su relación con la eficiencia técnica. El análisis estadístico analiza si la distribución de los registros en las 25 celdillas es diferente de la que existiría si tal distribución fuera al azar.



Los niveles de E.T. están clasificados en grupos de menor a mayor: el grupo I concentra a los registros con un nivel de E.T. inferior a 0.7; en tanto el Grupo XIII concentra los registros con más de 0.975% de E.T.

En cada grupo se concentran los registros con 0.025% de eficiencia técnica superior al grupo anterior.

Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos, con el análisis de la relación existente entre eficiencia técnica y las siguientes variables: tamaño, rentabilidad, uso de pradera, uso de concentrados y productividad en términos de vaca masa y por hectáreas.²²

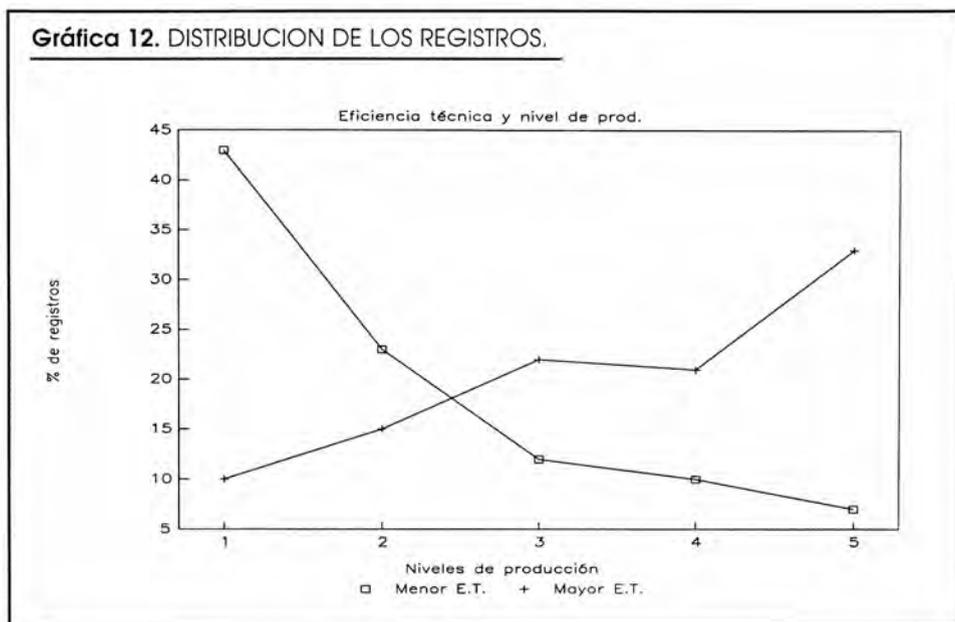
Previo a la presentación de los resultados obtenidos es importante remarcar que no se trata en este caso de explicar los niveles de eficiencia, de lo que se trata es de analizar la existencia de regularidades en comportamientos tecnológicos asociados a los niveles de eficiencia. Esta información es de utilidad para identificar prácticas tecnológicas de los establecimientos más eficien-

tes. Se entiende que ello aporta información relevante para la definición de prácticas tecnológicas tanto a nivel de investigación como de la extensión agronómica.

3.1 Eficiencia productiva y tamaño del establecimiento

El análisis estadístico realizado que estima la relación entre niveles de eficiencia técnica y superficie de los establecimientos lecheros indica que no existe asociación en la distribución de ambas variables. En cambio, sí existe una asociación muy clara entre niveles de eficiencia técnica

²² Es importante destacar que, como fue mencionado, entre las variables que integran la base no se cuenta con variables socio-económicas con potencial explicativo de los niveles de eficiencia técnica, como por ejemplo, educación, experiencia como productor, exposición a la asistencia técnica, variables estas que sin duda tienen una gran importancia en la eficiencia con la cual se utiliza una determinada tecnología. En futuros trabajos se debería incorporar esta dimensión del análisis.



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

y tamaño de los establecimientos medido por el volumen de producción en litros de leche del establecimiento. En la Gráfica 12 se presentan algunos de los resultados de las estimaciones que fueron realizadas.

El signo de la asociación es positivo, es decir a mayores niveles de producción se observan los mayores niveles de eficiencia. También se estimó en este caso, una regresión poniendo como variables explicativas el volumen de leche producida y la misma variable al cuadrado. Se obtuvo que el signo del coeficiente de la primer variable resultó positivo, mientras que el de la segunda resultó negativo, lo que quiere decir que los niveles de eficiencia crecen con el volumen de producción pero a una tasa decreciente.²³

En la Gráfica 12 se observa muy claramente que la distribución de los registros según el nivel

de eficiencia técnica depende de la escala del establecimiento lechero. En efecto, es más probable encontrar un establecimiento eficiente en las mayores escalas de producción que en los establecimientos lecheros que producen con una escala menor. La eficiencia técnica por lo tanto está asociada positivamente a la escala de producción.²⁴

3.2 Eficiencia técnica y porcentaje de praderas

La relación que se observa en la distribución de los registros en función de los niveles de eficiencia productiva y el porcentaje de praderas artificiales de los establecimientos, muestra una débil asociación entre estas variables, la cual no es estadísticamente significativa.

