

NACIONES UNIDAS

COMISION ECONOMICA
PARA AMERICA LATINA
Y EL CARIBE - CEPAL



Distr.
LIMITADA

LC/L.574 (Sem. 57/6)
LC/MVD/L.28
29 de junio de 1990

ORIGINAL: ESPAÑOL

Seminario sobre Potencialidades y Desafíos
de la Exportación de Productos Lácteos,
organizado por la División Agrícola Conjunta
CEPAL/FAO, la Oficina de la CEPAL en Montevideo
y la Representación de la FAO en Uruguay

Montevideo, Uruguay 19 al 20 de julio de 1990

EFICIENCIA TECNICA EN LA LECHERIA

En base a un modelo de funciones de producción de
frontera tecnológica

Este documento ha sido elaborado por el señor Marcel Vaillant, Consultor de la División Agrícola Conjunta CEPAL/FAO en el marco del Proyecto Políticas para el fortalecimiento de las cadenas agroindustriales bajo el convenio de cooperación de la CEPAL y el Gobierno de los Países Bajos. Las opiniones expresadas en este trabajo son de la exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de las instituciones organizadoras de la reunión. No ha sido sometido a revisión editorial.

90-6-954

I N D I C E

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
II. EL PROBLEMA TECNOLOGICO EN LA LECHERIA	2
A. La disponibilidad tecnológica	2
B. El cambio técnico	5
C. Los trabajos a nivel de predio	9
III. ENFOQUE TEORICO Y METODOLOGICO	11
A. Función de producción: conceptos y definiciones ...	11
B. La frontera eficiente	12
C. Las medidas de eficiencia	13
D. Metodología de estimación	17
IV. BASE DE DATOS Y PRESENTACION DE RESULTADOS	19
A. Ubicación de la Cuenca Sur	19
B. Base de información y especificación del modelo de producción	20
C. Presentación de los resultados	22
1. Estimación de las funciones promedio y de frente	22
2. Los índices de eficiencia a nivel de predio	25
3. Las medidas estructurales	27
V. SINTESIS Y CONCLUSIONES	32
ANEXO A: LA FRONTERA EFICIENTE	34
ANEXO B: PONDERACIONES EN LA FUNCION DE PRODUCCION PROMEDIO	36
ANEXO C: CONSTRUCCION DE LA BASE DE DATOS	37
ANEXO C: ESTADISTICAS COMPLEMENTARIAS	40
BIBLIOGRAFIA	44

I. INTRODUCCION

El crecimiento del sector lechero está limitada por el abastecimiento del insumo agropecuario a la industria. En los últimos diez y ocho años la intensa expansión industrial logró realizarse gracias a una doble dinámica. La producción de leche creció a una tasa acumulativa de un 1.3% mientras que la remisión lo hizo a un ritmo de un 4.6%. En la actualidad alrededor de un 70% de la producción de leche se remite a plantas industriales (Tansini, R. , 1989). El expediente de reorientar la producción como mecanismo para garantizar el abastecimiento de cantidades crecientes de leche a la industria está empezando a agotarse. Por lo tanto, si se pretende continuar con el proceso de expansión del sector el mismo debe estar acompañado por un aumento más intenso de la producción de la base agropecuaria.

La estrategia de crecimiento del sector parecería dirigirse a lograr alcanzar importantes incrementos en la producción de leche sin la incorporación de nuevos productores. En este sentido, se apuesta a una mayor productividad de las empresas lecheras establecidas.

Se busca recorrer un camino que implique mejorar las condiciones de vida de los productores que hicieron posible el crecimiento industrial. Los grupos sociales que están presentes en la industria se encuentran estrechamente entrelazados con los productores agropecuarios. De ahí que la problemática del sector no es ajena a la industria. Se establece una relación que trasciende la simple relación de compra-venta del insumo.

A pesar del dinamismo sectorial subsiste un amplio conjunto de empresas lecheras que tiene niveles de producción que no alcanzan a cubrir un nivel de ingreso familiar "mínimo". Los propios productores lo sitúan en un nivel de 60000 lts/año. En el año 1987 alrededor de la mitad de los productores remitentes a CONAPROLE se encontraban en esta situación. Se manifiesta que una meta deseada es lograr que las empresas lecheras llegen a un nivel de 200000 lts/año.

El objetivo de este trabajo es analizar la potencialidad y los límites que tiene la propuesta de aumentar la producción en base a un incremento de la productividad de los predios lecheros. En la segunda sección se consideran las características de la tecnología disponible. En la tercer sección se expone el enfoque teórico y metodológico a utilizar, el cual implica la especificación y estimación de funciones de producción promedio y de frontera tecnológica. En la cuarta sección se desarrollan los resultados. En la quinta y última se concluye el trabajo con una exposición de las principales conclusiones.

II. EL PROBLEMA TECNOLÓGICO EN LA LECHERÍA:

Dinamismo en la adopción y escasa generación de conocimiento

A. LA DISPONIBILIDAD TECNOLÓGICA

Uno de los factores tecnológicos de mayor incidencia en los resultados productivos de la lechería en el Uruguay es el referido a la alimentación del ganado. La disponibilidad tecnológica para la producción de la base alimenticia se basa fundamentalmente en los conocimientos acumulados en materia de implantación, adaptación y manejo de pasturas artificiales desarrollados para la ganadería de carne a inicios de la década del setenta.

La adopción de mejoramientos plurianuales ha sido reducida en la ganadería vacuna. En contraste la incorporación de este tipo de tecnología es uno de los cambios técnicos más trascendentes en la evolución de la lechería en los últimos veinte años y ha estado sin duda en la base de la expansión de la producción del sector. Sin embargo, la generación de conocimientos agrónomos específicamente orientados a la producción lechera continua siendo escasa en el país tal cual lo planteaban Paolino C. y Peyrou J. (1982) a inicios de la década.

La investigación orientada específicamente a la tecnología nutricional del ganado lechero es muy reducida, sobre todo si se considera la importancia de la adopción de pasturas permanentes en la lechería. Los estudios referidos a la nutrición del ganado lechero son marginales. No existe suficiente información sobre el manejo de las praderas, bajo distintas condiciones de pastoreo y carga animal. Los restantes elementos de la oferta forrajera (suplementación, praderas anuales) han sido también escasamente estudiados, especialmente en lo que se refiere a cual es la interrelación más recomendable entre ellos.

En materia de reservas forrajeras la investigación también está detrás de la realidad tecnológica a nivel de predio. La tendencia a la generalización de uso de ensilados y henos, en las escalas medias y grandes de producción, no está en relación con las pocas investigaciones que el país cuenta en la materia. La suplementación con voluminosos (henos y silos) se ha incrementado en el período 1979-1987 de 0.18 kg por litro de leche producida a 0.33 kg/lts, para la empresa promedio de la Cuenca Sur (ver cuadro I).

Respecto al nivel genético del rodeo lechero se ha afirmado que el mismo no constituye una traba a la expresión del potencial productivo de la lechería en el Uruguay (Paolino, C , Peyrou J., 1982). Sin embargo de levantarse las restricciones que afectan la oferta forrajera posiblemente esta área de cambio técnico requiera de un nuevo avance.

No existe una línea de investigación orientada a coordinar y cohesionar el conjunto complejo de factores involucrados en la producción lechera. Siendo este diagnóstico compartido por los técnicos y también destacado en trabajos recientes sobre el sector (ver Fernanadez E., Rimoldi J.A., 1988).

Una reciente investigación sobre el sistema de Ciencia y Tecnología en el Uruguay analizó el conjunto de proyectos de investigación que se desarrollan a nivel institucional en el país (Argenti G., Filgueiras C. y Sutz J., 1988). De este relevamiento surge que el 27% de un total de 764 proyectos tienen como primer campo de aplicación a la agricultura, la ganadería y la pesca. Menos del 5% de los proyectos con campo de aplicación en el sector primario se orientan directamente a la lechería. Cuatro de los cinco proyectos de investigación identificados están orientados al estudio de trastornos fisiológicos o distintas patologías del ganado lechero. Únicamente un proyecto está referido a la producción de forraje y nutrición del ganado lechero, evaluando en una Unidad Experimental las aptitudes productivas de diferentes sistemas de producción de pasturas. Esta labor se viene realizando en la estación experimental del Centro de Investigaciones Agropecuarias Alberto Boerger (CIIAB- La Estanzuela) en el desarrollo de sistemas lecheros de producción.

Cuadro I

Proyectos de Investigación directamente vinculados a la Lechería en desarrollo en el país

Tema	Número Investigadores	Institución
Identificación de receptores en el Tejido mamario	2	Facultad de Veterinaria
Detección subclínica de mastitis en vacas	2	Facultad de Veterinaria
Infertilidad en ganado lechero	4	MGAP- Laboratorio Rubino
Prevalencia de leucosis bovina en establecimientos lecheros	2	MGAP- División Virología
Sistemas lecheros	3	MGAP- CIABB

Fuente: elaboración propia en base a información de Argenti G. et al 1988.

En particular, se destaca el esfuerzo que se viene desarrollando en el marco de un convenio que involucra a organismos nacionales de investigación (CIABB), a agentes financiadores de proyectos de desarrollo (GTZ, Alemania) y a representantes del sector privado (Conaprole y Asociación Nacional de Productores de Leche). En efecto, en mayo de 1987 se firma un convenio entre las mencionadas instituciones que tienen por objeto fortalecer el funcionamiento de la Unidad Experimental de Lechería y de las áreas de trabajo relacionadas a la misma.

La línea de investigación referida está orientada a estudiar como combinar las variedades forrajeras disponibles para optimizar la producción de forraje minimizando los costos de producción. El incremento en la producción busca optimizar el uso del suelo todo el año, dando una participación creciente a los cultivos forrajeros anuales de verano y eventualmente a los cereales de invierno con fines forrajeros para realizar ensilajes (Durán H., Bassewitz H., 1989).

El proceso de adopción tecnológica en la lechería presenta características peculiares. El mismo no ha seguido un plan orgánico de transferencia desde un "saber" tecnológico originado en los centros de investigación agropecuario utilizando los mecanismos de difusión establecidos para promover la incorporación de mejoras técnicas de los productores.

El cambio técnico ha estado pautado por la propia dinámica del sector privado e impulsado desde la industria a través de una mayor demanda del insumo. La demanda de la industria se expresa a través del precio de la leche (industria) al productor¹. El nivel deseado de producción de la industria láctea se deriva de las condiciones de precios de exportación (ingreso marginal). El precio de la leche al productor se determina de forma que la industria pueda abastecerse del insumo en la cantidad deseada (ver Forteza, A 1989). Además, la demanda de leche se respalda con un apoyo crediticio para insumos tecnológicos y equipos. Estos dos factores influyen en el proceso de adopción de tecnologías, a través del financiamiento de los cambios técnicos y las condiciones de rentabilidad de los mismos.

El crecimiento de la industria se dio asociado a un incremento de la producción de derivados lácteos y hacia una mayor orientación a la exportación de estos últimos (Tansini, R., 1989). Este proceso implicó que los requerimientos en materia de calidad de la leche aumentarían. Nuevamente la industria cumplió un papel activo incentivando a los productores (vía mecanismos de precios y

¹ En el Uruguay la normativa vigente distingue entre dos tipos de precios. Por un lado se encuentra el precio de la leche cuota que es el destinado a producir la leche fluida para el abastecimiento del consumo. El otro precio (leche industria) es el que se le aplica al producido por encima de la cuota perteneciente al productor.

crediticios) a realizar cambios tecnológicos. En este caso específico (calidad de la leche) las transformaciones se concentran a nivel de la sala de ordeño. De entre ellas se destacan la mayor mecanización de la labor y la utilización de tanques de frío para el almacenamiento de la leche. Esto último permite a su vez una mayor eficiencia en el proceso de transporte de la leche del tambo a la industria.

