

**UNIVERSIDAD DE CORDOBA**  
**POSTGRADO EN ZOOTECNIA Y GESTIÓN SOSTENIBLE**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



UNIVERSIDAD DE CORDOBA

***TESIS DOCTORAL***

**NIVEL DE COMPETITIVIDAD Y EFICIENCIA DE LA  
PRODUCCIÓN GANADERA**

**DOCTORANDA**  
**ELENA ANGÓN SÁNCHEZ DE PEDRO**

**DIRECTORES DE TESIS**  
**PROF. DR. ANTÓN GARCÍA MARTÍNEZ**  
**PROF. DR. JOSÉ MANUEL PEREA MUÑOZ**

**CÓRDOBA**

**2013**

TITULO: *Nivel de competitividad y eficiencia de la producción ganadera*

AUTOR: *ELENA ANGÓN SÁNCHEZ DE PEDRO*

---

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---





UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**NIVEL DE COMPETITIVIDAD Y EFICIENCIA DE LA  
PRODUCCIÓN GANADERA**

Tesis presentada por D<sup>a</sup> ELENA ANGÓN SÁNCHEZ DE PEDRO para optar al grado  
de Doctora por la Universidad de Córdoba (España)

**2013**

Vº Bº  
Director

Dr. Antón Rafael García Martínez

Vº Bº  
Director

Dr. José Manuel Perea Muñoz

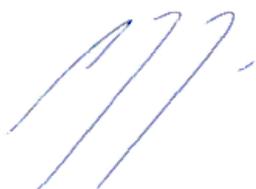


**D. ANTÓN RAFAEL GARCÍA MARTINEZ**, Profesor Titular del Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba y **D. JOSÉ MANUEL PEREA MUÑOZ**, Profesor Contratado Doctor del Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba,

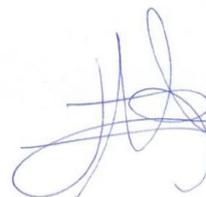
**INFORMAN:**

Que la Tesis titulada **NIVEL DE COMPETITIVIDAD Y EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN GANADERA**, que se recoge en la siguiente memoria y de la que es autora D<sup>a</sup> ELENA ANGÓN SÁNCHEZ DE PEDRO, ha sido realizada bajo nuestra dirección, cumpliendo las condiciones exigidas para optar al Grado de Doctora por la Universidad de Córdoba

Y para que conste a los efectos oportunos firman el presente informe en Córdoba a 4 de Abril de 2013.



Fdo.: Prof. Dr. Antón García Martínez



Fdo.: Prof. Dr. José Manuel Perea Muñoz





**TÍTULO DE LA TESIS:** NIVEL DE COMPETITIVIDAD Y EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN GANADERA

**DOCTORANDO/A:** ELENA ANGÓN SÁNCHEZ DE PEDRO

**INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS**

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

Durante el desarrollo de la Tesis la doctoranda ha adquirido las habilidades y competencias necesarias para poder abordar la problemática del sector desde una doble perspectiva; por una parte desde la orientación investigadora con toda su secuencia metodológica y por otra parte la resolución de problemas sectoriales de modo solvente.

La Tesis plantea un objetivo novedoso y estratégico para el sector, como es la determinación del nivel de eficiencia y viabilidad de los sistemas productivos extensivos de bajos insumos y se aplica una metodología actual, análisis envolvente de datos, para la cuantificación de la eficiencia y determinación de las mejores prácticas de manejo. Finalmente se proponen una serie de medidas técnicas, económicas y organizativas que favorecen la viabilidad del sistema lechero pastoril en el largo plazo. La Tesis cierra los distintos capítulos con una discusión global, que por una parte, compara este sistema con los restantes sistemas lecheros existentes (intensivo, mixto y ecológico) y por otro, compara los valores con los existentes en otros sectores. La Tesis no constituye un cierre de la investigación sino un punto de inicio ya que abre la metodología de análisis a otras fases del proceso (costes y escala) y a otras dimensiones de la empresa (ambiental, social y toma de decisiones).

La presente Tesis ha dado lugar a los siguientes trabajos:

- Angón, E.,** García, A., Perea, J., Toro-Mújica, P. and Pablos, C. Assessing the technical efficiency of dairy cattle farms in La Pampa (Argentina). *Livestock Production Science* (En revision)
- Angón, E.,** García, A., Perea, J., Acero, R., Toro-Mujica, P., Pacheco, H. y González, A. 2013. Eficiencia técnica y viabilidad de los sistemas de pastoreo de vacuno de leche de La Pampa (Argentina). *Agrociencia. Aceptado (En prensa)*
- Angón, E.,** García, A., Perea, J., De Pablos, C., Acero, R. and Toro-Mujica, P. 2012. Allocative efficiency of dairy cattle grazing systems in La Pampa (Argentina) applying DEA approach. 63<sup>rd</sup> Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP, 2012), 27-31 August. Bratislava, Slovakia
- Angón, E.** 2012. Evaluación de la eficiencia técnica de explotaciones de bovino lechero en La Pampa (Argentina) mediante Análisis Envolvente de Datos. I Congreso Científico de Investigadores en Formación en Agroalimentación de la eidA3 y II Congreso Científico de Investigadores en Formación de la Universidad de Córdoba. 8-9 Mayo, Córdoba, España.
- Angón, E.,** 2012. Eficiencia técnica y viabilidad de los sistemas de pastoreo de vacuno de leche de La Pampa (Argentina). IV Congreso Internacional de Agroecología y Agricultura Ecológica. 21-24 junio, Vigo, España.
- Giorgis, A., Perea, J., García, A., Gómez-Castro G., **Angón, E.** y Larrea, A., 2011. Caracterización técnico-económica y tipología de las explotaciones lecheras de la Pampa Argentina. *Revista Científica*, 21: 340-352
- Angón, E.,** Larrea, A., García, A. Perea, J., Acero, R. and Pacheco, H., 2011. Technical efficiency in dairy cattle in La Pampa, Argentina. 62<sup>nd</sup> Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP, 2011) 29 August – 2 September. Stavanger, Norway.
- Perea, J., Giorgis, A., Larrea, A., García, A., **Angón, E.** and Mata, H., 2010. Dairy farms in La Pampa (Argentina): factors affecting economic indicators; preliminary results. 61<sup>rd</sup> Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP, 2010) 23-27 August. Heraklion, Greece.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 4 de Abril de 2013

Firma del/de los director/es

Fdo.: Antón García Martínez      Fdo.: José Perea Muñoz



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar mi agradecimiento a mis directores de Tesis, Dr. D. Antón García Martínez y Dr. D. José Manuel Perea Muñoz, por sus consejos profesionales, por su apoyo personal en todo momento y fundamentalmente por la labor formativa que han mostrado desde el primer día hacia mi persona. Espero seguir compartiendo profesión con ellos, aprendiendo de su experiencia docente e investigadora muchos años más.