En la representación gráfica se evidencia que

²³ La existencia de una relación positiva entre niveles de eficiencia técnica y tamaño del establecimiento es coincidente con el resultado encontrado para la zona de Nueva Inglaterra en EEUU por Bravo-Ureta y Rieger (1991), y por Vaillant (1991) para la cuenca tradicional de Montevideo.

²⁴ En efecto, el valor de Ji-cuadrado estimado que relaciona la distribución entre ambas variables es de 70.9. A su vez esta distribución conjunta de los registros en función de ambas variables tiene una relación lineal que se expresa en coeficientes de correlación positivos y altamente significativos (R 's de Pearson y KTB de 0.31 y 0.25 respectivamente y altamente significativos).

la distribución de los registros según intensidad de uso de praderas no difiere significativamente entre los mayores y menores niveles de eficiencia técnica (Gráfica 13).²⁵

A los efectos de analizar más en profundidad este punto se ordenó el conjunto de establecimientos según los niveles de eficiencia, se particionó este universo en cinco grupos con igual número de observaciones y se estimó para cada grupo el nivel promedio de praderas. El resultado se presenta en el Cuadro 5. En el mismo se observa para los cuatro primeros grupos una

Cuadro 5. Eficiencia técnica e intensidad de uso de praderas

ET promedio	% Pradera
77,3	38,2
89,0	43,4
92,2	43,8
94,1	44,4
96,0	37,0

Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

asociación débilmente positiva entre estas dos variables, revirtiéndose la situación para el último grupo.

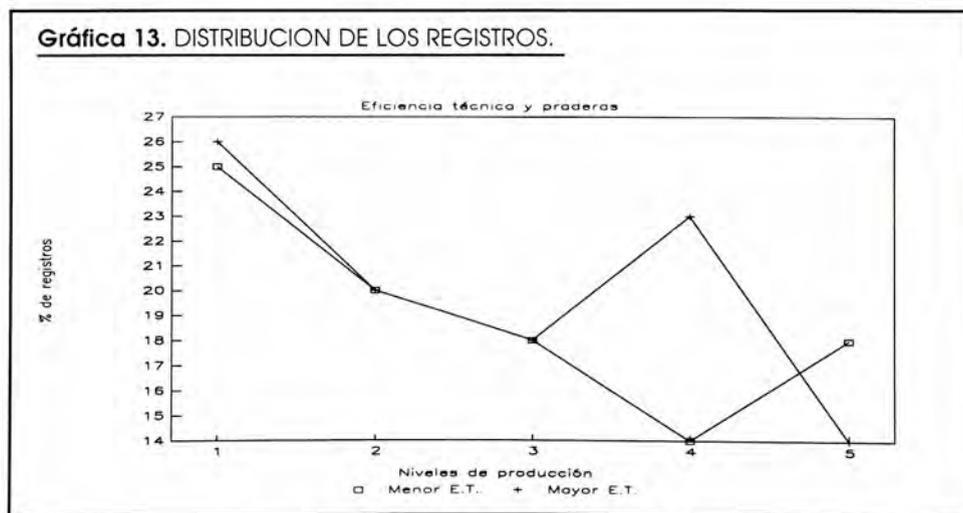
A la luz de estos resultados, y a los efectos de la tipificación de los establecimientos eficientes, podemos decir que la variable praderas no diferencia niveles de eficiencia técnica.

3.3 Eficiencia técnica y uso de concentrados

El análisis de la distribución conjunta de los registros en función del nivel de eficiencia técnica y utilización de concentrados tanto por vaca masa como por hectárea de pastorero, indica que existe una asociación en la distribución entre ambas variables que difiere de la que existiría si fuera al azar. En la Gráfica 14 se ilustra esta situación.²⁶

3.4 Eficiencia técnica y niveles de productividad

A continuación se presentan los resultados del análisis de la relación entre niveles de eficiencia técnica y niveles de productividad lechera. En la