El crecimiento de la producción se dio utilizando los conocimientos tecnológicos disponibles y desarrollando sobre la marcha los pedazos faltantes del mismo. Este, ha sido un proceso de cambio que estuvo pautado por una dinámica de "aprender haciendo". En esta transformación ocuparon un papel central los técnicos involucrados en el hacer productivo del sector. Este colectivo de profesionales ha debido responder a una doble demanda de generación y transferencia tecnológica. Encontrándose en regulares condiciones para un buen desarrollo de la tarea de generación por el escaso apoyo institucional a su favor y la especialización que la misma requiere. A nivel institucional esta dinámica de desarrollo tecnológico contó con la activa participación de la industria la cual apoyo la adopción de cambios tecnológicos promoviendo la difusión y mediante el otorgamiento de líneas de crédito específicas.

En los últimos años se viene realizando una labor de registro de los resultados productivos y económicos a nivel de empresa, utilizando para ello modernas técnicas de procesamiento de datos. La información es empleada a nivel de la gestión microeconómica y sirve de base también para la evaluación colectiva de los resultados de la actividad lechera. Existe un entremado de grupos de productores que con el apoyo profesional de algún técnico realizan un intercambio permanente de experiencias, ponen en práctica cambios técnicos y se asocian en ciertos casos para la adquisición de nueva maquinaria ².

² Dentro de los agrupamientos de productores se destacan los GRUPOS CREA LECHEROS por la calidad de la labor desarrollada. Pertenecen a la Federación Uruguaya de Centros Regionales de Experimentación Agropecuaria (FUCREA) creada en el país a mediados de la década del sesenta. En los últimos años han tenido un gran desarrollo los agrupamientos lecheros. La forma de trabajo es la siguiente: cada grupo de productores tienen reuniones periódicas donde se discuten e intercambian experiencias referidas a la producción. Cada grupo contrata a un técnico. Predominantemente son Ingenieros Agrónomos aunque muy recientemente se están integrando también Médicos Veterinarios. El profesional le presta su servicio a cada productor y es el encargado de coordinar la dinámica del grupo. Una vez al mes todos los técnicos de los CREA LECHEROS se reúnen en Montevideo en donde organizan jornadas de actualización e intercambio técnico.

B. EL CAMBIO TECNICO

El esfuerzo a nivel privado ha permitido que, a pesar de las restricciones enumeradas en materia de generación de conocimientos, para un conjunto de condiciones específicas de dotación de factores productivos, exista un paquete de recetas tecnológicas con un cierto nivel de adaptación y predecibilidad en los resultados productivos. La incorporación y predecibilidad en los resultados productivos. La incorporación de praderas permanentes, como uno de los pilares de la oferta forrajera, constituye una de las partes centrales del paquete tecnológico disponible.

Cuadro II

Empresa lechera promedio Cuenca Sur ^(a)

	1987	1979
Producción total (lts)	120189	106048
Remisión (lts)	107971	93041
Superficie lechera (has)	125	129
Unidades lecheras (UL)	108	105
Praderas Permanentes (has)	37	31
Praderas anuales (has) ^(b)	7	8
Suplementación voluminosos (ton)	38.8	19.5
Suplementación concentrados (ton)	21.0	22.5
Empleo (eqh)	3.2	3.0
Numero de empresas	3144	2634

^(a) la cuenca Sur comprende los departamentos de Canelones, Florida y San José. (ver DIEA, 1981 y DIEA, 1988). Se incluyen únicamente los remitentes a Conaprole.

^(b) se promediaron las praderas anuales invernales y de verano.

FUENTE: elaboración propia en base a información de DIEA-MAGP ³.

El proceso de cambio técnico en la lechería en el Uruguay tiene más de dos décadas de desarrollo con niveles de dinamismo

³ La unidad lechera es una medida del tamaño del rodeo lechero de acuerdo a los requerimientos nutricionales de cada categoría (para una definición más precisa ver anexo A). Las praderas permanentes incluyen: cambios artificiales del tapiz con mezclas de leguminosas y gramíneas; pasturas de alfalfa; otros mejoramientos duraderos con aporte de semillas y fertilizantes. Las praderas anuales son mejoramientos de ciclo corto se destacan en esta categoría las avenas y los "raigrass" de invierno y el sorgo forrajero en el verano. La suplementación con voluminosos agrupa reservas forrajeras tipo silos (pradera, maíz, etc) y al heno (alfalfa, pradera, etc). En la suplementación con concentrados se encuentran los granos de cereales y los distintos tipos de raciones.

importantes. En el año 1963 la producción por vaca masa se situó en 1371 lts (ver CIDE, 1967) ⁴. En el cuadro II se observa que en el año 1979 este indicador de eficiencia técnica se situaba en 1934 lts por vaca masa, lo que implica una tasa de crecimiento acumulativo de 2.2% anual de la productividad por vaca. En el período más reciente (1979- 1987) el ritmo de cambio aumenta a un nivel de 2.8% lo cual sitúa la productividad en el año 1987 en 2410 lts por vaca masa.

En los ocho años considerados (ver cuadro I y II) los rendimientos promedio por hectarea lechera crecieron a una tasa acumulativa anual de aproximadamente un 2% (un 17% en el período). La empresa representativa de la Cuenca Sur pasó de tener menos de un cuarto de la superficie lechera con praderas permanentes a un nivel de adopción de un 30%. La reestructura de la oferta forrajera también puede observarse en un mayor aporte de alimentos mediante el uso de reservas forrajeras (suplementación con voluminosos) sustituyendo a los concentrados y las praderas anuales.

A pesar de este esfuerzo el nivel de productividad medio sigue estando muy por debajo del potencial nacional. Si se considera el potencial de acuerdo los resultados de las investigaciones agronómicas (6600 lts/ha, Duran H. citado por ver Fernandez E., Rimoldi J.A., 1988) el promedio actual se sitúa en un 20% del nivel posible de alcanzar. Según estimaciones realizadas en este trabajo, en base a las mejores prácticas tecnológicas corrientes, sobre el potencial de la tecnología disponible, este guarismo se situaría entorno a un 50%. Es relevante retener estos resultados, los cuales se irán desarrollando y explicando a lo largo del informe.

Este fenómeno afecta las condiciones de competitividad del sector lechero a nivel internacional. Inserción que continua mostrando algunas dificultades a pesar de los indicios de liberalización recientes (ver Kaplan, M., 1989). El dinamismo del crecimiento de la lechería se orienta hacia una mayor apertura y las exportaciones ocupan el liderazgo de la expansión prevista. En consecuencia se requiere un incremento en la productividad de la producción lechera a nivel agropecuario que facilite el acceso de una mayor cantidad de producción al mercado externo.

⁴ Se mide la relación entre la producción de leche y la suma de vacas en ordeño y vacas secas (en cabezas).

Cuadro III
Rendimientos promedio Superficie, Unidad Lechera y Empleo

	1987	1979
Superficie lechera (lts/has)	962	822
Unidad lechera (lts/ul)	1113	1010
Vaca Masa (lts/vm)	2410	1934
Empleo (lts/eqh)	37559	35349

Fuente: idem 2.

Se ha señalado que las condiciones técnicas de la producción tradicional de leche se ajustan a muchos de los requerimientos asociados al paquete tecnológico disponible en materia de pasturas artificiales: mayor dotación de medios de producción; "agriculturización" del proceso pecuario; mejor infraestructura externa al predio debido a cercanías a los centros poblados.

Por otra parte, mientras el cambio en la estructura de la oferta forrajera en la pecuaria de carne implica una mayor intensividad en la producción, para la lechería la situación sería la inversa. En efecto las pasturas permanentes tienden a sustituir el uso de concentrados y mejoramientos anuales lo cual implica una mayor extensividad del proceso productivo. Se ha sostenido que el sentido del cambio técnico se ha orientado hacia un mayor tamaño de los predios y en consecuencia plantea la posibilidad de que un amplio número de productores queden imposibilitados de beneficiarse del mismo corriendo riesgos la viabilidad económica de su actividad productiva (Paolino C. y Peyrou J., 1982).

La función de producción lechera parecería no estar aún completamente escrita como para tener una idea clara del sesgo del cambio técnico. En particular esto parecería ser así en los estratos de tamaño medianos y chicos, donde la falta de respuestas tecnológicas es mayor. En contraste ha habido un desarrollo de las alternativas tecnológicas para los predios que cuentan con una mayor escala de producción. En la producción agropecuaria extensiva la escala de producción está fuertemente determinada por la disponibilidad del factor tierra ⁵.

⁵ En los últimos años, nuevamente a partir de un impulso del sector privado se verifica un esfuerzo por incorporar a los productores más chicos al desarrollo del sector. La industria lechera más grande del país (Conaprole) se encuentra desarrollando los "Planes Esperanza" para algo menos de un millar de productores con insuficiencia de recursos productivos (fundamentalmente capital). El respaldo consiste en apoyo en materia tecnológico y busca generar alternativas para levantar la restricción de capital. Entre ellas se destaca la creación de "campos de recría" (posibilitan la cría de los remplazos) y la asociación para la compra de maquinaria o el suministro directo de esta por parte de la industria. Es un proceso aún inmaduro que no ha evidenciado grandes frutos.

C. LOS ANTECEDENTES DE TRABAJOS A NIVEL DE PREDIO

Sere (1981) intentó cuantificar el efecto de los mejoramientos permanentes en la performance productiva de la empresa lechera. Le interesaba discutir varias hipótesis. Entre las cuales se destaca la referida a que las pasturas artificiales evidencian fuertes rendimientos marginales decrecientes. En este sentido no sería económico tener una proporción alta del campo con este tipo de mejoramientos. Para contrastar esta hipótesis estimó funciones de producción para el sector lechero a nivel de empresa. La evidencia empírica no le permitió encontrar rápidos rendimientos marginales decrecientes en los mejoramientos permanentes en los rangos de adopción presentes en su base de información (utilizó datos para el año 1978). Este resultado es consistente con la evolución posterior a esa fecha de una mayor adopción de pasturas artificiales.

Existen varios trabajos relativamente recientes que realizan una tipificación de los establecimientos lecheros. En general se busca asociar la intensidad de adopción de tecnología con características vinculadas al tipo de empresa (Paolino C., 1985 y Hernandez A., 1989). Se clasifican a los predios de acuerdo a la participación o a el nivel del trabajo familiar en la producción lechera. Se entiende que, mientras la función objetivo de un predio capitalista maximiza la rentabilidad del capital en el caso de los predios familiares se busca maximizar el nivel de ingreso. Esta diferente pautas de comportamiento afecta la adopción de tecnologías por parte de las empresas.

Uno de las limitantes fundamentales que presenta este tipo de enfoque, cuando se busca analizar el desempeño tecnológico, es que en la categoría de empresas familiares y transicionales quedan agrupadas la mayor parte de los predios lecheros. Existen empresa familiares que tiene dotación de recursos y resultados productivos marcadamente distintos.

En particular constituye un problema social específico un conjunto de productores lecheros con aguda escasez de recursos productivos que no alcanza a generar el nivel de producción necesaria para la generación de un ingreso mínimo. En función del nivel de ingreso que se utilice queda definido el grupo. Si se emplea como definición de ingreso mínimo el salario de un capataz, que implica un nivel de producción de 27000 lts/año (DIEA, 1989), este conjunto abarca a alrededor del 11% del total de los productores de la Cuenca Sur a partir de datos del año 1980.

Otro trabajo más reciente define al ingreso mínimo de forma más restrictiva (Barrios M., Mello R., Plata V., 1986). Es el ingreso necesario para abastecer una canasta de productos de consumo de una familia promedio y garantizar al mismo tiempo los niveles de reinversión que la tecnología actual requiere. Este implica un nivel de producción de alrededor de 100000 lts/año. De donde se deriva que alrededor del 70% de las empresas que remiten a Conaprole en la Cuenca Sur, estarían por debajo del mismo. En forma

independiente de la exactitud y estabilidad de ambas estimaciones, las cuales podrían discutirse, resulta clara la importancia de incorporar la dimensión económico-social al análisis. En especial la referida al nivel de ingreso en las empresas familiares. Este tema excede las posibilidades de este trabajo el cual se especializará en los aspectos tecnológicos, pero debería ser especialmente considerado en futuras investigaciones.