Al cuerpo docente y administrativo del Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, en especial a Ana Belén Caballero Castillejo y Josefina Arcos Castejón, por todos los momentos compartidos y el apoyo personal mostrado en todo momento.

Al personal docente y no docente de la Facultad de Ciencias Veterinarias de La Pampa (Argentina), por hacerme más fácil mi estancia en Argentina.

A todos mis amigos y amigas de Madrid que me han alentado siempre a seguir hacia delante, sin su apoyo mi estancia en Córdoba no hubiera sido tan fácil.

A aquellas personas que he ido conociendo en Córdoba y que se han convertido en personas fundamentales en mi vida y que sin ellas no hubiera sido posible estos 4 años de alegrías compartidas y momentos inolvidables.

A mis padres, por estar siempre ahí, apoyándome en todo lo que he hecho en la vida, porque lo que soy se lo debo a ellos.

**GRACIAS**



*A mis padres, hermano, tíos/as y primos/as*  
*A mi abuela Paula*  
*A los familiares que ya no están con nosotros*  
*A mis amigos*

*“Si he conseguido ver más lejos, es porque me he aupado en hombros de gigantes”*

*Isaac Newton*



## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÍNDICE.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>                                | <b>7</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                                 | <b>9</b>  |
| <b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>                                  | <b>13</b> |
| 1.1 Justificación.....                                       | 13        |
| 1.2 Objetivos.....   | 18        |
| <b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>                       | <b>23</b> |
| <b>CAPÍTULO 1. CONCEPTO Y MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA.....</b> | <b>23</b> |
| Resumen.....   | 23        |
| 1.1 Concepto de eficiencia.....                              | 23        |
| 1.2 La medición de la eficiencia.....                        | 26        |
| 1.2.1 Las medidas de Farrell (1957).....                     | 26        |
| 1.2.2 La dirección en la medida de la eficiencia.....        | 28        |
| 1.2.3 Medidas radiales y no radiales de eficiencia.....      | 29        |
| 1.3 Metodologías para la medida de la eficiencia.....        | 30        |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.3.1   | Técnicas paramétricas.....                                       | 31 |
| 1.3.1.1 | Fronteras determinísticas.....                                   | 31 |
| 1.3.1.2 | Fronteras estocásticas .....                                     | 35 |
| 1.3.1.3 | Cálculo del índice de eficiencia en fronteras paramétricas ..... | 36 |
| 1.3.2   | Metodologías no paramétricas.....                                | 40 |
| 1.4     | Análisis Envolvente de Datos (DEA).....                          | 40 |
| 1.4.1   | Medidas de eficiencia orientadas al input o al output .....      | 42 |
| 1.4.2   | Desarrollo matemático del modelo DEA.....                        | 43 |
| 1.4.3   | Modelo DEA de rendimientos variables a escala (VRS) .....        | 45 |
| 1.4.4   | Eficiencia de escala .....                                       | 47 |
| 1.4.5   | Tratamiento de holguras o <i>slacks</i> .....                    | 50 |
| 1.4.6   | Unidades de producción referentes.....                           | 51 |
| 1.4.7   | Cálculo de la eficiencia técnica mediante DEAP 2.1 .....         | 52 |
| 1.4.8   | Extensiones de los modelo DEA .....                              | 56 |
| 1.4.8.1 | Modelos DEA para el cálculo de la eficiencia económica .....     | 56 |
| 1.4.8.2 | La medición de la eficiencia medioambiental .....                | 58 |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 1.5  | Redes neuronales artificiales (RNA).....          | 59        |
| 1.6  | Conclusiones .....                                | 60        |
| <b>CAPÍTULO 2. COMPETITIVIDAD, VIABILIDAD Y <i>BENCHMARKING</i> DE LA EMPRESA AGROPECUARIA .....</b>                         |   | <b>63</b> |
|  | Resumen.....                                      | 63        |
| 2.1  | La competitividad de la empresa agropecuaria..... | 63        |
| 2.1.1  | Niveles de análisis de la competitividad .....    | 64        |
| 2.1.2  | La competitividad en la empresa agropecuaria..... | 68        |
| 2.2  | El concepto de <i>benchmarking</i> .....          | 69        |
| 2.2.1  | Tipos de <i>benchmarking</i> .....                | 70        |
| 2.2.2  | Etapas del proceso de <i>benchmarking</i> .....   | 71        |
| 2.3  | Conclusiones .....                                | 72        |
| <b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  |   | <b>73</b> |
| <b>CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA Y TIPOLOGÍA DE LAS EXPLOTACIONES LECHERAS DE LA PAMPA (ARGENTINA) .....</b> |   | <b>75</b> |
|  | Resumen.....                                      | 75        |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 3.1  | Introducción.....  | 76         |
| 3.2  | Material y métodos.....  | 77         |
| 3.3  | Resultados y discusión.....  | 81         |
| 3.3.1  | Descripción e interrelaciones de los principales indicadores .....     | 81         |
| 3.3.2  | Factores de caracterización.....                                       | 94         |
| 3.3.3  | Establecimiento de la tipología.....                                   | 95         |
| 3.4  | Conclusiones.....  | 105        |
| <br>   |  |            |
| <b>CAPÍTULO 4. EFICIENCIA TÉCNICA Y VIABILIDAD DE SISTEMAS DE PASTOREO DE VACUNO LECHERO EN LA PAMPA (ARGENTINA) MEDIANTE TÉCNICAS PARAMÉTRICAS.....</b> |  | <b>107</b> |
| Resumen.....   |  | 107        |
| 4.1  | Introducción.....  | 108        |
| 4.2  | Materiales y métodos.....  | 109        |
| 4.2.1  | El sistema pastoril de producción lechera .....                        | 109        |
| 4.2.2  | Muestreo y recolección de datos .....                                  | 110        |
| 4.2.3  | Modelización de la producción.....                                     | 111        |
| 4.2.4  | Eficiencia técnica y clasificación de las explotaciones lecheras ..... | 113        |