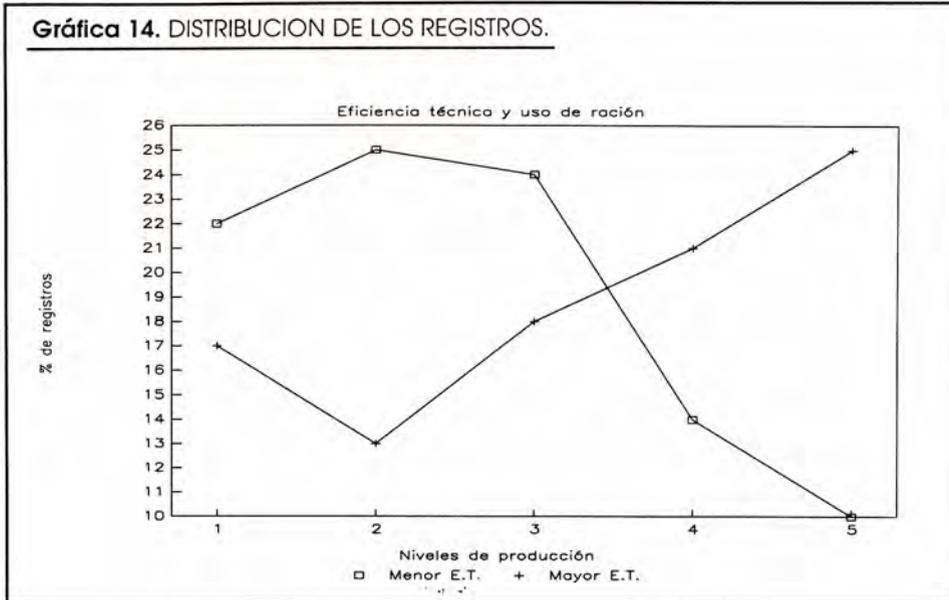
Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

²⁵ En efecto, el valor de Ji-cuadrado para la distribución de los registros en función de ambas variables es de 19,9, no significativo estadísticamente. Los coeficientes de correlación, si bien son positivos, tampoco son estadísticamente significativos.

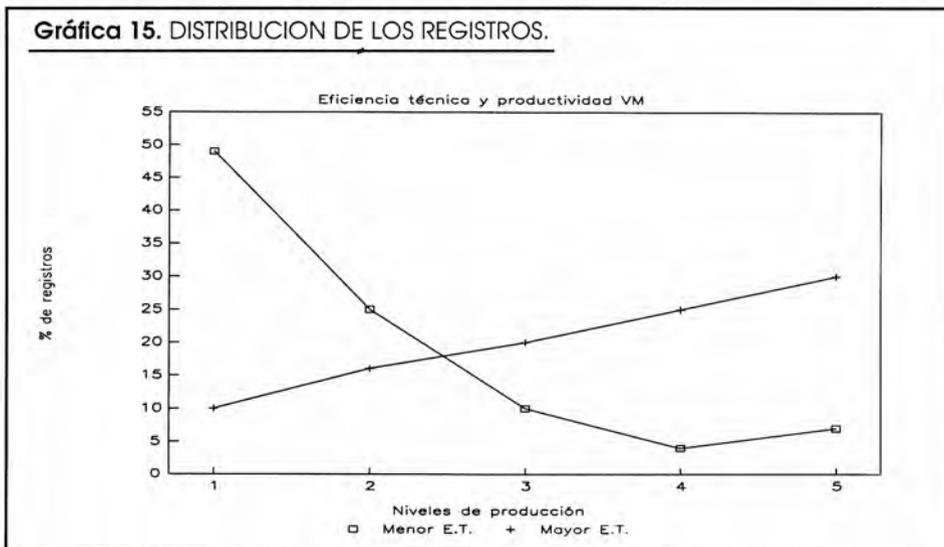
²⁶ El análisis estadístico realizado de la distribución conjunta de los registros en función del nivel de eficiencia técnica y utilización de concentrados arroja un valor de Ji-cuadrado de 36,6, altamente significativo.

Gráfica 15 se sintetizan algunos de los resultados obtenidos. Como se observa la distribución de los niveles de eficiencia técnica no es independiente de los niveles de productividad obtenidos. En

efecto, es más probable encontrar un establecimiento eficiente a mayores que a menores niveles de productividad, tanto por hectárea como por vaca masa.²⁷