El grado de variabilidad de los parámetros tecnológicos, en las empresas familiares, es muy alto. Desde este punto de vista son agrupamientos muy inestables. Se busca construir grupos más homogéneos para lo cual se introducen variables tecnológicas. La minuciosidad en la descripción de cada uno de los grupos y subgrupos supera parcialmente la dificultad de la heterogeneidad original de los mismos. Si bien se alcanza a tener una idea detallada de la situación tecnológica a nivel de empresa la misma se logra en perjuicio de conseguir una percepción global del fenómeno (ver DIEA, 1989). Además, los estudios disponibles tienen el inconveniente adicional de estar basados en información del Censo Agropecuario de 1980 o inclusive de años anteriores. Dada la dinámica del cambio técnico en el sector la realidad tecnológica a variado a lo largo de la década, lo cual justifica una nueva aproximación al tema con información más reciente y un enfoque distinto.

III. ENFOQUE TEORICO Y METODOLOGIA DE TRABAJO

A. FUNCION DE PRODUCCION: CONCEPTOS Y DEFINICIONES

La relación funcional que se establece entre el nivel máximo de producto y todas las posibles combinaciones de los insumos utilizados se denomina función de producción y representa la forma más eficiente de transformar los insumos en productos:

1) $Y = F(X)$ donde $X = (x_1, \dots, x_n)$

Las estimaciones de funciones de producción promedio (FPP) se basan en el supuesto que los empresarios operan en la función de producción. Sin embargo, en el mundo real las ineficiencias técnicas son lo prevaeciente. De ahí que se considere inconsistente por algunos autores (Leibenstein H., 1966 citado por Bravo Ureta B., 1983) el uso de FPP.

Otra perspectiva que discute el uso de FPP como representativas de la técnica de producción es la teoría de la producción denominada "Putty-Clay". La misma incorpora flexibilidad en la sustitución de factores ex-ante (en el momento de realizar la inversión) y una función de producción de coeficientes fijos luego de realizar la decisión técnica (ver Forsund F., Hjalmarsson L., 1987).

La noción tradicional se asienta en el supuesto de que existe una empresa representativa. Cuando se estima una función de producción promedio se asume que todas las unidades de producción tienen la misma tecnología afectadas por una cierta aleatoriedad en torno a un resultado medio. Se utiliza una técnica estadística que minimiza los desvíos a ambos lados de la función a estimar. En contraste en el enfoque "putty-clay" se define una función de producción de corto plazo que explícitamente considera la agregación de las funciones de producción ex-post (con factores fijos) que implican tecnologías diferentes.

La función de producción ex-ante es la existente en el momento de realizar la inversión y cuando la decisión tecnológica se realiza. Se caracteriza como una función de producción tradicional con posibilidades de sustitución continuas. La función de producción de corto plazo esta reflejando la historia de las distintas funciones de producción ex-ante a lo largo del tiempo.

Existen diferentes formas para realizar la estimación de la función de producción ex-ante desde aproximaciones ingenieriles hasta la determinación de funciones de frontera tecnológica. Estas últimas se obtienen a partir de la performance observada de las unidades productivas que obtienen los mejores resultados tecnológicos en su práctica productiva corriente.

Otro enfoque consiste en realizar una definición a partir de los parámetros que se derivan de un enfoque teórico ingenieril de la producción. Dentro del mismo podrían distinguirse entre dos tipos de situaciones: las funciones de producción que resumen las recetas tecnológicas disponibles y aceptadas (para la lechería sería el caso de los coeficientes técnicos empleados en la confección de la paramétrica de costos que se utiliza como base de la fijación del precio de la leche por DIPYPA); las recomendaciones derivadas del conocimiento más moderno no adoptadas todavía en la práctica (ejemplificando con el caso lechero uruguayo sería el resultado de las investigaciones agrónomicas en el CIAAB).

Este estudio se va a concentrar en el análisis de las funciones de frente tecnológico a partir de la performance observada de las unidades productivas que obtienen los mejores resultados tecnológicos. Se aporta una nueva perspectiva para analizar la disponibilidad tecnológica a partir de los mejores resultados productivos de la cuenca lechera. La utilización de la estimación de la función de producción de frente tecnológico se orienta a establecer a la misma como patrón de medida con el que comparar el desempeño de las unidades productivas individuales y establecer una medida de eficiencia técnica global.

El Uruguay cuenta con una investigación realizada con un enfoque teórico metodológico similar aplicado a un análisis comparativo de la industria láctea uruguaya con la sueca (ver Tansini, R., 1989). En este sentido, este trabajo constituye un nuevo avance para construir una base común que permita estudiar en profundidad la relación industria base agropecuaria.

B. LA FRONTERA EFICIENTE ⁶

Para el universo de N empresas que producen un producto homogéneo Y , con un vector de insumos X (n elementos) las posibilidades de producción quedan representada por un conjunto de funciones de producción:

$$2) Y^j = f^j(X^j) \quad Y^j \in R_+, \quad X^j \in R_+^n \quad j=1, \dots, N$$

Estas funciones de producción son el conjunto de recetas tecnológicas sobre el cual se realiza la selección técnica en diferentes momentos del tiempo. Se define la frontera tecnológica como:

⁶ Una derivación analítica de la frontera eficiente se encuentra en el Anexo A.

$$3) F(X) = \max_j f^j (X^j)$$

La frontera tecnológica está formada por los tramos que obtienen el máximo de productos para un conjunto de insumos dados, relativos al conjunto de funciones de producción disponibles. Un caso especial es cuando la función de frente coincide con una de las funciones de producción ex-ante ($F=f$). Para clarificar este concepto se construyó el gráfico 1.

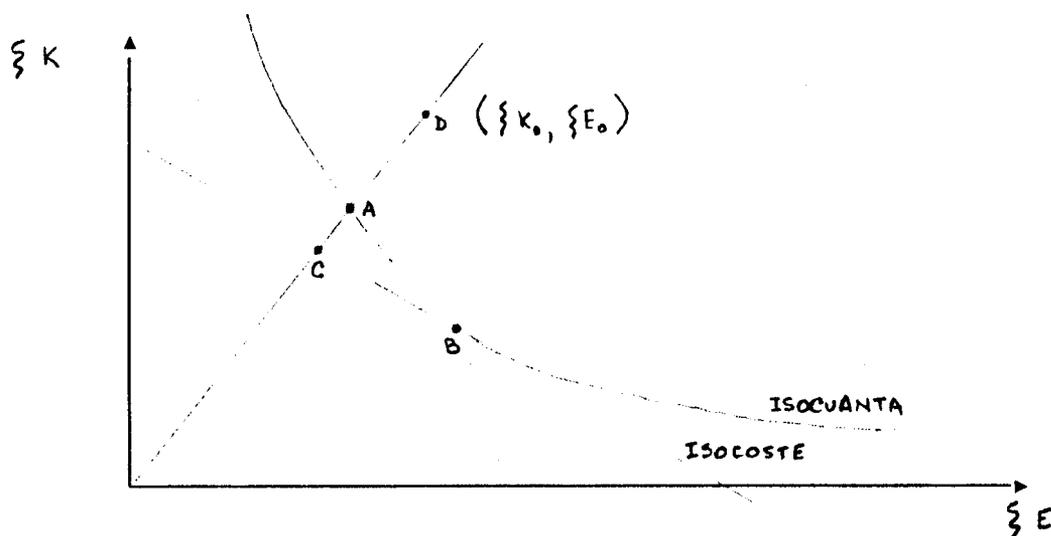
C. MEDIDAS DE EFICIENCIA

El término eficiencia es usado con frecuencia, en los estudios económicos y tecnológicos aplicados, sin asignarle un contenido preciso al mismo. En esta sección, se van a definir las medidas de eficiencia microeconómicas y sectoriales que se utilizarán en el análisis de la base agropecuaria del sector lechero en el Uruguay.

Comunmente se usa para medir la eficiencia la productividad promedio de un factor. En el caso de la lechería se emplean litros de leche por trabajador, por hectarea o por vaca. Sin embargo, estos indicadores de eficiencia presentan la restricción de evaluar únicamente un factor por vez sin considerar que intervienen otros insumos que también se encuentran afectando las productividades medias y marginales.

Para superar el problema de las medidas de eficiencia parciales Farrell (1957), propone comparar la performance de cada firma individual con la que tendría si utilizara la tecnología de frente. Para estimar la frontera utiliza la información de aquellas unidades productivas que obtienen los mejores resultados en la práctica y deriva una forma no paramétrica determinística de la misma. Al suponer una función homogénea de grado uno, la técnica de producción queda resumida en la isocuanta unitaria.

Gráfico 2

Medidas de Eficiencia de Farrell ^{a/}

Donde:

OA/OD= EFICIENCIA TECNICA; OC/OA=EFICIENCIA DE PRECIO;
 EFICIENCIA TECNICA * EFICIENCIA DE PRECIO=
 EFICIENCIA ECONOMICA= OC/OD.

^{a/} Funciones homogéneas con rendimientos constantes.

La distancia de cada punto a la frontera eficiente es la medida de eficiencia técnica utilizada y representa la cantidad de insumo que se podrían ahorrar para producir la misma cantidad de producto. Farrell también incorpora el estudio de la eficiencia de precios como el otro componente de la eficiencia económica global. La misma puede visualizarse como el movimiento a lo largo de la isocuenta con el objeto de determinar la combinación óptima de factores dados los precios relativos de los mismos. Esta investigación se especializará en la eficiencia técnica no incorporando a la investigación el estudio de la curva de isocostes.

Es posible realizar generalizaciones de las medidas de eficiencia técnica de Farrell que abarque también el caso de otro tipo de funciones no homogéneas o de grado distinto de uno. Se asume que una única función de producción representa adecuadamente a la frontera eficiente ($F=f$). Supongase un radio a lo largo de la función de producción en donde la combinación de factores a lo largo del mismo es idéntica. Se puede representar esta idea de la siguiente forma:

$$4) Y = f(\mu \cdot X^0) \text{ con } X = \mu \cdot X^0$$

Las medidas de eficiencia propuestas se estudian para un radio μ de la función de producción y a lo largo del mismo es que se miden las distancias de cada punto, en diferentes direcciones,

hacia la frontera eficiente. En la literatura se denominan medidas de eficiencia radial (ver Forsund F., Hjalmarsson L., 1987).

Si estamos en un valor observado X^0 (factores de producción) en que se obtiene la cantidad de producto Y_0 es posible preguntarse con cuanto nivel de insumos podría producir la misma cantidad de producto en la frontera eficiente. Esto implica medir la distancia a la frontera en la dirección de la cantidad de factores y la medida que se deriva de ahorro de factores es la siguiente:

$$5) EI = \mu_1 \text{ donde } \mu_1 \text{ se obtiene resolviendo } Y^0 = f(\mu_1 \cdot X^0)$$

Otra alternativa es preguntarse que nivel de producto sería posible de alcanzar, si se estuviera sobre la frontera técnica de producción, con el nivel de factores observados. Esta otra opción implica medir la distancia en el sentido del producto y la medida que se deriva de expansión del producto es la siguiente:

$$6) EP = Y_0/Y^* \text{ con } Y^* = f(X^0)$$

En el caso de las funciones homogéneas de grado distinto a uno la relación que se establece entre las dos medidas de eficiencia es la siguiente:

$$7) EP = \mu_1^\epsilon \text{ por lo tanto,}$$

$$8) EP = EI^\epsilon$$

Si existen rendimientos crecientes la medida de eficiencia de ahorro de insumos (EI) es menor que la de expansión de producto (EP) y a la inversa con rendimientos decrecientes. Ambas medidas coinciden cuando la función es homogénea de grado 1 (situación planteada por Farrell, 1957).