|  |   |            |
|--|---|------------|
| 4.2.5  | Viabilidad de las explotaciones.....                  | 115        |
| 4.3  | Resultados y discusión .....                          | 116        |
| 4.3.1  | Descripción del sistema lechero pastoril.....         | 116        |
| 4.3.2  | Modelización de la producción lechera.....            | 117        |
| 4.3.3  | Eficiencia de los sistemas lecheros pampeanos .....   | 118        |
| 4.3.4  | Viabilidad de explotaciones .....                     | 120        |
| 4.4  | Conclusiones .....                                    | 122        |
| <b>CAPÍTULO 5. EFICIENCIA TÉCNICA DE SISTEMAS DE PASTOREO DE VACUNO DE LECHE EN LA PAMPA (ARGENTINA) UTILIZANDO METODOLOGÍA DEA.....</b> |   | <b>125</b> |
|  | Resumen.....  | 125        |
| 5.1  | Introducción .....                                    | 125        |
| 5.2  | Metodología y especificación del modelo.....          | 128        |
| 5.2.1  | Área de estudio.....                                  | 128        |
| 5.2.2  | Variables seleccionadas .....                         | 128        |
| 5.2.3  | Modelo teórico DEA .....                              | 129        |
| 5.2.4  | Análisis en segunda etapa y <i>benchmarking</i> ..... | 130        |

|             |   |              |
|-------------|---|--------------|
| 5.3         | Resultados y discusión.....                           | 131          |
| 5.3.1       | El sistema lechero pastoral en La Pampa .....         | 131          |
| 5.3.2       | Eficiencia técnica y de escala .....                  | 132          |
| 5.3.3       | Análisis en segunda etapa y <i>benchmarking</i> ..... | 133          |
| 5.3.4       | Estudio de las holguras .....                         | 137          |
| 5.4         | Discusión e implicaciones .....                       | 138          |
| 5.5         | Conclusiones.....                                     | 140          |
| <b>IV.</b>  | <b>DISCUSIÓN GLOBAL .....</b>                         | <b>145</b>   |
| <b>V.</b>   | <b>CONCLUSIONES .....</b>                             | <b>161</b>   |
| <b>VI.</b>  | <b>RESUMEN.....</b>                                   | <b>1677</b>  |
| <b>VI.</b>  | <b>ANEXO.....</b>                                     | <b>1733</b>  |
| <b>VII.</b> | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>               | <b>20201</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 0.1.</b> Cuencas lecheras en Argentina. Fuente: SAGPYA, 2003.....  | 16  |
| <b>Figura 0.2.</b> Evolución del censo bovino en la provincia de La Pampa (Argentina).<br>Fuente: Anuario Estadístico de La Pampa, 2012. ....                                    | 17  |
| <b>Figura 1.1.</b> Modelo de eficiencia de Farrell. ....   | 27  |
| <b>Figura 1.2.</b> Medidas de eficiencia técnica según la orientación.....   | 29  |
| <b>Figura 1.3.</b> Estimación de las holguras o <i>slacks</i> . ....   | 50  |
| <b>Figura 1.4.</b> Esquema de la metodología DEA.....  | 52  |
| <b>Figura 1.5.</b> Entrada de datos (input/output) a DEAP. ....  | 53  |
| <b>Figura 1.6.</b> Documento de instrucciones.....   | 54  |
| <b>Figura 1.7.</b> Instrucción DEAP 2.1.....   | 54  |
| <b>Figura 1.8.</b> Documento de salida. ....   | 55  |
| <b>Figura 1.9.</b> Salida programa DEAP. ....  | 55  |
| <b>Figura 1.10.</b> Estructura de una red neuronal (Autor: Santín, 2003).....  | 60  |
| <b>Figura 2.1.</b> Etapas de <i>benchmarking</i> . ....  | 72  |
| <b>Figura 3.1.</b> Posicionamiento de las explotaciones según su puntuación en los<br>factores F1 (dimensión y productividad) y F2 (especialización e intensificación).<br>..... | 96  |
| <b>Figura IV.1.</b> Representación del nivel de eficiencia según la dependencia de<br>insumos y el uso de la tierra.....   | 154 |
| <b>Figura Anexo 1.</b> Gráfico de dispersión para la eficiencia técnica de Timmer...   | 177 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 0.1.</b> Publicaciones de referencia que abordan la relación entre eficiencia técnica y viabilidad en cada sistema de producción..... | 13 |
| <b>Tabla 0.2.</b> Evolución del censo bovino en la provincia de La Pampa (Argentina) Fuente: Anuario Estadístico de La Pampa, 2012. ....       | 17 |
| <b>Tabla 1.1.</b> Artículos más relevantes en el sector vacuno de leche. ....  | 25 |
| <b>Tabla 1.2.</b> Cálculo de errores de estimación del modelo linealizado.....   | 34 |
| <b>Tabla 1.3.</b> Eficiencia de Timmer para modelo linealizado y transformado. ....  | 37 |
| <b>Tabla 1.4.</b> Eficiencia de Koop para los modelos linealizado y transformado. ....   | 39 |
| <b>Tabla 1.5.</b> Ventajas y desventajas del método DEA. ....  | 42 |
| <b>Tabla 1.6.</b> Resultados de la eficiencia mediante análisis DEA a partir de los inputs y outputs considerados. ....                        | 49 |
| <b>Tabla 2.1.</b> Niveles de análisis de la competitividad .....   | 66 |
| <b>Tabla 3.1.</b> Superficie y uso de la tierra de acuerdo a la tipología .....  | 82 |
| <b>Tabla 3.2.</b> Dimensión del rebaño y características productivas de acuerdo a la tipología .....   | 83 |
| <b>Tabla 3.3.</b> Intensificación y alimentación de acuerdo a la tipología. ....   | 85 |
| <b>Tabla 3.4.</b> Factor trabajo y estructura de la mano de obra de acuerdo a la tipología. ....   | 87 |
| <b>Tabla 3.5.</b> Indicadores de capital y amortizaciones de acuerdo a la tipología. ....  | 88 |
| <b>Tabla 3.6.</b> Ingresos de acuerdo a la tipología.....  | 90 |
| <b>Tabla 3.7.</b> Gastos de acuerdo a la tipología .....   | 91 |
| <b>Tabla 3.8.</b> Gastos directos por vaca de acuerdo a la tipología .....   | 92 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 3.9.</b> Resultados de acuerdo a la tipología. ....  | 93  |
| <b>Tabla 3.10.</b> Factores extraídos, autovalores, varianzas explicada y acumulada, y coeficientes de correlación de las variables con los diferentes factores.....    | 94  |
| <b>Tabla 4.1.</b> Estadística descriptiva de las variables iniciales elegidas, abreviatura, unidades, promedio + error estándar y coeficiente de variación (CV, %)..... | 112 |
| <b>Tabla 4.2.</b> Modelo de regresión lineal ajustado .....   | 117 |
| <b>Tabla 4.3.</b> Comparación de explotación de acuerdo al nivel de eficiencia técnica. ....  | 119 |
| <b>Tabla 4.4.</b> Comparación de explotaciones según eficiencia y viabilidad. ....  | 121 |
| <b>Tabla 5.1.</b> Variables utilizadas en el modelo DEA.....  | 129 |
| <b>Tabla 5.2.</b> Resumen estadístico de las explotaciones lecheras de La Pampa .....   | 131 |
| <b>Tabla 5.3.</b> Estadística descriptiva de los índices de eficiencia técnica.....   | 133 |
| <b>Tabla 5.4.</b> Comparación de la eficiencia técnica pura en explotaciones eficientes y menos eficientes .....  | 135 |
| <b>Tabla 5.5.</b> Comparación de la eficiencia técnica pura en explotaciones eficientes y menos eficientes .....  | 136 |
| <b>Tabla 5.6.</b> Nivel de inputs y output, pares de referencia y objetivos de producción de la explotación o DMU 33.....   | 137 |
| <b>Tabla IV.1.</b> Comparación entre niveles de eficiencia y viabilidad.....  | 147 |
| <b>Tabla IV.2.</b> Comparación entre explotaciones eficientes e ineficientes (DEA). ....  | 152 |
| <b>Tabla IV.3.</b> Comparación del nivel de eficiencia según sistema productivo. ....   | 153 |
| <b>Tabla Anexo 1.</b> Matriz de correlación entre variables del sistema.....  | 178 |