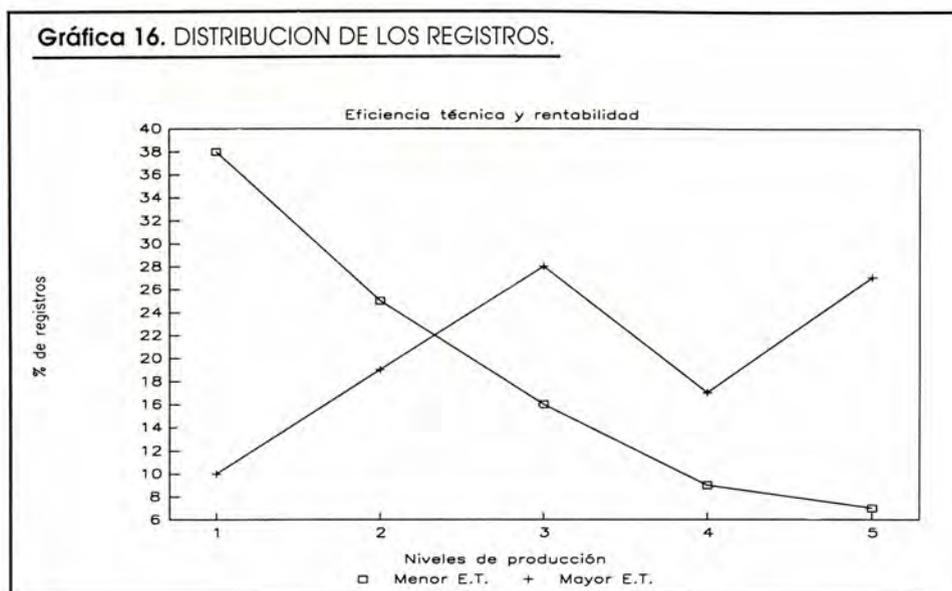


Fuente: CINVE en base a información de FUCREA



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

²⁷ Los valores de Ji-cuadrado son este caso de 73.1 y 128.5 respectivamente. Los coeficientes de correlación son todos positivos y altamente significativos.



Fuente: CINVE en base a información de FUCREA

3.5 Eficiencia técnica y resultado económico

La distribución de los registros en función de la variable rentabilidad también se asocia positivamente con la distribución de los registros en función del nivel de eficiencia técnica, como se evidencia en la Gráfica 16.²⁸

Este resultado que a primera vista puede resultar obvio no lo es. El nivel de rentabilidad de un establecimiento está condicionado tanto por la eficiencia técnica como por factores relacionados a los precios de insumos y producto que son independientes de esta. Por tanto es teóricamente posible, en caso de que existan problemas de eficiencia asignativa (vinculados a los precios relativos), la inexistencia de relación o mismo la existencia de una relación negativa entre estas dos variables. De lo anterior se puede deducir entonces, que los resultados no estarían indicando que existan problemas de eficiencia asignativa, aunque este resultado no es concluyente.

IV. RESUMEN E IMPLICACIONES DE POLITICAS TECNOLOGICAS

A) Las principales conclusiones

1. Como es ampliamente conocido, los productores CREA se distinguen del resto de los productores lecheros comerciales por varios atributos; i) en los registros analizados tienen una representación muy importante los establecimientos de mediana superficie. El tamaño medio de los registros es de 214 hectáreas, más del 80% superior al tamaño medio del conjunto de los establecimientos lecheros de la Cuenca de Montevideo; ii) el nivel promedio de productividad por hectárea alcanzado por los productores CREA es aproximadamente el doble del alcanzado en el conjunto de la lechería comercial. Como consecuencia de la mayor productividad y tamaño promedio el nivel de producción de leche por establecimiento más que triplica el nivel de producción promedio del conjunto de los productores lecheros de la cuenca de Montevideo.

²⁸ Tanto el valor de Ji-cuadrado como los coeficientes de correlación en la distribución son altamente significativos (Ji-cuadrado 56.8 y KTB 0.19 y Pearson 0.24).

2. Los establecimientos lecheros CREA tienen una variabilidad importante en el comportamiento de las principales indicadores tecnológicos y de resultado económico. Tanto en el uso de diversas fuentes forrajeras como en los niveles de carga animal por hectárea y productividad lechera se registran importantes niveles de variación. En efecto, el análisis de esta dispersión tecnológica permitió identificar que existen establecimientos que trabajan con niveles de intensidad de uso de praderas artificiales, carga animal y productividad del nivel de los que se simulan en los esquemas de producción que orientan la investigación en lechería en el INIA. La excepción es el suministro de ración, en donde los establecimientos que trabajan con mayor intensidad de uso de esta fuente forrajera no alcanzan los niveles que se simulan en los esquemas productivos de alta intensidad forrajera que orientan la investigación tecnológica.

3. El análisis del comportamiento en el tiempo de algunos indicadores contenidos en la base de datos arroja algunos elementos de interés para el estudio de la trayectoria tecnológica de los productores lecheros de los grupos CREA. A pesar de las limitaciones que fueron explicitadas oportunamente relativos a estos indicadores, existe evidencia de que desde comienzos de la década del 80: i) los niveles de productividad promedio por vaca-masa de los productores que están integrados a los grupos CREA se incrementan en más del 30%; ii) el uso de praderas artificiales se incrementa sostenidamente entre 1983 y 1988, y, más allá de oscilaciones entre años, a partir de allí se estabiliza la intensidad de uso de praderas artificiales; iii) la intensidad de uso de ración registra una reducción importante durante gran parte de la década del 80 en momentos en que el uso de praderas artificiales se incrementa. Hacia fines de los 80 y comienzos de los 90 en cambio se registra un cierto estancamiento en el nivel de uso de praderas y una fuerte recuperación en la intensidad de uso de ración.