Para el caso de funciones no homogéneas se demuestra que la relación entre las medidas EI y EP es la siguiente:

$$9) EP = EI^{\epsilon_p} \text{ donde } \epsilon_p = \ln EP / \ln EI \text{ con } \epsilon_p - \text{elasticidad promedio.}$$

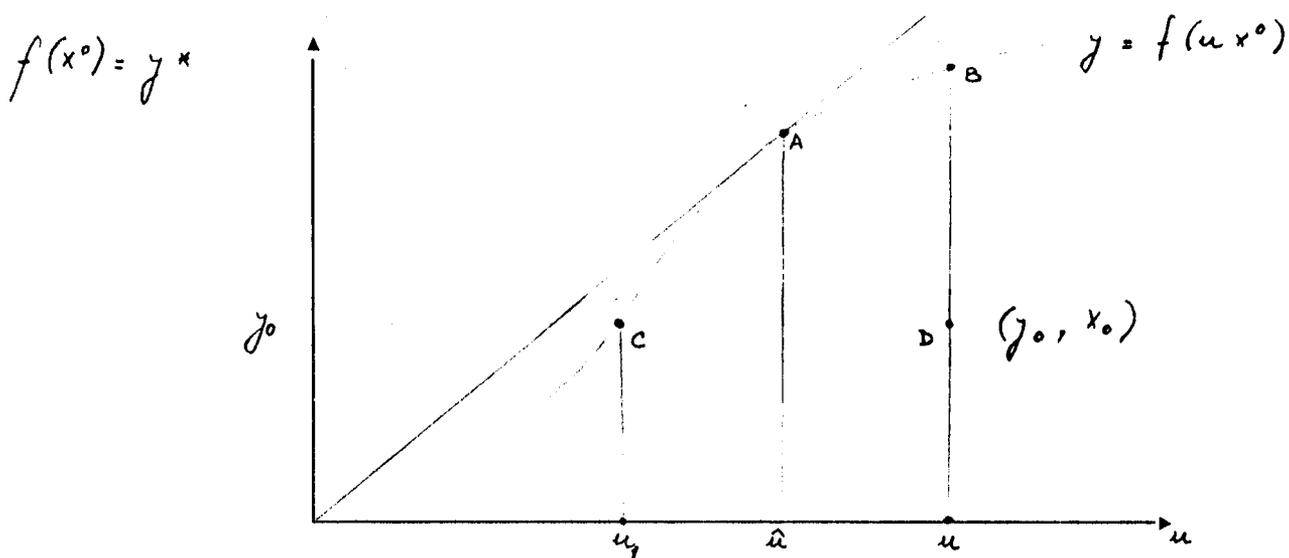
Puede establecerse una tercer medida de eficiencia en este tipo de funciones no homogéneas. La misma está vinculada a la distancia que separa a la escala actual de la escala óptima. En el gráfico 3 la escala óptima esta representada por el nivel μ^* , en este punto puede observarse que la elasticidad de escala es unitaria. El movimiento hacia la frontera tiene dos componentes uno para situarse sobre ella (alternativamente en la dirección de los factores o del producto) y luego a lo largo de la frontera eficiente hacia la escala óptima que es aquella en donde se cumple que $\epsilon=1$.

Otra medida de eficiencia de importancia analítica es que la que puede derivarse para el conjunto del sector. La idea de eficiencia estructural es tener una medida de la magnitud en que todo el sector puede mejorar su performance si se situa al nivel de la práctica tecnológica de sus mejores empresas. Una posibilidad

es ponderar los índices de eficiencia a nivel de empresa por el nivel de producción de cada una. Forsund y Hjalmarsson (1987) critican esta alternativa y proponen generar una firma representativa para lo cual se debe construir promedios de cada variable. Luego se miden los indicadores de eficiencia como si fuera un caso más. De esta manera se tiene una idea más cercana a las posibilidades de expansión de la producción con los recursos dados para el total del sector (de igual forma para el ahorro de insumos si este fuera el interés).

Gráfico 3

Medidas de Eficiencia Generalizadas



Donde: μ - escala actual unitaria; y^0 - nivel de producto observado; x^0 - factores de producción observados; μ_1 - escala correspondiente al ahorro de insumos; y^* - nivel de producción en la frontera.

D. METODOLOGIA DE ESTIMACION DE LA FRONTERA TECNOLOGICA

Definida la función de frente se plantea el problema de como resolver su estimación. Se supone que la frontera coincide con una de las funciones de producción ex- ante ($F=f$). Entonces se puede escribir en general que:

$$10) Y^j = f(X^j) \cdot e^j, \text{ con } e^j \in (0,1] \quad j=1, \dots, N$$

El término e^j representa la eficiencia técnica de la empresa j medida en el sentido de las posibilidades de expansión del producto (EP). Existen basicamente dos aproximaciones generales para estimar f . La primera de ellas considera que todas las observaciones deben estar sobre o por debajo de la frontera. La misma recibe la denominación de aproximación determinística. El otro enfoque permite la existencia de una aleatoriedad entorno a la frontera lo cual admite que algunos casos puedan situarse por encima de ella.

En esta investigación se utilizará el enfoque determinística. La principal crítica que se le realiza al mismo es que los resultados obtenidos son muy sensibles a los puntos extremos del universo. Este defecto puede resolverse parcialmente realizando un análisis de sensibilidad de los resultados a cambios en la muestra.

Se va a desarrollar el problema para una función de producción homogénea con dos factores (empleo y capital) aunque el mismo tiene validez general para otro tipo de funciones y para más factores de producción:

$$11) Y_j = A \cdot E_j^{a_E} \cdot K_j^{a_K} \cdot e_j \text{ lo que implica que}$$

$$12) \ln Y_j = \ln A + a_E \cdot \ln E_j + a_K \cdot \ln K_j + \ln e_j$$

La función objetivo es minimizar la suma de las distancias de cada caso a la frontera eficiente. Forsund y Hjalmarson (1987) señalan que el objetivo natural con la información disponible es plantear que las observaciones esten lo más cerca posible de la frontera, sujeto a la restricción de que se trata de una función de frente lo que se traduce en que el valor estimado sobre la función debe ser mayor al valor observado. Además se establecen las restricciones tradicionales sobre los parámetros de la función de producción. De esta forma queda planteado un problema de programación lineal a optimizar en los parámetros de la función de producción:

$$13) \min_{a_E, a_K} - \sum_j \ln e_j \text{ sujeto a que } \ln e_j \leq 0 \text{ y } a_E, a_K \geq 0$$

Realizando las sustituciones respectivas y dividiendo por el número de casos en la función objetivo, se llega al siguiente resultado:

$$14) \min_{a_E, a_K} \ln A + a_E \cdot \ln E + a_K \cdot \ln K - \ln Y \text{ sujeto a } \ln Y_j \leq \ln Y_j^*$$

y $a_E, a_K \geq 0$ donde: $\ln Z$ - promedio del logaritmo de Z ,

con $Z = \{E, K, Y\}$.

El análisis de sensibilidad que se le realizan a los resultados es el propuesto por Timmer (1971). Esta aproximación implica estimar la función de producción utilizando todas las observaciones y luego reestimar descartando una proporción predeterminada de las firmas más eficientes (función de producción de frente probabilística). Otra alternativa consiste en ir eliminando observaciones sobre la frontera hasta que el vector de parámetros se estabilice.

IV. BASE DE DATOS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

A. UBICACION DE LA CUENCA SUR EN LA LECHERIA NACIONAL

En virtud de que, la información más detalla y reciente que se dispone está exclusivamente referida a la Cuenca Sur del país, es relevante tener una idea general sobre la importancia relativa de la misma respecto a la totalidad del sector, así como sus características más destacables.

La cuenca sur está formada por los departamentos de Canelones, San José y Florida cercanos a la ciudad de Montevideo a la cual abastecen de leche. En el año 1987 más de la mitad de la producción de leche de todo el país se encuentra en estos tres departamentos, situación que se mantiene desde principios de la década (ver DIEA, 1988 y Valdes L. DIEA-IICA, 1984). En el año 1980 de las 8896 explotaciones lecheras un 46% se ubicaba en una zona definida por sectores censales ubicados en su inmensa mayoría en esta cuenca ⁷.

Valdés (1984) destaca a esta cuenca como la región de mayor eficiencia relativa respecto a la cuenca del departamento de Colonia y del litoral noroeste (departamento de Paysandú). Esta conclusión se basa en la mayor productividad por animal lechero. En el año 1980 de los 504:532502 litros de leche producida un 56% era aportado por esta zona. En tanto de las 669827 cabezas de ganado lechero un 50% se concentra en ella.

Esta zona lechera es particularmente importante para la principal industria lechera del país. Más de las dos terceras partes de la remisión a Conaprole provienen de la Cuenca Sur (ver DIEA, 1988). Este conjunto de cifras permiten ilustrar la significación y la representatividad del universo a analizar, pero al mismo tiempo son útiles para relativizar los resultados a los que se arribe.

B. BASE DE INFORMACION Y ESPECIFICACION DEL MODELO A ESTIMAR

Se utilizó como información los datos a nivel de empresa lechera provenientes de una encuesta realizada en el año 1987 por la Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias, División de Estudios Económicos (DIEA). El objetivo de la encuesta era proveer la información necesaria para la actualización de los coeficientes técnicos que se utilizan en la determinación del precio de la leche (División de Programación y Política

⁷ No existe una equivalencia estricta entre la definición de Cuencas geográfica y zonas lecheras de acuerdo a los criterios con los cuales trabajó Valdes (1983). Sin embargo, es la mejor de las aproximaciones posibles de realizar para tener una idea de la magnitud relativa de esta región.

Agropecuaria- MGAP). Además de este propósito presenta una gran utilidad para el análisis del sector ⁸. Esta base de datos constituye la más reciente de las "fotografías" disponibles de una región lechera de primera importancia en el país ⁹.

La encuesta fue formulada a una muestra de 331 productores (n) remitentes a CONAPROLE localizados en la Cuenca Sur (comprende los departamentos de Canelones, San José y Florida los más cercanos a la ciudad de Montevideo). El diseño de la misma estuvo basado en una estratificación de las matrículas de remisión por el volumen de las mismas ¹⁰. Se censaron las matrículas de mayor tamaño y se muestrearon las de menor dimensión. La expansión de los resultados se realiza a 3144 empresas lecheras (N).

Se optó por una especificación de la forma funcional de la función de producción (tipo Cobb- Douglas) con coeficientes a escala constante (ver Anexo A la relación 8)) sin la restricción de homogeneidad de grado 1 de la función. Se utilizó también otra especificación que presentaban rendimientos a escala dependientes del nivel de producción (ver Anexo A 6) y 7)) pero la evidencia

⁸ Es de destacar la valiosa colaboración que prestó la DIEA autorizando el acceso de la CEPAL (Oficina de Montevideo) a la información de base a nivel de formulario. Permitiendo el acceso a nivel de la base informática lo cual posibilitó este trabajo. En particular, el Ing Agr Alfredo Hernandez coordinador y responsable de la encuesta prestó un invaluable apoyo.

⁹ Existe una abundante producción de información a nivel de empresa lechera por el sector privado. A nivel de la industria se manejan base de datos con información de gastos de producción por empresa. Algunas organizaciones de productores han montado mecanismos de recolección de datos que resumen la historia tecnológica de una gran cantidad de productores. Sin embargo, se enfrentan algunos inconvenientes que condicionan la accesibilidad y la utilidad real de la información. No es información construida con el objetivo de ser utilizada para el análisis económico y el grado de procesamiento de la misma es muy heterogéneo. A su vez no toda esta a disposición de los posibles usuarios. Sin embargo, un esfuerzo de coordinación y sistematización de la misma podría generar una base de datos de gran valor para la labor de definición y el diseño de una política de crecimiento.

¹⁰ La industria tiene un registro de las matrículas de remisión. No necesariamente a cada empresa le corresponde una única matrícula. La empresa lechera queda definida como una unidad de producción que maneja un rodeo lechero (DIEA, 1988). El hecho de que la unidad de muestreo sea la matrícula, pero que se expanda a las empresas (unidad distinta), presenta algunos inconvenientes técnico- estadísticos que serán soslayados en este informe. El tamaño grande de la muestra permite presumir un buen comportamiento de las inferencias que a partir de la misma se realicen.

empírica no se ajustó a la misma ¹¹. Sobre esta base se construyó el siguiente modelo de la producción lechera para estimar a la función de producción promedio (FPP):

$$15) PRO^i = A. (PP_i)^{amp}. (PA_i)^{ama}. (SPL_i)^{aspl}. (E_i)^{ae}. (K_i)^{ak}. (e)^u$$

Donde: PP- praderas permanentes en hectareas; PA- praderas anuales en hectareas; SPL- suplementación en toneladas de megacalorías de energía metabolizable; E- empleo en equivalentes hombres; K- capital en US\$ de junio de 1987; u- es un término aleatorio con las propiedades tradicionales de normalidad (ver Anexo A). ¹²

A cada caso se le asocia un ponderador que permite expandir el resultado al universo:

$$16) PON_i = (n_i/N).N \text{ y } N = \sum_i n_i$$

Donde: n_i - es el número de empresas al cual se expande cada uno de los i casos de la muestra.