# **I. INTRODUCCIÓN**

---



# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Justificación

La Tesis Doctoral aborda la eficiencia técnica y la viabilidad de las explotaciones ganaderas desde la perspectiva del agrosistema. En una primera etapa se evalúa el grado de conocimiento actual. Con este propósito se realiza una revisión bibliográfica en los diferentes sistemas de producción. Las publicaciones clave son las que se muestran en la **Tabla 0.1**.

**Tabla 0.1.** Publicaciones de referencia que abordan la relación entre eficiencia técnica y viabilidad en cada sistema de producción.

| Sistema de producción |             | Metodología                | Orientación eficiencia                | Autores   |
|-----------------------|-------------|----------------------------|---------------------------------------|---|
| Vacuno de leche       | Intensivo   | DEA                        | Eficiencia técnica y económica        | Hansson <i>et al.</i> , 2007; Stokes <i>et al.</i> , 2007       |
|                       |             | DEA Estocástica            | Eficiencia económica                  | Álvarez <i>et al.</i> , 2008; Areal <i>et al.</i> , 2012        |
|                       |             | Estocástica DEA            | Eficiencia medioambiental             | Van Passel <i>et al.</i> , 2009; Iribarren <i>et al.</i> , 2011 |
|                       | Mixto       | DEA                        | Eficiencia técnica                    | Gamarra <i>et al.</i> , 2004; Urdaneta <i>et al.</i> , 2010     |
| Vacuno de carne       | Extensivo   | Determinística             | Eficiencia técnica y alocativa        | Ruiz <i>et al.</i> , 2000; Castillo, 2007                       |
| Caprino               | Carne/leche | DEA                        | Eficiencia técnica                    | Galanopoulos <i>et al.</i> , 2011                               |
| Ovino                 | Leche       | DEA                        | Eficiencia técnica                    | Shomo <i>et al.</i> , 2010; Theodoridis <i>et al.</i> , 2012    |
|                       | Carne       | Determinística Estocástica | Eficiencia técnica                    | Pérez <i>et al.</i> , 2007; Melfou <i>et al.</i> , 2009         |
| Porcino               | Blanco      | DEA                        | Eficiencia técnica                    | Galanopoulos <i>et al.</i> , 2006                               |
|                       | Ibérico     | DEA                        | Eficiencia técnica en sistemas mixtos | Gaspar <i>et al.</i> , 2009                                     |

Una vez evaluado el grado de conocimiento de los diferentes sectores ganaderos y sistemas de producción, se observa la gran escasez de estudios referidos a los sistemas extensivos de vacuno de leche e inexistentes los enfocados a una producción basada en los recursos forrajeros, ya sean praderas naturales, reservas o cultivos. Debido a las carencias sobre el conocimiento de estos sistemas particulares y de gran interés medioambiental, el estudio se centra en la evaluación de la eficiencia técnica de explotaciones de vacuno lechero pastoriles, donde el 60% de la alimentación procede de recursos forrajeros de la propia explotación. Se toma como referente la cuenca lechera pampeana donde la producción se desarrolla bajo sistemas extensivos o semi-intensivos en pastoreo, con diferentes niveles de suplementación.