4. De lo anterior se deriva: i) los resultados que se obtienen en este trabajo no son expandibles al conjunto de la producción lechera comercial. Estrictamente los resultados sólo serían aplicables a los productores CREA; ii) sin embargo, en la medida en que estos establecimientos registran

niveles de tecnificación y escala sustancialmente superiores a la media de la lechería comercial y que existen establecimientos con muy elevados niveles de productividad e intensidad forrajera su estudio también es útil para generar conocimientos para la investigación en lechería que realiza el INIA. En efecto, uno de los principales lineamientos de la investigación es generar conocimiento tecnológico para superar las restricciones que enfrentan los productores que ya trabajan con elevados niveles de productividad.

En el capítulo II también se presentaron los resultados del análisis del comportamiento tecnológico de los establecimientos lecheros CREA y su relación con los resultados económicos. Dicho análisis se realizó utilizando pruebas estadísticas que analizan la distribución conjunta de frecuencias de las variables tomadas de a dos y algunas técnicas econométricas, para estimar en este caso el comportamiento de la productividad midiendo el efecto sobre la misma de varias variables y de su interacción.

5. Analizando el comportamiento tecnológico en función del tamaño del establecimiento se concluye que los establecimientos de menor superficie tienen una estrategia de combinación de recursos que se caracteriza por una mayor intensidad de uso de praderas artificiales y otros tipos de mejoramientos permanentes; mayores niveles de carga animal a pesar de que utilizan menor nivel de alimentos concentrados por vaca-masa y mayor proporción de vacas en ordeño. Este manejo diferenciado de los recursos disponibles se expresa finalmente en mayores niveles de productividad por hectárea lechera.

En cambio, los establecimientos de mayor superficie trabajan con menor proporción relativa de pasturas mejoradas y con un mayor nivel de suministro de ración por vaca-masa. A su vez trabajan con un menor nivel de carga animal y obtienen menores niveles de productividad por hectárea y similares niveles de productividad por vaca-masa. Finalmente, el análisis de los resultados económicos es concluyente: los establecimientos de mayor superficie tienen, en promedio, mejor desempeño.

6. Como fue analizado anteriormente, la tendencia operada en el sector lechero a partir de

mediados de la década del setenta hasta fines de los ochenta ha sido hacia el aumento en el área de praderas artificiales y la disminución en el uso de ración, obteniéndose así el abaratamiento del costo por litro de leche, junto con un incremento en los niveles de productividad. Sin embargo, existe una cierta evidencia de una tendencia hacia un nuevo incremento en el uso de concentrados. Ello plantea que las nuevas tecnologías que se van incorporando al sector lechero se basan en una creciente intensificación de los esquemas forrajeros. La base de información disponible permitió realizar análisis que permiten medir las relaciones existentes entre estas variables forrajeras y su impacto productivo y de resultado económico a nivel de sistema de producción.

7. Al respecto los resultados obtenidos con el análisis estadístico indican que los establecimientos lecheros que trabajan con esquemas productivos de alta intensidad forrajera por hectárea, tanto por la mayor intensidad de uso de praderas artificiales como de ración, manejan elevados niveles de carga animal, obtienen mayores niveles de productividad por hectárea y por animal y son los que, en promedio, obtienen mejores resultados económicos.

A su vez la clasificación de los registros en función de la intensidad de uso de ración por vacamasa no se expresa en un mayor nivel de carga animal y si en mayores niveles de productividad por animal, que es lo que explica el mayor nivel de productividad por hectárea. Ello sugiere una primera evidencia en el sentido de que podrían lograrse mayores niveles de productividad por hectárea si en los sistemas de alta intensidad forrajera se trabajara con mayores niveles de carga animal.

8. Dada la importancia que tiene para la investigación en tecnología lechera se realizaron algunos análisis de las relaciones entre carga animal, intensidad de uso de ración y respuesta en producción en el sistema lechero. Los resultados son concluyentes: la respuesta al uso de ración en todos los casos es muy elevada, aunque su magnitud depende de la intensidad de la carga animal del sistema.

En efecto, el aumento en el suministro de ración a bajos niveles de carga animal genera

respuestas positivas y muy importantes aunque decrecientes en términos de producción de leche por kg de ración. En cambio sucede exactamente lo contrario cuando el sistema está trabajando con elevados niveles de carga animal. En este caso el impacto en términos de producción de leche a mayor uso de ración es creciente.