Se estimó (15) utilizando mínimos cuadrados ponderados, lo cual es equivalente a realizar una regresión con las variables transformadas por el ponderador.

Para la función de producción de frente tecnológico se estableció como función objetivo la siguiente relación:

$$17) \min \ln A + a_{mp} \cdot \ln MP + a_{ma} \cdot \ln MA + a_{spl} \cdot \ln SPL + a_e \cdot \ln E + a_k \cdot \ln K - \ln PRO$$

$$a_{mp}, a_{ma}, a_{spl}, a_e, a_k$$

donde $\ln X = \sum_i \ln X \cdot PON_i / N$ con $i=1, \dots, n$ y

$X = \{MP, MA, SPL, E, K, PRO\}$.

¹¹ Los resultados no son concluyentes. Esta es una línea de trabajo a continuar. Se trata de lograr determinar la forma funcional más adecuada al problema planteado y así captar la relación que se podría establecer entre nivel de producto y la elasticidad de escala.

¹² El capital incluye a la superficie lechera. Esta variable se introdujo sin poder realizar una corrección por productividad del suelo. El formulario de encuesta utilizado no incluía esta información. Sin embargo se podría avanzar con los datos provenientes del índice de productividad CONEAT que se disponen para el conjunto del país combinandola con la información sobre localización de los predios. Esta tarea excede las posibilidades de este trabajo pero podría ser encarada en el futuro próximo.

Los valores utilizados son los promedios ponderados de los logaritmos de las variables. La diferencia con la expresión 14) es que dado que se trata de promedios ponderados. Se está trabajando con una muestra en la cual a cada caso se le asocia un ponderador diferente.

Sujeto a la restricción de función de frontera y la positividad de los parámetros a estimar:

$$18) \ln A + a_{mp} \cdot \ln MP_i + a_{ma} \cdot \ln MA_i + a_{spl} \cdot \ln SPL_i + a_e \cdot \ln E_i + a_k \cdot \ln K_i - \ln PRO_i \geq 0$$

$$a_{mp}, a_{ma}, a_{spl}, a_e, a_k \geq 0 \quad \text{con } i=1, \dots, n.$$

Se estimó 17) sujeto a la restricción 18) utilizando para ello un algoritmo de programación matemática (resolución de problema de programación lineal mediante método simplex).

C. PRESENTACION DE RESULTADOS

1. Estimación de las Funciones de Producción Promedio y de Frente

Según se planteó en el primer capítulo el problema tecnológico en la lechería tiene dos componentes centrales e interrelacionados: la estructura de la oferta forrajera y el tamaño de los predios. La eficiencia técnica global esta condicionado por ambos factores. Esta sección abordará el análisis de esta temática utilizando para ello un modelo de la producción lechera a nivel microeconómico.

Se presentan los resultados para el total del universo y para dos estratos de tamaño. La separación de universo en dos estratos de tamaño estuvo condicionada por el tipo de información disponible. La muestra con la cual se trabajó está estratificada por tamaño de remisión. Los estratos de tamaño superiores se encuentran practicamente censados. Existe una mayor cantidad de casos de los predios más grandes en la muestra y ponderadores cercanos a uno. En este caso, los resultados de la estimación se encuentran escasamente influenciados por el vector de ponderadores.

En los estratos de tamaño inferiores la expansión es a un universo mucho mayor. Las estimaciones resultan más inestables cuando se busca reducir la muestra para determinar funciones de producción que incluyan exclusivamente a las empresas chicas. En este caso, los resultados están más condicionadas a la calidad del ponderador que se está utilizando. La elaboración de los ponderadores presentó algunos inconvenientes estadísticos según consta en la publicación de referencia y manifiestan los técnicos responsables de la misma (ver DIEA, 1988 y Goyeneche J. J. com pers).

Como ya se señaló la información empleada presenta algunos problemas para inferir resultados para todo el universo. Sin embargo, tanto la calidad de la información como lo adecuado de la metodología utilizada para su análisis se expresan en:

- todas las estimaciones evidencian muy buenos ajustes estadísticos;
- los parámetros se encuentran dentro de los rangos esperados de acuerdo a la teoría y a los trabajos aplicados sobre la lechería revisados en la literatura (ver Dawson, 1987 y Bravo Ureta B., 1983);
- finalmente los resultados están en la línea de lo que opinan los técnicos nacionales sobre las prácticas tecnológicas promedio y las mejores prácticas tecnológicas en el país.

Para cada uno de los estratos se realizaron dos tipos de estimaciones. La primera es una estimación de la función de producción promedio (FPP) utilizando mínimos cuadrados ponderados (ver (1)). En segundo lugar, se encuentra la estimación de la función de producción de frente tecnológico (FF) resuelta a través de programación lineal (ver (24)). A esta última estimación se le realizó un análisis de sensibilidad de los resultados de acuerdo a la propuesta de Timmer (1971) y se la denomina función de frente probabilística (FFP). Se utilizó esta última estimación de las FFP para compararla con la FPP.

Cuadro IV

Estimación de funciones de producción promedio y de frontera

	CTE	MP	MA	SPL	E	K	ϵ	R2	DW	N	n

TODAS											
FPP ^(a)	2525	0.051	0.11	0.308	0.223	0.262	0.95	0.99	1.8	3144	331
FF ^(b)	4496	0.129	--	0.173	0.12	0.542	0.96	--	--	3144	331
FFP (97%) ^(c)	4496	0.129	--	0.173	0.12	0.542	0.96	--	--	3049	329

GRANDES											
(Producción > 300000 lts)											
FPP	21504	0.115	--	--	0.206	0.279	0.60	0.99	1.6	272	168
FF	5024	0.28	--	0.146	0.163	0.399	0.99	--	--	272	168
FFP (97%)	2919	0.31	0.009	0.145	0.07	0.487	1.02	--	--	265	163

MEDIANAS Y CHICAS											
(Producción < 300000 lts)											
FPP	2345	--	0.118	0.334	0.214	0.28	0.95	0.99	1.7	2872	163
FF	3984	0.104	0.088	0.141	--	0.60	0.94	--	--	2872	163
FFP (97%)	2319	0.159	0.032	0.181	0.01	0.651	1.03	--	--	2780	158

- (a) mínimos cuadrados ponderados, en todos los casos los coeficientes de los parámetros son significativamente distintos de cero al 5%.
- (b) programación lineal determinística.
- (c) programación lineal eliminando algunas de las más eficiente.

Para toda la muestra la FFP presenta rendimientos levemente decrecientes a escala. Al incrementar el conjunto de los factores de producción en una proporción similar el producto lo hace en un 95% de la misma. Se destaca la baja elasticidad del producto (ver 3) en Anexo A) a las praderas permanentes, y relativamente alta al uso de suplementación y empleo. La estimación de la frontera señala dos cambios sustantivos: un incremento en la elasticidad del producto al capital y a las praderas permanentes.

Las empresas grandes tienen rendimientos decrecientes a escala en la función promedio. En este caso no ingresan como factores de producción sustitutos del resto ni las praderas anuales ni la suplementación, lo cual no implica que no se utilicen en las empresas grandes este tipo de forraje, sino que las variaciones que se encuentran en los mismos no se asocian con el nivel de producción. La FFP presenta rendimientos constantes a escala. Se incorporan a la oferta forrajera la suplementación y con una menor elasticidad las praderas anuales. Las elasticidades del capital y de las praderas permanentes aumentan en la función de producción estimada a partir de las empresas lecheras que emplean las mejores prácticas tecnológicas corrientes.

Las empresas medianas y chicas en la FFP presentan una estimación marcadamente diferente a la de las grandes. En la oferta forrajera aparecen las praderas anuales y la suplementación, y están ausentes, como factor explicativo de las variaciones en el nivel de producción de leche, los mejoramientos permanentes. La estimación de frontera se parece más a la estructura encontrada en las empresas grandes. La elasticidad de escala es unitaria. Los mejoramientos permanentes aparecen como variable explicativa en las empresas eficientes.

Sin embargo, existe un conjunto de diferencias que permiten afirmar que hay dos tramos diferentes en la FFP (ver (3)) para las dos escalas de producción. El efecto del capital es sustantivamente mayor y el del empleo menor en el estrato de las medianas y chicas. En la oferta forrajera tienen un mayor efecto las suplementaciones y los mejoramientos anuales en relación a lo que ocurre con las empresas grandes. Los resultados coinciden con la percepción de los técnicos y con la idea aceptada de que en los predios chicos se busca maximizar el nivel de producto por unidad del recurso más escaso (la tierra). No obstante el efecto de las praderas permanentes es muy significativo en particular si se lo compara con las praderas anuales.

El resultado de tener rendimientos constantes a escala es relevante. En este caso, como ya se señaló las medidas de eficiencia de expansión de producto y ahorro de insumos coinciden (ver (18)). La isocuanta de frontera colapsa en una curva única (ver (11)).

2. Los Indices de Eficiencia a Nivel de Predio

Las estimaciones de FFP se utilizaron para elaborar índices de eficiencia a nivel de predio. Se mide el nivel actual de producto en relación al posible de predecir sobre la frontera técnica de producción. Mediante los resultados de la función de producción de frente tecnológico interesa discutir la potencialidad de crecimiento del sector. Se construyó el siguiente cuadro:

Cuadro V

Estructura de la eficiencia técnica ^(a)

Eficiencia	TODAS EMPRESAS		GRANDES		MEDIANAS Y CHICAS	
	Numero empresas	%	Numero empresas	%	Numero empresas	%
100-90	91	2.9%	31	11.6%	250	9.0%
89-80	100	3.2%	39	14.9%	114	4.1%
79-70	261	8.3%	62	23.4%	328	11.8%
69-60	436	13.9%	49	18.5%	511	18.4%
59-50	600	19.1%	64	24.3%	546	19.7%
49-40	724	23.0%	12	4.7%	590	21.2%
39-30	595	18.9%	5	1.9%	227	8.2%
29-20	261	8.3%	1	0.4%	213	7.7%
19-10	75	2.4%	1	0.4%	--	0.0%
Total	3144		265		2780	

(a) las empresas en los dos estratos no suman el total dado que se utilizaron las estimaciones de las funciones de producción de frente probabilística ver cuadro III.

Fuente: elaboración propia.

Se constata una mayor concentración de las empresas medianas y chicas en niveles de eficiencia menores. Entre 40 y 70 se encuentra el 60% de las empresas en el estrato inferior. En tanto más de dos tercios de las empresas grandes se sitúan entre un 50 y un 80% de nivel de eficiencia. El nivel de eficiencia media de del estrato inferior es sensiblemente menor que el que se verifica en el estrato de las empresas grandes.

La variabilidad de prácticas tecnológicas se expresa en la importante dispersión de la medida de eficiencia. Este fenómeno es el resultado de un período precedente caracterizado por un intenso cambio técnico. Además, la oferta en materia tecnológica no se distinguió por estar constituida por un paquete tecnológico acabado y único. El proceso de transformación tecnológica se dio acompañado de una permanente adaptación de las prácticas incorporadas. La

consecuencia de esta dinámica es que empresas lecheras que manejan dotaciones de factores productivos similares presentan resultados productivos distintos.

Se elaboró un cuadro que permite comparar las productividades medias entre el conjunto de empresas y aquellas que emplean las mejores prácticas tecnológicas corrientes. Se utilizó para ello la información de los tres tipos de estimaciones realizadas: todas empresas; grandes; medianas y chicas.

Cuadro VI

Productividades medias observadas ^(a)

	TOTAL	EFICIENTES

* TODAS		
Tierra (lts/has)	961	1736
Vaca Ordeñe (lts/vaca)	3526	4091
Empleo (lts/eqh)	37450	67935
* GRANDES		
Tierra (lts/has)	1067	2137
Vaca Ordeñe (lts/vaca)	4206	5485
Empleo (lts/eqh)	65811	92486
* MEDIANAS Y CHICAS		
Tierra (lts/has)	877	1872
Vaca ordeñe (lts/vaca)	3038	4805
Empleo (lts/has)	26589	27816

(a) ver Cuadro III Anexo Estadístico.