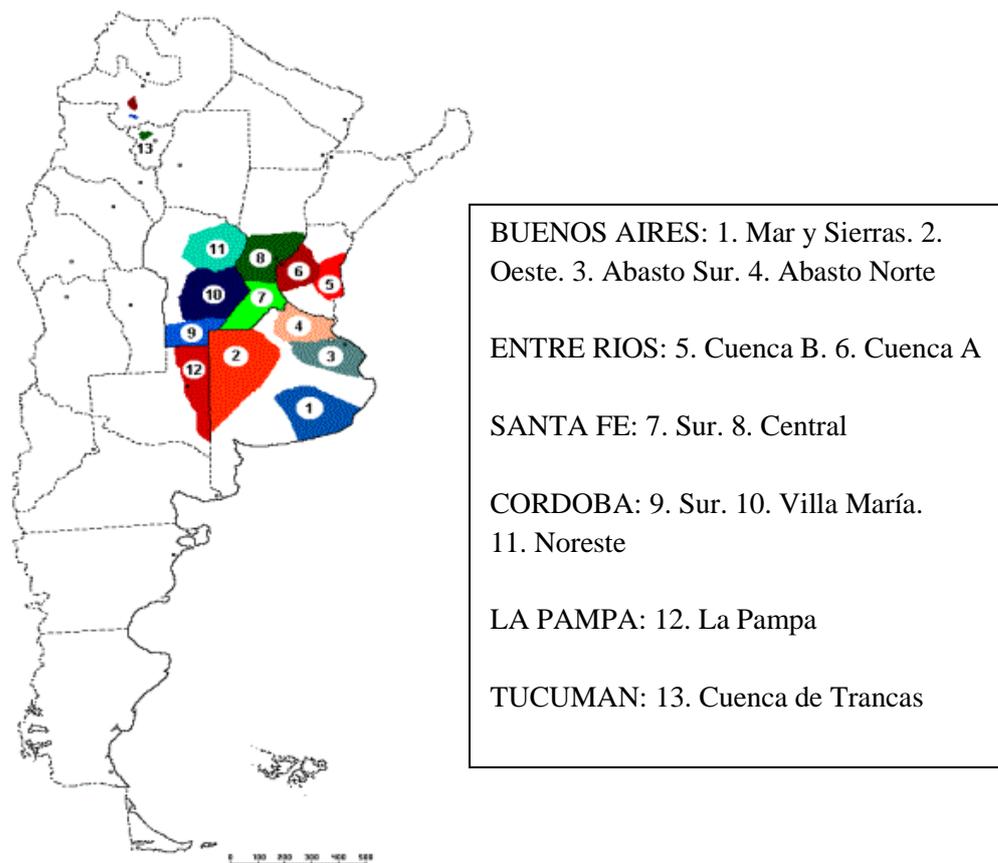
Por otra parte, la incertidumbre económica mundial y la inestabilidad en Argentina, con altos niveles de inflación, ha motivado el estudio del nivel de eficiencia técnica unida a la viabilidad económica. La viabilidad económica entendida como indicador de la estabilidad del sector a largo plazo y del nivel de competitividad de las explotaciones. Este estudio permitirá realizar futuras investigaciones en relación a la eficiencia medioambiental y la asignación de los recursos naturales; responder a preguntas: ¿cómo afecta la intensificación a la calidad de los suelos?, ¿de las praderas?; ¿cómo se puede ser más eficiente y competitivo y al mismo tiempo favorecer un desarrollo sustentable?

Desde la década de los 80 el sector lechero argentino ha vivido en permanente estado de cambios, con una gran expansión en los años 90, vinculada a la creación del Mercosur (Mercado del Cono Sur de América). Esta última expansión fue acompañada de crecimientos del 7% anual, mientras que a finales de los 90 y principio del siglo XXI el sector lechero argentino comenzó a decaer (con una caída del 6% durante el año 2000 respecto al 1999). Tras la devaluación del peso argentino en 2001 se ampliaron las ventajas de la agricultura, productora de bienes de exportación y bajo nivel de inversión, frente a la ganadería, productora de carne y leche para el mercado interno. A diferencia de otras actividades del sector agropecuario, la actividad lechera es una decisión a largo plazo, demandante de alta inversión fija en animales, instalaciones y equipos (Perea *et*

*al.*, 2011). Por todo ello, el abandono o la reconversión de la actividad lechera en situaciones desfavorables se hace más complicado.

Como consecuencia directa de la recesión económica, la devaluación de la moneda nacional, la competitividad de los cultivos agrícolas, las explotaciones ganaderas no reaccionaron de un modo homogéneo en lo que se refiere a la adaptación de su organización estructural. De esta manera, se han generado un conjunto de explotaciones ganaderas con notable variabilidad en cuanto a sus estrategias productivas así como en los niveles de aplicación de tecnología. El estudio de la tecnología y del uso eficiente de los insumos permitirá a los ganaderos y productores elaborar sus propias directrices productivas y económicas que garanticen la competitividad; y a las instituciones, promover diferentes políticas sectoriales que favorezcan el desarrollo del mismo.

En Argentina se producen anualmente 11.600 millones de litros de leche, de los que el 24% se exporta como leche en polvo principalmente a Brasil (24%), Venezuela (21%) y Argelia (12%) (MAGyP, 2012). Debido a las mejoras de las condiciones macroeconómicas del país, el consumo de leche ha aumentado, situándose para el año 2011 en 210 l/habitante y año. Según datos del SENASA (2011), durante el primer cuatrimestre de 2011 la recepción de leche fue 16,6% superior a la registrada en igual período del año anterior y 25,1% mayor que el promedio de los últimos 10 años. Las cuencas lecheras más importantes son: Córdoba (37%), Santa Fe (32%), Buenos Aires (25%) Entre Ríos (3,1%) y La Pampa (1,4%) (**Figura 0.1**).



**Figura 0.1.** Cuencas lecheras en Argentina. Fuente: SAGPYA, 2003.

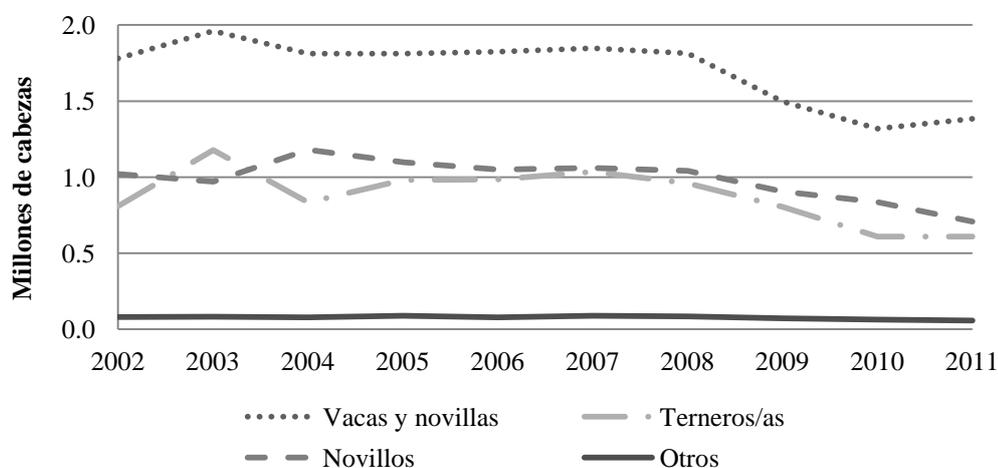
El número de explotaciones lecheras registradas en 2011 fue de 11.646, evidenciando una disminución del 2,4% respecto al año anterior. Entre Ríos fue la provincia de mayor caída de unidades productivas (8,2%), seguida por Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires (-3,2%, -1,6% y -1,1% respectivamente). Por su parte, la cuenca de La Pampa fue la única provincia que presentó un incremento en el tamaño, siendo del 7,9%.