9. En el trabajo también se analizó la respuesta en productividad lechera por hectárea. Utilizando un método diferente se llegó a conclusiones similares en cuanto al impacto que tiene el suministro de ración, praderas artificiales y carga animal sobre los niveles de productividad lechera por hectárea. Así se demostró, como era esperable, la existencia de impacto directo creciente en productividad por hectárea ante mayores niveles de uso de praderas artificiales y ración.

Por su parte, el análisis de la interacción entre variables tecnológicas arrojó resultados más interesantes; el aumento en el uso de ración genera impactos en productividad que son crecientes con el uso de ración del sistema. En cambio el resultado es negativo en el caso de las praderas artificiales. Ello significa que, *ceteris paribus*, la respuesta en productividad lechera ante el uso de praderas es positiva pero decreciente a mayores niveles de uso de praderas artificiales del sistema lechero.

El análisis del comportamiento de la carga animal sobre la productividad también arroja resultados importantes. El simple aumento en los niveles de carga animal genera, *ceteris paribus*, un descenso en el nivel de productividad por hectárea. Sin embargo, la respuesta es de signo contrario cuando se analiza la interacción entre carga animal y diversas fuentes forrajeras. En efecto, se comprobó que existe respuesta positiva y altamente significativa en la interacción entre carga y uso de ración y entre carga y uso de praderas artificiales. En otras palabras el impacto en productividad ante incrementos en la carga animal es más elevado en sistemas lecheros de alta intensidad forrajera.

10. Finalmente en los análisis estadísticos realizados también se relacionó la distribución de los registros en función de los resultados económicos con las principales variables tecnológicas. Se comprobó que la distribución de los mejores

resultados económicos se relacionan estadísticamente con los establecimientos que trabajan con los mayores niveles de intensidad forrajera, tanto en el uso de praderas artificiales como de ración por hectárea y por animal. También la distribución de los registros en base a la rentabilidad se relaciona positivamente con la distribución de la carga animal y la productividad por animal y por hectárea.

11. Los resultados obtenidos vienen a confirmar los principales lineamientos que orientan los esfuerzos de investigación en lechería del INIA, en el sentido del potencial que ofrece en términos de productividad y rentabilidad el uso de esquemas forrajeros mucho más intensivos y en los cuales los concentrados vuelvan a ocupar un papel importante en la estructura forrajera de la lechería comercial.

12. En el último capítulo se presentaron los resultados de evaluación de la eficiencia con la cual se utiliza la tecnología lechera en los establecimientos CREA. El concepto de eficiencia técnica, de acuerdo a la metodología utilizada, hace referencia a un análisis comparativo entre todos los establecimientos CREA que hacen lechería. El método permite comparar a los establecimientos entre sí y estimar el grado de eficiencia con la cual es utilizada la tecnología. El 100% de eficiencia está dado por aquellos establecimientos que están "en la frontera" del espacio de producción, dado que obtienen los mayores niveles de producción de acuerdo a la tecnología disponible. El resto de los establecimientos que no están en la frontera presentan un cierto grado de ineficiencia técnica, dado que obtienen niveles de producción inferiores a los que se podrían obtener.

La importancia de este concepto se desprende de que ante la existencia de ineficiencia técnica, la productividad del conjunto de los factores utilizados y la propia rentabilidad obtenida pueden ser mejoradas a **tecnología dada**. Es decir, a las tradicionales fuentes de incrementos de la productividad asociadas al progreso tecnológico, que implica el desplazamiento de la frontera de producción, se incorpora la posibilidad de lograr incrementos en la productividad global de factores y rentabilidad a partir de programas de extensión que busquen aproximar a los establecimientos

lecheros ineficientes a la frontera de producción. Más precisamente se puede definir el nivel de eficiencia técnica como el cociente entre la producción efectivamente realizada en un establecimiento y la potencial obtenida en la "frontera de producción".

13. El principal resultado obtenido es que se constató la existencia de altos niveles de eficiencia técnica para los establecimientos considerados. El corolario de ello es que, en términos generales, no es esperable lograr mayores niveles de productividad y rentabilidad sin modificaciones de tipo tecnológico, es decir sin un desplazamiento de la frontera tecnológica que permita alcanzar superiores niveles de producción potencial. Ello implica que, en términos promediales para el conjunto de los establecimientos analizados, los esfuerzos tendientes a que exista un mejor uso de la tecnología disponible tendrán bajo impacto en términos de productividad y rentabilidad.

El hecho de que la eficiencia técnica alcanzada muestre niveles altos, no significa que estos establecimientos sean necesariamente competitivos en relación a otros establecimientos lecheros de la región, o incluso del país, que podrían estar obteniendo mayores niveles de productividad por utilizar tecnologías de mayor potencial. Como fue explicado anteriormente, se trata de una comparación **al interior** de los establecimientos CREA. Lo que si se puede afirmar es que los mayores niveles de competitividad no deben esperarse que provengan fundamentalmente por un mejor desempeño productivo que acerque los establecimientos CREA a la frontera de los más eficientes.