Fuente: elaboración del autor en base información DIEA, 1988.

Las productividades medias observadas son sensiblemente superiores en las empresas eficientes (las que se encuentran sobre la frontera) que en el total de los casos. Se destaca la diferencia en la producción de leche por unidad del recurso tierra (superficie lechera). Siendo particularmente importante el incremento en las empresas correspondiente al estrato de las medianas y chicas. La productividad promedio del trabajo es baja para el estrato de las empresas medianas y chicas inclusive en las empresas eficientes.

Dentro de cada estrato y utilizando los indicadores de eficiencia específicos para cada uno no es posible identificar ninguna asociación con la variable superficie lechera. Sin embargo, comparando las combinaciones de factores entre las eficientes y el resto surgen algunas conclusiones de interés.

En las empresas grandes eficientes se destaca una mayor oferta forrajera. La proporción de mejoramientos permanentes en relación

a la superficie lechera se incrementa de un 35 a un 44%. Simultáneamente aumenta la suplementación que pasa de 2.9 ton/ ha de mejoramiento (megacalorías de energía metabolizable) a una relación de 3.4. Las praderas anuales disminuyen su contribución de un 5 a un 4% (ver Cuadro III Anexo Estadístico).

Esta expansión y reestructura de la oferta forrajera permite que la dotación en unidades lecheras de las empresas eficientes sea superior. En efecto la misma pasa de .80 UL/SL a un nivel de 1.2 UL/HA. Se observa también una mayor capacidad en litros de tanque de frío. La remisión se incrementa en una proporción mayor lo cual implica un más alto nivel de utilización de la capacidad de los tanques.

En las empresas medianas y chicas más eficientes también se expande la oferta forrajera. El efecto predominante es el aumento de la superficie bajo mejoramientos permanentes que pasa de ser algo menos de la cuarta parte de la superficie lechera a cubrir más de la mitad de la misma. El resultado es el incremento en la dotación que aumenta de 0.91 UL/HA a 1.3 UL/HA. También hay un incremento en la capacidad en los tanques de frío. Las empresas eficientes tienen una capacidad de almacenar dos días de remisión de leche mientras que el promedio del grupo no alcanza a cubrir la mitad de la remisión diaria (ver Cuadro III Anexo Estadístico).

3. Las Medidas Estructurales

Con la información elaborada a nivel de predio es posible construir un indicador global de la eficiencia del sector. El mismo nos permitirá tener una idea de la magnitud de la posible expansión de la producción mediante un traslado hacia la frontera técnica de producción. Es necesario construir una empresa representativa del sector, para lo cual se pueden utilizar medias aritméticas y geométricas para este fin ¹³. Dada la modalidad de estimación adoptada y las referencias de la literatura se optó por presentar los resultados con las medias geométricas. Debe destacarse que las medidas de eficiencia estructurales no resultan sustancialmente distintas en uno y otro caso, siendo más moderadas las que resultan de la modalidad de cálculo elegida. Se presenta la producción sobre la frontera de la siguiente forma:

¹³ Griliches (1957) citado por Bravo Ureta (1983), argumenta en el sentido de utilizar medias geométricas.

Cuadro VI

Eficiencia técnica estructural para la cuenca

EMPRESA REPRESENTATIVA	Producción	N	n
* GRANDES		272	168
Produccion observada	599272		
Produccion frontera	879000		
Eficiencia técnica	0.68		
* MEDIANAS Y CHICAS		2872	163
Produccion observada	47377		
Produccion frontera	85792		
Eficiencia técnica	0.55		

Si se acepta la existencia de dos funciones de producción de frente (una para cada estrato) y las empresas se ubican todas en la función de producción que queda determinada por las mejores prácticas tecnológicas corrientes la producción actual podría elevarse en un 65%. En efecto en las empresas grandes podrían incrementar su producción en un 47%, lo cual surge de comparar la producción potencial (sobre la frontera) con la producción observada (1/Eficiencia técnica). En tanto, en las empresas medianas y chicas el aumento posible será de un 82%. Si se ponderan ambos incrementos por la participación de uno y de otro estrato en la producción total (49% las grandes y 51% en las medianas y chicas) se determina el incremento global factible de alcanzar.

Bajo un supuesto más realista, el objetivo sería situarse en un nivel de eficiencia promedio "normal" de un 80%¹⁴. La producción potencial sería un 80% del nivel alcanzado en la frontera de producción. En este caso el incremento podría situarse en un 32%, lo que significa un aumento de 121 millones de litros en la producción total de la Cuenca Sur. Esta cifra es equivalente a la producción de aproximadamente 1000 empresas lecheras más. En un período de cinco años y sin realizar importantes incrementos en la dotación de factores productivos asignados a la lechería el esfuerzo en incrementar la eficiencia técnica del sector permitiría crecer a una tasa acumulativa de un 5.7% promedio anual.

Este aumento estaría constituido por 33 millones de litros (18%) de las empresas grandes y 88 millones de litros en las medianas y chicas (45%). Las empresas grandes si bien representan solo el 8.7% del total de firmas concentran la mitad de la producción de ahí la gravitación que tienen en la determinación del incremento global. Una mayor eficiencia promedio permitiría mejorar

¹⁴ Esta valor se encuentra referido en la literatura (ver Dawson, 1987 y Bravo Ureta B., 1983).

la participación de las empresas medianas y chicas en la producción total. En efecto la misma aumentaría de un 51 a un 57%.

Las ineficiencias no se restringen exclusivamente a problemas de manejo y de gestión inadecuada de la producción. Importa también la senda de cambio tecnológico recorrida por la empresa y las rigideces en los coeficientes técnicos incorporados en cada adopción. En las empresas grandes seguramente este tipo de fenómenos sea lo predominante.

Una mala estructura del capital asociada a las restricciones que impone una baja dotación de tierra puede generar fuertes ineficiencias tecnológicas. La inmensa mayoría de los productores chicos se encuentran en esta situación. Mejorar localizadamente estas restricciones puede tener importantes efectos en el nivel de producción global. Este resultado confirma una línea de trabajo que se viene desarrollando desde la industria (en especial en las empresas cooperativas formada por los productores lecheros) de promoción de los productores chicos mediante asesoramiento tecnológico y apoyo en materia de recursos productivos ¹⁵.

No es el objetivo evaluar los resultados de estos esfuerzos sino simplemente señalar que, desde el punto de vista de las posibilidades de crecimiento de la producción, en estos productores existe un gran potencial que de lograrse desarrollar permitiría aumentos importantes en la producción. Considerese la importante dotación de factores productivos con muy bajos coeficientes de eficiencia técnica que está afectada en la producción de los productores medianos y chicos. Todo lo anterior sin considerar la dimensión social del problema analizado la cual es de singular importancia y en este caso particular actúa en la misma dirección que la recomendación económica.

Con el objetivo de orientarse en el tema de como asignar los recursos de forma de obtener un mayor impacto en el nivel de producción se calculó el producto medio y marginal por factor de producción. Se utilizaron medias geométricas para determinar el punto en el cual realizar el cálculo. Con la empresa promedio global se calculó el producto medio y marginal empleando los parámetros de la función de producción promedio. Con la empresa promedio de frontera se calculó el producto medio y marginal empleando los parámetros de la función de frontera. Esta operación se realizó para los dos estratos de tamaño definidos.

$$19) PRO^* = A. (MP)^{amp}. (MA)^{ama}. (SPL)^{aspl}. (E)^{ae}. (K)^{ak}$$

$$\text{con } X_j = \exp(\sum_i \ln X_j \cdot PON_i / N)$$

$$X = \{ MP, MA, SPL, E, K \} \quad \text{con } i=1, \dots, n \text{ y } j=1, \dots, 5 .$$

¹⁵ Un ejemplo de ello son los "Planes Esperanza" impulsados por CONAPROLE y antes referidos.

La productividad media y la productividad marginal vienen dada por las siguientes relaciones:

$$20) \text{PRO}_j^p = \text{PRO}^* / X_j \quad y$$

$$21) \text{PRO}_j^m = \text{PRO}_j^p \cdot a_j \quad \text{con } j=1, \dots, 5 .$$

CUADRO V

PRODUCTO MEDIO Y MARGINAL POR FACTOR DE PRODUCCION

	TOTAL	FRONTERA	PRODUCTO MEDIO FFP		PRODUCTO MARGINAL FFP	
			FFP	FFP	FFP	FFP
* GRANDES						
N	272					
n	168					
MP	179	88	1930	7008	222	2172
MA	20	10	16901	58825	0	529
SPL	496	534	695	1156	0	168
E	8.8	8	39230	76133	8081	5329
K	494	376	698	1642	195	800
PRO	599272	646684				
PRO*			344782	617497		
* MEDIANAS Y CHICAS						
N	2872					
n	163					
MP	10	7	3212	8600	0	1367
MA	3	2	11355	26136	1340	836
SPL	36	35	865	1752	289	317
E	2.3	2	13754	28800	2943	288
K	51	33	621	1834	174	1194
PRO	47377	61685				
PRO*			31513	60644		

Fuente: elaboración propia

La productividad marginal es superior en la función de producción de frente para casi todos los factores. El empleo presenta un nivel superior en la función promedio en los dos estratos de tamaño. Los mejoramientos anuales también tienen este desempeño pero únicamente en el caso de las empresas medianas y chicas.

La comparación entre los resultados para uno y otro estrato es diferente para cada tipo de función. Utilizando la estimación de mínimos cuadrados ponderados el estrato de las empresas grandes presenta una alta productividad del trabajo. Para las empresas medianas y chicas presenta un valor sensiblemente menor. En cambio

se destaca el valor de la productividad marginal de las praderas anuales.

Si se emplea la estimación de la función de frente tecnológico. Se remarca la diferencia entre la productividad del trabajo de las empresas grandes y las medianas y chicas. La segunda alcanza a ser tan solo el 5% de la primera. Considerese que dentro de la mano de obra de las empresas del estrato inferior existe una proporción importante de trabajo familiar no remunerado. Respecto al capital la situación es la inversa pero menos agudizada. La productividad marginal del capital en las empresas eficientes medianas y chicas es una vez y media superior a la de las empresas grandes. El resultado es tradicional en la literatura (ver para la lechería Bravo Ureta, 1983) y confirma cuantitativamente una percepción generalizada. En cuanto al oferta forrajera se destaca el efecto marginal de los mejoramientos permanentes sobre el nivel de producción en la frontera técnica.

Si se considera que la empresa optimiza sus beneficios en el punto en que el valor del producto marginal iguala al costo marginal entonces podría derivarse cual sería el factor que sería óptimo expandir en la frontera técnica de producción. No se dispone de valores de precios de los factores de producción adaptados a la situación que se está estudiando para completar el análisis económico. Sin embargo, no sería demasiado aventurado plantear que la expansión de las praderas permanentes en los dos estratos de tamaño y el del capital en las empresas medianas y chicas resultan alternativas favorables.

V. SINTESIS Y CONCLUSIONES

La base de información con la cual se trabajó proviene de una encuesta realizada en el año 1987 a productores lecheros de la Cuenca Sur remitentes a CONAPROLE. La muestra (331 casos) está elaborada de forma de poder expandir los resultados al conjunto de las 3144 empresas que constituyen el universo. La calidad de la información manejada y la pertinencia del marco teórico y metodológico utilizado se expresó en la verosimilitud de los resultados. Así lo indican una serie de elementos: buenos ajustes obtenidos en las estimaciones; parámetros que se ajustan a los valores esperados de acuerdo a la teoría; y finalmente el hecho de que los mismos coinciden con la percepción que los técnicos tienen sobre la producción lechera en el país.

La ausencia de un paquete tecnológico acabado y único para la producción lechera en el Uruguay es una idea varias veces referida en anteriores investigaciones sobre el sector. En este trabajo se expresa en la gran variabilidad que se verifica en los índices de eficiencia técnica a nivel de predio. Empresas lecheras que tienen una dotación de recursos similares presentan resultados productivos muy distintos. Es necesario un esfuerzo en materia de generación de tecnología lechera que avance en la determinación de cuales son las principales respuestas técnicas a los problemas productivos que se presentan. Se requiere para ello un papel activo del sector público.