En Argentina hay 1.500.000 vacas en ordeño distribuidas en 11.646 explotaciones. En la Provincia de La Pampa hay 172 explotaciones y 20.540 vacas en ordeño; siendo la tendencia hacia la concentración productiva, es decir, la disminución del número de explotaciones acompañada de aumentos en la productividad. Esta tendencia se muestra en la **Tabla 0.2** y **Figura 0.2**.

**Tabla 0.2.** Evolución del censo bovino en la provincia de La Pampa (Argentina)

Fuente: Anuario Estadístico de La Pampa, 2012.

| Año  | Total     | Vacas y novillas | Terneros/as | Novillos  | Otros  |
|------|-----------|------------------|-------------|-----------|--------|
| 2002 | 3.690.911 | 1.781.409        | 807.954     | 1.020.086 | 80.658 |
| 2003 | 4.192.433 | 1.961.277        | 1.177.968   | 970.841   | 82.347 |
| 2004 | 3.905.795 | 1.811.507        | 834.810     | 1.180.307 | 79.171 |
| 2005 | 3.980.302 | 1.811.645        | 981.414     | 1.097.830 | 89.413 |
| 2006 | 3.937.841 | 1.824.582        | 985.352     | 1.049.606 | 78.301 |
| 2007 | 4.033.360 | 1.848.347        | 1.034.705   | 1.061.524 | 88.784 |
| 2008 | 3.899.542 | 1.813.982        | 959.627     | 1.041.300 | 84.633 |
| 2009 | 3.279.210 | 1.498.013        | 804.355     | 905.549   | 71.293 |
| 2010 | 2.829.080 | 1.319.499        | 610.099     | 836.587   | 62.895 |
| 2011 | 2.757.268 | 1.382.860        | 609.834     | 707.436   | 57.138 |



**Figura 0.2.** Evolución del censo bovino en la provincia de La Pampa (Argentina).

Fuente: Anuario Estadístico de La Pampa, 2012.

La disminución del número de animales y del número de explotaciones, frente al aumento de la producción lechera indica una intensificación de la producción. Esta podría afectar a la sustentabilidad del sistema desde sus tres vertientes: social, económica y ambiental. Crear modelos de producción sustentables en

ganadería es un trabajo relevante para promover la competitividad de los sectores ganaderos, respondiendo a preguntas del tipo: ¿cómo se puede ser más eficiente y competitivo y al mismo tiempo favorecer un desarrollo sustentable? Así, la unión entre sustentabilidad, eficiencia y competitividad es abordada en esta tesis, con la idea de afrontar nuevos retos y preocupaciones de la sociedad actual.

## 1.2 Objetivos

El objetivo general es el análisis de la eficiencia técnica y la viabilidad del sistema pastoril vacuno lechero en la provincia de La Pampa (Argentina), con el fin de favorecer la competitividad. Para alcanzar el objetivo general, se plantea la siguiente estructura de Tesis:

El **Capítulo 1, Concepto y medición de la eficiencia**, se introduce el marco teórico necesario para la investigación. Se realiza una revisión de los principales conceptos de productividad y eficiencia, y los diferentes métodos que existen actualmente para determinarla, dedicando una especial atención a la metodología Análisis Envolvente de Datos (DEA).

En el **Capítulo 2, Competitividad, viabilidad y *benchmarking* de la empresa agropecuaria**, se profundiza en los conceptos de competitividad empresarial y de *benchmarking* como herramienta para evaluar la viabilidad de las explotaciones estudiadas.

El **Capítulo 3, Caracterización y tipología de las explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina)** permite avanzar en el conocimiento del sistema vacuno lechero pastoril mediante análisis multivariante.

El **Capítulo 4, Eficiencia técnica y viabilidad de los sistemas de pastoreo de vacuno de leche en la Pampa (Argentina)**, se calcula la función de producción frontera mediante técnicas econométricas y los índices de eficiencia media, así como los factores que inciden en la eficiencia. Se evalúa la viabilidad económica de

las mismas, y se presentan propuestas de mejora para aquellas explotaciones no viables desde el punto de vista económico dentro de los diferentes niveles de eficiencia técnica.

En el **Capítulo 5, Eficiencia técnica de sistemas de pastoreo de vacuno de leche en La Pampa (Argentina) utilizando metodología DEA**; se realiza un análisis exploratorio y se determinan los índices de eficiencia técnica con los diferentes modelos DEA, así como se introduce el concepto de eficiencia de escala. Se concluye el mismo capítulo con el análisis de segunda etapa, en el que se determinan las variables que puedan estar asociadas a la ineficiencia. Mediante técnicas de *benchmarking* se localizan las mejores prácticas que servirán de referentes a las explotaciones ineficientes técnicamente.

Finalmente, se dedica el apartado **IV** a la **Discusión global** donde se analizan los resultados obtenidos y sus implicaciones de modo conjunto. Se recogen propuestas que podrían derivar en futuras líneas de investigación.



## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

---



## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### CAPÍTULO 1. Concepto y medición de la eficiencia

#### Resumen

En los últimos años hay una preocupación creciente por la medición de la eficiencia productiva en diversos sectores, también de la actividad agrícola-ganadera. Esto es debido en gran parte al aumento de la competitividad de las empresas del sector, unido al proceso de globalización de las últimas décadas. Existen técnicas paramétricas y no paramétricas, dependiendo de la existencia o no de una forma funcional. Dentro de las técnicas paramétricas (Determinísticas y Estocásticas) existen diferentes criterios para establecer la función frontera; mientras que a través de las técnicas no paramétricas (Análisis Envolvente de Datos, DEA, y Redes Neuronales Artificiales, RNA) no se estima una función, y por ende, no se pueden realizar predicciones en casos que no pertenecen a la muestra. Ciertas ventajas de la metodología DEA explican su amplia utilización.