14. Las conclusiones que se derivaron hasta el momento hacen referencia al promedio de los establecimientos CREA analizados, o en otras palabras, al establecimiento tipo. Sin embargo, al interior del universo de establecimientos analizados existe un cierto grado, moderado por cierto, de heterogeneidad en la eficiencia técnica.

En el trabajo se intentó interpretar la heterogeneidad en los niveles de eficiencia técnica. Una variable utilizada con este objetivo en todos los estudios similares relevados, es el tamaño de los establecimientos. El resultado obtenido es que efectivamente existe una asociación estadística-

mente positiva entre eficiencia técnica y tamaño, medido este por la cantidad de leche producida en el establecimiento.²⁹ Sin embargo, cuando se considera como variable de tamaño la superficie en hectáreas, no se observa ningún tipo de relación significativa con los niveles de eficiencia técnica.

Cuando se vincula los niveles de eficiencia técnica con variables tecnológicas los resultados son concluyentes: los mayores niveles de eficiencia técnica se asocian positivamente con el consumo de ración y los niveles de productividad obtenidos, tanto por vaca-masa como por hectárea. En el caso de la relación con praderas artificiales la relación es más débil, y no es estadísticamente significativa, mientras que en los restantes casos es altamente significativa. Los resultados obtenidos también muestran una clara asociación positiva entre eficiencia técnica y rentabilidad obtenida. Cabe destacar que este resultado si bien resulta esperable intuitivamente, podría haber sido diferente en el caso de existir problemas de eficiencia asignativa. La evidencia recogida, aunque preliminar, sugiere que este no sería el caso.

B) Algunas implicaciones en materia de política tecnológica

15. Como fue analizado los productores CREA realizan una utilización eficiente de la tecnología disponible. Este resultado podría ser explicado básicamente por dos tipos de factores. Los primeros, de carácter general y que valen para el conjunto de la lechería comercial, es la relativa maduración de la tecnología lechera disponible. En la medida en que lo esencial de las innovaciones se introdujeron en la lechería en el transcurso de los últimos quince a veinte años, se fueron

definiendo trayectorias tecnológicas en donde el aprendizaje de los productores y de los técnicos extensionistas en el transcurso del tiempo fueron dismuyendo la heterogeneidad en el uso de la tecnología.

El segundo tipo de factores son específicos del funcionamiento de los grupos CREA. En la medida en que la metodología de trabajo de extensión se centra en la socialización de las experiencias tecnológicas de los grupos de productores al interior del movimiento, el método tiene como objetivo implícito el logro de crecientes niveles de homogeneidad intra-grupo e inter-grupos. Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que la estrategia fue exitosa en el sentido de lograr niveles de homogeneidad relativa muy elevada en el uso de la tecnología.

El corolario de ello es que es esperable que este método de extensión sea de mayor utilidad en momentos en que se impulsa una nueva tecnología de producción y en que la heterogeneidad en el uso de la misma es muy marcada. Sin embargo en condiciones de relativa homogeneidad en la eficiencia de uso de la tecnología, como la que se constató en este trabajo, el método más tradicional de extensión agronómica en grupos de productores ofrece un menor potencial como instrumento de promoción tecnológica.

La implicación de ello es que en estas condiciones sería de mayor interés vincular la extensión agronómica más estrechamente a la investigación de alternativas tecnológicas para el sector. En el país existen algunos instrumentos recientes de promoción tecnológica orientados a validar alternativas tecnológicas por parte de los propios productores, cuya potenciación podría ser de extremo interés, de acuerdo a lo que se fundamentara anteriormente.³⁰

²⁹ Este resultado es coincidente con los obtenidos por Bravo-Ureta y Schilder (1991) para una muestra de establecimientos lecheros pertenecientes a la zona de Nueva Inglaterra en EEUU. El trabajo realizado por Vaillant (1991), para una muestra de establecimientos lecheros de la Cuenca de Montevideo, también llega a las mismas conclusiones.

³⁰ Es interesante observar también que en el caso de la cuenca lechera central de Argentina analizada recientemente con una metodología similar se obtienen resultados también similares. Esto implica que también en este caso no se esperan impactos importantes en incrementos en eficiencia técnica de las explotaciones lecheras con programas de extensión lechera que intenten aproximar a los establecimientos ineficientes a la frontera. En estos casos el énfasis principal recae sobre las actividades de investigación y la difusión de tecnología que desplace la frontera hacia arriba. Ello abre algunas perspectivas interesantes en términos de la eventual coordinación de esfuerzos de instituciones de Uruguay y Argentina para definir algunos aspectos comunes de promoción de tecnología lechera.