El estudio de la relación que se establece entre factores productivos y producto permitió distinguir la existencia de dos funciones de producción diferentes para los estratos de tamaño de las empresas grandes y las medianas y chicas. Para la función de producción estimada a partir de las mejores prácticas tecnológicas corrientes (FFP) se encuentra que en ambos casos evidencian rendimientos constantes a escala.

La elasticidad del producto a las variables que componen la oferta forrajera es diferente en los dos estratos. Mientras que en las grandes el valor mayor lo registran las praderas permanentes, en el estrato inferior este lugar lo ocupa la suplementación. Sin embargo es importante destacar que en las empresas medianas y chicas los praderas permanentes tienen un efecto muy superior en el caso de las empresas eficientes que en el promedio del grupo. De igual forma en las empresas grandes el efecto de la suplementación es mayor en la frontera que en la función promedio.

Estos resultados sugieren una estructura forrajera más diversificada en las empresas que realizan las mejores prácticas tecnológicas corrientes que respecto a la situación promedio. Al mismo tiempo la oferta forrajera es muy superior en las empresas que emplean la tecnología de frontera. La proporción de la superficie lechera bajo mejoramientos permanentes es de un 44% para las empresas grandes y de más de un 50% para las medianas y chicas. Lo anterior se traduce en la capacidad de mantener mayores dotaciones en unidades lecheras por hectarea de superficie lechera.

Ambos efectos son constatables en los dos estratos de tamaño con los que se trabajó.

Las medidas estructurales de eficiencia permiten tener una estimación del potencial de crecimiento del sector en base a la tecnología disponible. Bajo supuestos moderados que sitúen la eficiencia estructural del sector en un 80% sería posible expandir la producción lechera en 121 millones de litros (un 32%). Alrededor del 73% de dicho aumento lo aportarían las empresas medianas y chicas. En un período de cinco años sería posible de expandirse a una tasa acumulativa anual de un 5.7%. Aumentos superiores requerirían la incorporación de nuevos recursos productivos o aumentos en la productividad debidos a la aplicación de nuevas tecnologías.

Las ineficiencias no se restringen exclusivamente a problemas de manejo y de gestión inadecuada de la producción. Importa también la senda de cambio tecnológico recorrida por la empresa y las rigideces en los coeficientes técnicos incorporados en cada adopción. En las empresas grandes seguramente este tipo de fenómenos sea lo predominante.

Una mala estructura del capital asociada a las restricciones que impone una baja dotación de tierra puede generar fuertes ineficiencias tecnológicas. La inmensa mayoría de los productores chicos se encuentran en esta situación. Mejorar localizadamente estas restricciones puede tener importantes efectos en el nivel de producción global. Este resultado confirma una línea de trabajo que se viene desarrollando desde la industria (en especial en las empresas cooperativas formada por los productores lecheros) de promoción de los productores chicos mediante asesoramiento tecnológico y apoyo en materia de recursos productivos.

Para orientarse en como readecuar la asignación de los recursos es de utilidad estimar las productividades medias y marginales por factor de producción. De este análisis se destaca el valor de la productividad marginal de las praderas permanentes el cual es muy superior al costo marginal de implantarla. También es importante el incremento de la producción derivado de incorporar una nueva unidad de capital en la producción de las empresas medianas y chicas. Este incremento del capital en las empresas de menor tamaño debe realizarse de forma de buscar una estructura del capital más adecuada.

ANEXO A

La Frontera Eficiente

Las medidas de eficiencia se expresan frecuentemente en los requerimientos unitarios de insumos. Se transforma la función de producción del espacio de los factores al de los coeficientes técnicos:

$$1) \pi = (\pi_1, \dots, \pi_n) \quad \text{donde } \pi_i = X_i/Y \quad i=1, \dots, n$$

$$2) Y_j = f^j (\pi^j \cdot Y^j) \quad \text{con } j=1, \dots, N$$

La elasticidad del producto respecto al cambio en un insumo en particular se especifica en la siguiente relación:

$$3) \epsilon_i = \delta Y / \delta X^i \cdot X^i / Y$$

La elasticidad de escala es la referida a un cambio proporcional en todos los insumos y viene expresada por la "passus equation":

$$4) \epsilon = \sum_i \epsilon_i \quad i=1, \dots, n. \quad \text{Si } X^i = \mu \cdot X_0 \quad (\mu = \text{escala}) \quad \text{entonces}$$

sustituyendo, se tiene que:

$$5) \epsilon(\mu) = \delta Y / \delta \mu \cdot \mu / Y$$

Para la clase de funciones de producción que presentan elasticidad de escala variable con el nivel de la escala se incorpora una restricción sobre esta relación. Se supone que la misma debe ser decreciente a partir de valores mayores que uno hacia valores menores que uno ("regular ultra passum law"). Esto asegura que la frontera se encuentre acotada en el espacio de los coeficientes técnicos. Se demuestra que la escala óptima es aquella en que la elasticidad de escala es unitaria. En este punto se maximizan las productividades medias de los insumos y en el espacio de los coeficientes técnicos se encuentra ubicada en la curva más cercana al origen. Como ejemplo de este tipo de funciones se encuentra la de Zellner y Revankar (citada por Forsund, 1975), se especifica con dos factores capital (K) y trabajo (E):

$$6) Y^\alpha \cdot e^{\beta \cdot Y} = A \cdot E^{\alpha E} \cdot K^{\alpha K} \quad \text{de donde se deriva que,}$$

$$7) \epsilon = 1 / (\alpha + \beta \cdot Y)$$

La escala óptima se obtiene de la ecuación en donde se define la elasticidad de escala en el punto en que está alcanza el valor unitario ($Y^0 = (1-\alpha)/\beta$).

Para las funciones homogéneas que presentan rendimientos constantes el conjunto de los coeficientes técnicos de frontera colapsa en una curva única. En efecto sea:

$$8) Y = A \cdot E^{a_E} \cdot K^{a_K} \quad \text{con } a_E + a_K = 1 \text{ entonces se tiene que,}$$

$$9) \pi_E = A^{(-1/a_E)} \cdot \pi_K^{(-a_K/a_E)}$$

En las funciones homogéneas de grado distinto a uno el espacio de los coeficientes técnicos no está acotado. Para el mismo ejemplo anterior se tiene que:

$$10) \pi_E = A^{(-1/a_E)} \cdot \pi_K^{(-a_K/a_E)} \cdot Y^{(1-\epsilon)/a_E}$$

Si los rendimientos son crecientes al aumentar el producto disminuye el coeficiente. El incremento en la escala genera un incremento de mayor proporción en el producto lo cual implica un aumento de las productividades medias de los factores. Si los rendimientos son decrecientes la situación es la inversa. En este sentido, en las funciones homogéneas (rendimientos constantes, decrecientes y crecientes) no es adecuado definir una escala óptima desde el punto de vista técnico.

Si se asumen formas funcionales que definen un espacio de coeficiente técnicos acotado hacia el origen ("regular ultra passum law"), la frontera eficiente en el espacio de los coeficientes técnicos resume dos efectos el de la frontera técnica y el de la escala óptima (ver Forsund F., Hjalmarsson L., 1987).

$$11) E = \{ \pi = \{ \pi_1, \dots, \pi_n \} \mid \pi_k = \min_j \min_{\mu} \mu \cdot X_k^0 / f^j (\mu \cdot X^0) \}$$

$$k=1, \dots, n, \quad j=1, \dots, N, \quad \mu \cdot X^0 \in R_+^n, \quad \mu \in (0, \infty) \}.$$

ANEXO B

Ponderadores en la función de producción promedio

$$1) Y_{nx1} = X_{n \times k} \cdot \beta_{k \times 1} + \mu_{nx1} \quad Y \quad P_{nx1}$$

A cada relación $Y_i = X_i \cdot \beta + \mu_i$ se le asocia un ponderador p_i . Se define una matriz con elementos p_i en cada uno de los lugares de la diagonal y ceros en el resto.

$$2) P = D(p_i)_{n \times n}$$

$$3) P \cdot Y = P \cdot X \cdot \beta + P \cdot \mu$$

La función objetivo a minimizar para obtener los estimadores de los parámetros es la siguiente:

$$3) \min_{\beta} \mu' \cdot P' \cdot P \cdot \mu$$

$$\mu' \cdot P \cdot P \cdot \mu = (Y - X \cdot \beta)' \cdot \Omega \cdot (Y - X \cdot \beta) = (Y' \cdot \Omega \cdot Y - Y' \cdot \Omega \cdot X \cdot \beta - \beta' \cdot X' \cdot \Omega \cdot Y + \beta' \cdot X' \cdot \Omega \cdot X \cdot \beta)$$

con $\Omega = P'P$.

Para minimizar la suma de cuadrados de los errores se debe cumplir la siguiente condición:

$$4) \delta (\mu' \cdot \Omega \cdot \mu) / \delta \beta = - Y' \cdot \Omega \cdot X - X' \cdot \Omega \cdot Y + 2 \cdot X' \cdot \Omega \cdot X \cdot \beta = 0$$

De donde se deriva que:

$$\beta^* = (X' \cdot \Omega \cdot X)^{-1} \cdot X' \cdot \Omega \cdot Y = ((P \cdot X)' \cdot (P \cdot X))^{-1} \cdot (P \cdot X)' \cdot (P \cdot Y)$$

Por lo tanto, es equivalente a estimar el modelo con las variables ponderadas:

$$2') Y^P = X^P \cdot \beta + \mu^P.$$

ANEXO C

Construcción de la Base de Datos

Las series con las que se estimó el modelo y las principales características de su elaboración se detallan a continuación:

- PRO- producción total de leche en lts por año.
- REM- remisión de leche en lts año.
- PP- area de praderas permanentes en has. Incluye los mejoramientos de campo natural con semillas y fertilizantes, como las praderas de alfalfa destinada al pastoreo. No se agrega la superficie destinada a pastoreo diferido.
- PA- area de praderas anuales. Se promedia el area de verdeos de invierno y de verano.
- SPL- toneladas de megacalorías de energía metabolizable aportada por suplementación con concentrados (raciones, granos,..) y voluminosos (henos, silos,..). Para una descripción de los parámetros utilizados ver Tabla 1.
- E- Empleo en equivalentes hombre (300 jornadas al año de trabajo). No se distinguió en función de si era trabajo familiar o si era trabajo remunerado o no remunerado. Una descripción de las equivalencias empleadas se encuentra en al Tabla 2.
- K- capital en dólares de junio de 1987. Incluye la superficie lechera, el stock en unidades lecheras (ver Tabla 3) y la maquinaria y equipo del tambo. No se dispuso de información sobre las características de la maquinaria de la sala de ordeño por lo que fue necesario aproximarla através de una proporción del stock.

Se utilizaron otras estadísticas complementarias para apoyar la descripción de los fenómenos en estudio. Algunas de ellas fueron empleadas en la elaboración de las series básicas del modelo y otras se obtuvieron en forma adicional. Una descripción detallada de las series en bruto del formulario de encuesta se encuentra en el documento de DIEA (1988) donde se presentan los cuadros por estrato de superficie y tamaño.

TABLA 1

Tabla de alimentos para la conversión de kilogramos tal cual ofrecidos a megacalorías de energía metabolizable

Tipo de alimento	Megacalorías de energía metabolizable por kilogramos de alimento en base fresca
Grano de avena	2.03
Heno de avena	1.24
Heno de festuca	2.45
Expeller de lino	2.77
Heno de raigras	2.26
Farelo	2.03
Heno de alfalfa	2.03
Silo de alfalfa	0.59
Afrechillo de arroz	3.00
Heno de sorgo	1.81
Silo de sorgo	0.54
Grano de sorgo	2.47
Afrechillo de trigo	2.27
Grano de trigo	2.59
Silo de sudan	0.45
Heno de trebol rojo	1.85
Heno de trebol blanco	2.56
Silo de tréboles	0.58
Silo de maíz	0.52
Grano de maíz	2.78
Chala de maíz	1.87
Semitín	2.56
Heno de lotus	1.79
Harina de girasol	2.22
Harina de lino	2.77
Heno de pradera	2.26
Silo de pradera	0.55
Ración balanceada *	2.32

* La ración balanceada está compuesta por: 50% granos de sorgo, 40% de afrechillo, 7% de harina de girasol o lino y 3% de sal.