#### 1.1 Concepto de eficiencia

De acuerdo a Gaspar (2007), el objetivo de cualquier ganadero es organizar la producción de tal manera que tome decisiones en todo lo referente al uso de los factores productivos, a cambio de obtener un beneficio empresarial. Debe decidir qué factores va a emplear y en qué niveles, actuando a corto plazo sobre el ciclo productivo o planificando a largo plazo la estrategia de producción. Comparar explotaciones según su comportamiento ha sido de gran interés para el análisis económico en los últimos años: de esta manera han ido surgiendo conceptos como el de eficiencia y productividad.

La eficiencia es la capacidad de las unidades de producción para generar el máximo nivel de producto u output a partir de un uso óptimo de recursos o inputs. La eficiencia técnica se apoya en muchos casos de las técnicas *benchmarking*,

donde se parte de la idea general de que la explotación eficiente puede ser utilizada como referente (la mejor práctica) para medir el desempeño de las otras explotaciones competitivas (Iribarren *et al.*, 2011). Los conceptos de competitividad y *benchmarking* se abordaran de modo más profuso en el Capítulo 2.

Cuando se habla de productividad normalmente se hace referencia al concepto de productividad media de un input, es decir, al número de unidades de un output producidas por cada unidad empleada del input (Álvarez, 2001).

$$Productividad = \frac{Output}{Input}$$

Cuando en el proceso de producción están implicados un solo output y un solo input, esta misma fórmula también podría utilizarse para comparar productividades entre explotaciones como forma de medida de sus eficiencias relativas o medir el cambio experimentado en una de ellas entre periodos sucesivos (productividad del trabajo o de la tierra) (Arzubi, 2003). Cuando tenemos mayor número de inputs y/o de outputs, se utiliza el concepto de Productividad Total de los Factores (PTF), el cual se puede definir como el cociente entre la suma ponderada de outputs ( $y$ ) y la suma ponderada de inputs ( $x$ ), donde  $a_i$  y  $b_j$  son las ponderaciones de outputs e inputs respectivamente (Álvarez, 2001).

$$PTF = \frac{\sum a_i y_i}{\sum b_j x_j}$$

La medición de la eficiencia es ampliamente utilizada en sectores como el energético o industrial, servicios médicos, educación, etc. (Schuschny, 2007). Ese interés se amplía a los sistemas agroalimentarios (Dimarra *et al.*, 2008; Dios-Palomares *et al.*, 2011; Mousavi-Avval *et al.*, 2012) y sistemas ganaderos.

En el sector ganadero los trabajos más numerosos son relativos al vacuno de leche. Destacan los trabajos de Álvarez *et al.* (1988), Álvarez (1991), González *et al.* (1996), Tauer (2001), Pardo (2001), D'Haesse *et al.* (2007) y Stokes *et al.* (2007). En la literatura internacional los análisis de eficiencia en sectores ganaderos que aplican metodología DEA están ampliamente extendidos, destacando Fousekis *et al.* (2001), Galanopoulos *et al.* (2011) y Theodoridis *et al.* (2012) en pequeños rumiantes o Sharma *et al.* (1999), Lansink and Reinhard (2004) y Galanopoulos *et al.* (2006) en el sector porcino. En vacuno de leche destacan los que se indican en la **Tabla 1.1**.

**Tabla 1.1.** Artículos más relevantes en el sector vacuno de leche.

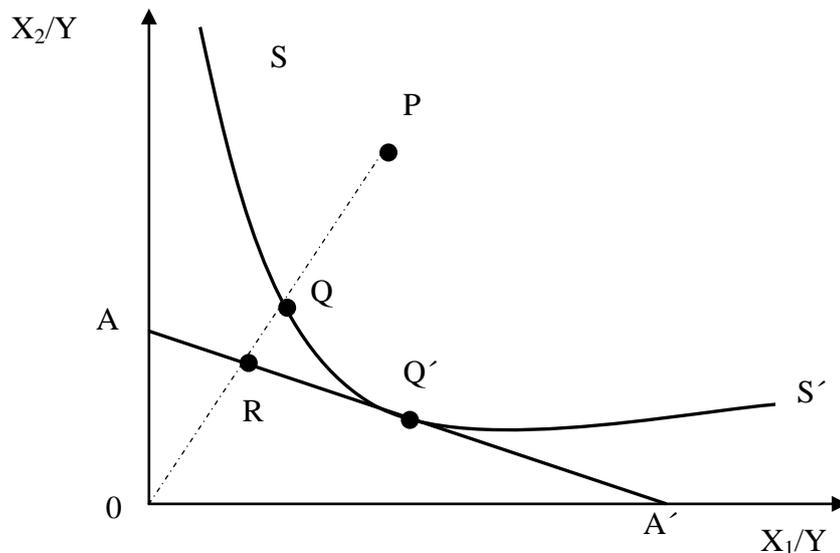
| <b>Título</b>   | <b>Año</b> | <b>Autores</b>  |
|---|------------|---|
| Medidas de eficiencia en la producción de leche: caso de la provincia de Córdoba                              | 2001       | Pardo, L. (Tesis Doctoral)  |
| Análisis multicriterio de la eficiencia económica de las explotaciones agroganaderas de las Azores (Portugal) | 2001       | Diniz-Gil, E. (Tesis Doctoral)  |
| Análisis de eficiencia sobre explotaciones lecheras de la Argentina   | 2003       | Arzubi, A. (Tesis Doctoral)   |
| Identifying efficient Dairy producers using Data Envelopment Analysis   | 2007       | Stokes, J., Tozer, P. and Hyde, J.  |
| Does intensification improve the economic efficiency of dairy farms?  | 2008       | Álvarez, A., del Corral, J., Solís, D. and Pérez, A.                              |
| Eficiencia técnica en fincas ganaderas de doble propósito en la cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela       | 2010       | Urdaneta, F., Peña, M. González, B., Casanova, A., Cañas, J. y Dios-Palomares, R. |
| Farm technical efficiency under a tradable milk quota system  | 2012       | Areal, F., Tiffin, R. and Balcombe, K.  |
| Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers  | 2013       | Shortall, O.K. Barnes A.P.  |

## 1.2 La medición de la eficiencia

### 1.2.1 Las medidas de Farrell (1957)

Hasta finales de los cincuenta las herramientas para la medición de la eficiencia se basaban en estimaciones con Mínimos Cuadrados Ordinarios. Farrell (1957) ideó un método para determinar la eficiencia y propuso como alternativa el cálculo de la eficiencia relativa, es decir, la desviación observada respecto a aquella situación que reflejara mayor eficiencia productiva en un grupo representativo y homogéneo. Cada unidad de producción o explotación se compara con aquellas que se consideran eficientes en la frontera de producción, entendida como el máximo resultado que puede alcanzar una unidad productiva si utiliza adecuadamente una serie de insumos o recursos dados.