Otra forma de expresar lo anterior es que desde el punto de vista de la jerarquización de las políticas tecnológicas sectoriales, para este tipo de productores lecheros, debería tener más importancia la investigación y la experimentación de nuevas alternativas tecnológicas. En función de ello es que se debería pensar nuevos esquemas de difusión de tecnología, intentando aproximar los resultados de la investigación a las prácticas tecnológicas que están incorporando los productores más eficientes.

16. En materia de políticas de investigación se considera que se debe centrar la atención prioritariamente en la situación tecnológica de los productores que están en la frontera del espacio eficiente de producción. Ello básicamente porque, a diferencia de las interpretaciones más convencionales, la incorporación de innovaciones lejos de ser una cuestión de decisión de uso de una tecnología libremente disponible, es un proceso que está afectado por las capacidades tecnológicas existentes y las formas de organización productiva y por lo tanto por los conocimientos tácitos que están incorporadas en las empresas agropecuarias. El corolario de ello es que se espera que *-ceteris paribus-* la tasa de difusión de un conjunto de innovaciones va a ser mayor cuanto mayores sean los niveles tecnológicos y organizativos pre-existentes en los productores lecheros. Ello fundamenta que la investigación en lechería debe orientarse fundamentalmente a solucionar los cuellos de botella que enfrentan los productores que están en la frontera, dado que allí residen las mayores oportunidades de avance de la trayectoria tecnológica en la lechería.

Al respecto en el análisis realizado se demostró que los establecimientos más eficientes son los que trabajan con mayor intensidad en la oferta forrajera, en particular en el uso de ración, y se manejan con mayor nivel de carga animal, obtienen mayores niveles de productividad y mayor rentabilidad. En la medida en que esta medición de los niveles de eficiencia técnica implica una cuantificación de la situación del establecimiento como sistema de producción los resultados son más potentes que los tradicionales que miden, en general, la productividad parcial, por vaca o por hectárea.

Estos resultados sugieren que las líneas de investigación que están siendo implementadas a nivel experimental, orientadas hacia la consolidación de esquemas forrajeros altamente intensivos, con altos niveles de uso de ración y reservas forrajeras constituyen una estrategia de acción correcta. Sería necesario complementarla con esfuerzos de validación de tecnología a nivel de los productores que trabajan en la frontera tecnológica a los efectos de reforzar la interacción entre la investigación y la producción de forma de definir una trayectoria tecnológica de mayor potencial a la actual.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aigner, D. J. C., Lovell A. K. y Schmidt P.** (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Function Models", *Journal of Econometrics*, 6(1):21-37.
- Battese, G. E. y Corra G. S.** (1977). "Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21(3):169-79.
- Bravo-Ureta, B., y Rieger L.** (1991). Dairy Farm Efficiency Measurement Using Stochastic Frontiers and Neoclassical Duality, *American Journal Agricultural Economics*, 421-428.
- Christensen, L., Jorgenson, D., y Lau, L.** (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers, *The Review of Economics and Statistics*, vol LV (1): 28-45.
- Debreu, G.** (1951). The Coefficient of Resource Utilisation, *Econometrica*, 19(3):273-92.
- Durán, H.** (1991). "Investigación Aplicada en Lechería" en Pasturas y Producción Animal en Areas de Ganadería Intensiva. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA. Serie Téc. No 15. Noviembre de 1991.
- Farrell, M. J.** (1957). "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120:3,253-81.
- Greene, W. H.** (1980). Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Functions, *Journal of Econometrics*, 13(1): 24-56.
- Jondrow, J., Lovell, K., Materov, I. y Schmidt, P.** (1982). On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model, *Journal of Econometrics*, 19(2/3): 233-238.
- Koopmans, T. C.** (1951). An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities, en T. C. Koopmans ed., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13 New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Meeusen, W. y van den Broeck J.** (1977). "Efficiency Estimation From Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error", *International Economic Review*, 18(2):435-44.
- Schilder, E., y Bravo-Ureta, B.** (1993). *Análisis de la Eficiencia Técnica Mediante Funciones Estocásticas de Frontera: El Caso de la Cuenca Lechera Central Argentina*, Mimeo.
- Stevenson, R. E.** (1980). Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation, *Journal of Econometrics*, 13(1): 58-66.
- Vaillant, M.** (1991). Eficiencia técnica en la lechería. En base a un modelo de funciones de producción de frontera tecnológica, en: La Agroindustria Láctea en el Uruguay: Su potencialidad exportadora, ed. por CEPAL y FAO.

Este libro se imprimió en los talleres gráficos de
Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L.
Montevideo - Uruguay

Edición Amparada al Art. 79. Ley 13.349

Depósito Legal 295.583/95

C 4655