Fuente: Adaptado de la tabla de alimentos para América Latina, Universidad de Florida (Ver Fernández y Rimoldi, 1988).

TABLA 2

Número de jornadas asalariadas asignadas a otros
trabajadores no integrantes de la familia del
productor por sexo y edad

Categoría	Edad	Número jornadas/año
Hombre	Menos 14	144
Hombre	14 - 64	365
Hombre	Más 64	200
Mujer	Menos 14	72
Mujer	14 - 64	317
Mujer	Más 64	144

-
Fuente: MGAP, DIEA, DI.

TABLA 3

Requerimientos del ganado lechero

Categoría	Unidad lechera (UL)
Vaca ordeñe	1.6
Vaca seca a/	1.2
Vaquillona entorada	1.1
Vaquillona + 2 años s/e	0.9
Vaquillona 1 - 2 años s/e	0.7
Terneritas menos 1 año	
-deslechadas	0.4
-mamonas	0.2
Toros	1.8

Fuente: DIEA, 1988.

ANEXO D

ESTADISTICAS COMPLEMENTARIAS

CUADRO I

VARIABLES TECNOLOGICAS VALORES MEDIOS Y DESVIOS

TODAS EMPRESAS

	TOTAL	MEDIA	CV	MAX	MIN
N	3144				
n	331				
Producción (lts)		120175	1.81	3374431	4773
Remisión (lts)		107958	1.88	3232081	4226
Mejoras permanentes (has)		37	2.10	1141	0
Mejoras anuales (has)		7	1.88	221	0
Suplementación (mcem)		108	2.25	5283	0
Empleo (eqh)		3.2	1.0	73.3	0.8
Capital total (u\$s)		119	1.60	2491	5
Relación vo/ul		50.5%	0.33	100.0%	13.3%
Relación vm/ul		70.9%	0.18	100.0%	33.6%
Superficie ganadera (has)		123	1.84	3013	7
Pastoreo diferido (has)		3	1.75	106	0
Campo natural		68	2.07	1979	0
Tanque frío (lts)		313	3.56	13001	0
Capital maquinaria (u\$s)		8	1.37	25015	0
Tanque frío (u\$s)		1	3.55	6263	0
Superficie lechera (has)		125	1.78	2880	3.9
Unidades lecheras		108	1.52	2251	7.6
Capital equipo (U\$S)		8	2.46	141	0

EMPRESAS GRANDES (PRODUCCION>300000 lts)

	TOTAL	MEDIA	CV	MAX	MIN
N	272				
n	168				
Producción (lts)		675860	0.62	3374431	304679
Remisión (lts)		619491	0.31	3232081	280954
Mejoras permanentes (has)		221	0.73	1141	45
Mejoras anuales (has)		32	0.91	221	0
Suplementación (ton mcm)		641	0.91	5283	59
Empleo (eqh)		10	0.68	73	2
Capital total (U\$S)		578	0.64	2491	148
Relacion vo/ul		51.1%	0.20	88.5%	26.0%
Relacion vm/ul		68.4%	0.13	97.3%	43.8%
Superficie ganadera (has)		626	0.77	3013	103
Pastoreo diferido (has)		13	1.09	106	0
Campo natural (has)		298	1.15	1979	0
Tanque frío (lts)		2858	0.81	13001	0
Capital maquinaria (u\$s)		29	0.56	25015	0
Tanque frío (u\$s)		6	0.81	6263	0
Superficie lechera		634	0.74	2880	103
Unidades lecheras		503	0.61	2251	156
Capital equipo (U\$S)		35	0.69	141	0

EMPRESAS MEDIANAS Y CHICAS (PRODUCCION<300000 lts)

	TOTAL	MEDIA	CV	MAX	MIN
N	2872				
n	163				
Producción (lts)		67541	0.87	299855	4773
Remisión (lts)		59505	0.90	278469	4226
Mejoras permanentes (has)		19	1.21	176	0
Mejoras anuales (has)		4	1.06	31	0
Suplementación (ton mcem)		58	1.07	734	0
Empleo (eqh)		3	0.46	7	0
Capital total (u\$s)		76	0.96	570	5
Relacion vo/ul		50.5%	0.33	100.0%	13.3%
Relacion vm/ul		71.1%	0.19	100.0%	33.6%
Superficie ganadera (has)		75	1.18	830	7
Pastoreo diferido (has)		2	0.89	15	0
Campo natural (has)		46	1.53	691	0
Tanque frio (lts)		72	5.88	6001	0
Capital maquinaria (u\$s)		6	1.23	14196	0
Tanque frío (u\$s)		0	5.80	2891	0
Superficie lechera		77	1.08	811	4
Unidades lecheras		70	0.94	473	8
Capital equipo (U\$S)		6	3.51	77	0

FUENTE: elaborado por CEPAL-MVD en base a información de DIEA-MGAP.

Cuadro II
 MEDIAS GEOMETRICAS PONDERADAS

TOTAL EFICIENTES		
N	3144	60
n	331	5
PRO	59009	48524
REM	50955	45116
MP	13	4
MA	3	2
SUPL	46	11
EMP	2.6	1
KT (u\$s)	62	26
vo/ul	0.48	0.61
vm/ul	0.70	0.70
SG	55	27
CN	25	15
TFLTS	2	2
KEQ	5	1
SL	58	26
UL	59	26

GRANDES		
N	272	6
n	168	5
PRO	599272	646684
REM	546160	584821
MP	179	88
MA	20	10
SUPL	496	534
EMP	8.8	8
KT (u\$s)	494	376
vo/ul	0.50	0.58
vm/ul	0.68	0.80
SG	499	332
CN	124	88
TFLTS	690	32
KEQ	36	25
SL	511	366
UL	440	369

MEDIANAS Y PEQUENAS		
N	2872	112
n	163	7
PRO	47377	61685
REM	40701	48727
MP	10	7
MA	3	2
SUPL	36	35
EMP	2.3	2.1
KT (u\$s)	51	33
vo/ul	0.48	0.50
vm/ul	0.70	0.71
SG	45	27
CN	22	9
TFLTS	1	1
KEQ	4	2
SL	48	27
UL	49	39

Cuadro III
 MEDIAS ARITMETICAS PONDERADAS
 TODAS EFICIENTES

	TODAS	EFICIENTES
Número empresas (N)	3144	60
Muestra (n)	331	5
Produccion (lts)	120175	147593
Remision (lts)	107958	141040
Mejoras permanente	37	35
Mejoras anuales (has)	7	4
Suplementación (tn mem)	108	74
Empleo (eqh)	3.2	2
Capital total (U\$S)	119	88
Relacion vo/ul	50.5%	66.8%
Relacion vm/ul	70.9%	72.0%
Superficie ganadera	123	87
Campo natural	68	47
Tanque frio (lts)	313	610
Superficie lechera	125	85
Unidad lechera	108	86
Capital equipo (U\$S)	8	7

EMPRESAS GRANDES (PRODUCCION > 300000)

Número empresas (N)	272	6
Muestra (n)	168	5
Produccion (lts)	675860	1205436
Remision (lts)	619491	1139791
Mejoras permanente	221	249
Mejoras anuales (h)	32	21
Suplementación	641	849
Empleo (eqh)	10	13
Capital total (U\$S)	578	636
Relacion vo/ul	51.1%	0
Relacion vm/ul	68.4%	1
Superficie ganader	626	525
Campo natural	298	206
Tanque frio (lts)	2858	3741
Superficie lechera	634	564
Unidad lechera	503	704
Capital equipo (U\$S)	35	37

EMPRESAS MEDIANAS Y CHICAS (PRO ≤ 300000)

Número empresas (N)	2872	92
Muestra (n)	163	5
Produccion (lts)	67541	61772
Remision (lts)	59505	52113
Mejoras permanente	19	17
Mejoras anuales (h)	4	3
Suplementación	58	40
Empleo (eqh)	3	2
Capital total (U\$S)	76	38
Relacion vo/ul	50.5%	49.0%
Relacion vm/ul	71.1%	71.2%
Superficie ganadera	75	33
Campo natural	46	12
Tanque frio (lts)	72	302
Superficie lechera	77	33
Unidad lechera	70	42
Capital equipo (u\$S)	0	3

Bibliografía

Argenti, G., Filgueira C., Sutz J., Ciencia y Tecnología: Un diagnóstico de oportunidades, Ministerio de Educación y Cultura, CIESU, 1988.

Barrios M., Mello R. y Plata V., Determinación del area requerida para generar un ingreso familiar mínimo necesario en explotaciones lecheras, Tesis de grado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor del Uruguay, 1986.

Bravo Ureta B., Parametric estimates of technical efficiency in milk production using linear programming, Staff Paper No. 83-8, 1983.

CIDE, Estudio Económico y Social de la Agricultura en el Uruguay (5) Tomo II, Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social, Ministerio de Ganadería y Agricultura OPYPA-CIDE, Montevideo 1967.

Dawson P. J, Farm specific technical efficiency in England and Wales Dairy Sector, 1987, European Review of Agr. Eco. , vol 14-4, 383-394, 1987.

Dawson P. J., Technical Efficiency Relative to a Stochastic Cost Frontier for the England and Wales Dairy Sector, Oxford Agrarian Studies, Vol 16, 44-55.

Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias, División de Estudios Económicos (DIEA), Cuenca Lechera de Montevideo, Serie Informativa N 15, setiembre 1981.

Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias (DIEA), Cuenca Lechera de Montevideo en Cifras, Serie Informativa N 23, Octubre 1988.

Durán H., Bassewitz H., 1989, Propuesta de Sistemas Lecheros Intensivos y Predios Pilotos, Documento de trabajo I, Convenio CIABB, GTZ, CIABB- ANPL- CONAPROLE.

Farell, M. J. "The measurement of Productive Efficiency", Journal of the Royal Statistical Society, 120, 1957.

Fernandez E., Rimoldi J. A. Determinación de modelos de regresión involucrando parámetros físicos en establecimientos lecheros, Tesis de grado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor del Uruguay, 1988.

Forsund, F., The homotetic production function, Sweden Journal of Economics, 1975.

Forsund F., Hjalmarsson L., Analyses of Industrial Structure A putty-clay approach, The Industrial Institute for Economic and Social Research, 1987.

Forteza A. y Freiría H., Uruguay: política económica y política lechera, CEPAL Oficina de Montevideo, División Conjunta CEPAL-FAO, sin publicar Diciembre, 1989.

Kaplan, M., Mercado mundial de productos lácteos, CEPAL Oficina de Montevideo, División Conjunta CEPAL-FAO, sin publicar Diciembre, 1989

Hernandez A. et al Representación mediante modelos de la producción lechera de la cuenca sur, DIEA-MGAP, 1989.

Paolino C., La adopción diferenciada de tecnología en los establecimientos lecheros de la cuenca de Montevideo, CINVE Serie III Estudios N 25, 1985.

Paolino C., Peyrou J. La disponibilidad de tecnología lechera en el Uruguay, Cinve Serie III N° 19, Uruguay, setiembre de 1982.

Hjalmarsson L., Uhlin H-E and Carlsson E., Technical Progress and Productive Efficiency in Swedish Dairy Sector, Working Paper Guthenburg, 1985.

Seré Carlos, Pasture improvements for dairy production in Uruguay-Scope and Constrains, Doctoral tesis University of Hohenheim, Germany, januar 1981.

Tansini R., Technology transfer: Dairy Industries in Sweden and Uruguay, Guthenburg, 1989.

Tansini R., La industria lechera uruguaya una década de transformaciones, CEPAL Oficina de Montevideo, División Conjunta CEPAL-FAO, sin publicar Diciembre, 1989.

Timmer, C. Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency, Journal of Political Economics 79, 1971.

Valdes L. , La explotación lechera en el Uruguay, DIEA-MAP/IICA, Serie por Rubros, noviembre 1984.