Con una perspectiva a largo plazo, la eficiencia implica la maximización del beneficio y la minimización de los costes. Farrell (1957), por un lado, desarrolló un método para el cálculo empírico de la eficiencia y, por otro, separó sus componentes técnico y asignativo, donde, la eficiencia técnica (ET) se refiere a la eficiencia de transformación de los inputs en output, y la eficiencia asignativa (EA) a la proporción de inputs necesarios para generar el mínimo coste para la producción de un determinado nivel de output. El modelo de Farrell parte del supuesto de la existencia de rendimientos constantes a escala, por lo que la tecnología puede representarse como un isocuanta unitaria, que indica las combinaciones eficientes de inputs que permiten producir una unidad de output. En la **Figura 1.1** se representa el modelo de Farrell sobre el que se construye una curva isocuanta (curva  $SS'$ ) con una función de producción conocida de tipo Cobb-Douglas (Cobb and Douglas, 1928). Los dos inputs ( $X_1$ ,  $X_2$ ) se ubican en los ejes como la razón de utilización de cada factor por unidad de output ( $Y$ ).



**Figura 1.1.** Modelo de eficiencia de Farrell.

La unidad de producción  $Q$  combina los inputs en la misma proporción que  $P$ , aunque obtiene  $OP/OQ$  veces más output que  $P$ . Por tanto, el ratio  $OQ/OP$  puede ser considerado como una medida de la eficiencia técnica de la unidad de producción  $P$ . De acuerdo a Álvarez (2001), sólo aquellas unidades de producción o explotaciones ubicadas en la isocuenta ( $SS'$ ), es decir, las que operan sobre la función de producción, son eficientes desde el punto de vista técnico.

Respecto al componente asignativo de la eficiencia, sólo existe una combinación de inputs que minimiza el coste de producción, dados unos precios de los factores. Los precios de los inputs definen la recta de isocostos  $AA'$ , de pendiente negativa. Las unidades de producción que se sitúen en el punto  $Q'$  serán eficientes desde el punto de vista técnico y asignativo. Se debe señalar que  $P$  y  $Q$  tienen el mismo grado de eficiencia asignativa, aunque la primera no sea técnicamente eficiente y la segunda sí. De este modo, para medir la eficiencia asignativa se debe primero “eliminar” su ineficiencia técnica. En otras palabras, la eficiencia técnica no necesariamente implica a la eficiencia económica, pero si se alcanza la eficiencia económica, ésta sí implica a la eficiencia técnica (Toro-Mujica *et al.*, 2011).

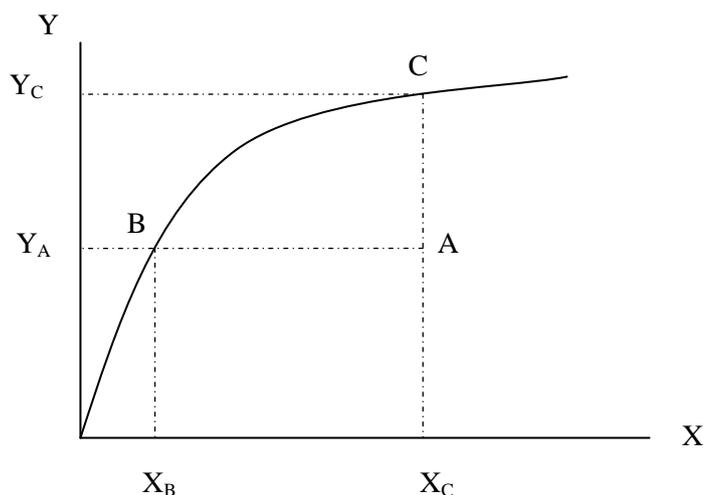
Una explotación será eficiente cuando lo sea desde la doble perspectiva: técnica y económica. En este sentido, la eficiencia económica ( $EE_c$ ) de una unidad productiva o explotación puede ser definida como el cociente  $OR/OP$ , siendo la eficiencia total igual al producto de la eficiencia técnica y asignativa (Farrell, 1957):

$$EE_c = ET \times EA = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP}$$

### 1.2.2 La dirección en la medida de la eficiencia

La determinación de la eficiencia técnica (ET) implica elegir una dirección, es decir, hay que decidir el camino que lleva a la frontera. Dado que todas las unidades productivas situadas en la frontera son eficientes desde el punto de vista técnico, la medida de ET dependerá de cuál es la unidad productiva eficiente elegida como referencia (Álvarez, 2001). Dos son las direcciones habitualmente escogidas:

- 1) Orientada a input: se toma como referencia aquella unidad de producción eficiente que produce el mismo output que la evaluada. En la **Figura 1.2**, la explotación eficiente es la B, por lo que el índice de eficiencia técnica es  $ET_1 = X_B/X_A$ .
- 2) Orientada a output: se elige como referencia aquella unidad de producción que utiliza las mismas cantidades de inputs que la evaluada. En la **Figura 1.2**, la explotación eficiente es la C, por lo que el índice de eficiencia técnica es  $ET_2 = Y_A/Y_C$ .



**Figura 1.2.** Medidas de eficiencia técnica según la orientación.

La equivalencia de ambas mediciones de eficiencia técnica se da lugar únicamente cuando la función de producción presenta rendimientos constantes a escala (Färe y Lovell, 1978).

### 1.2.3 Medidas radiales y no radiales de eficiencia

El índice de Farrell es una medida radial, puesto que mide la eficiencia de un radio vector que sale del origen. Se comparan explotaciones que utilizan los inputs en la misma proporción. Una de las ventajas más importantes es que las medidas se mantienen invariantes ante cambios en las unidades de medida (Álvarez, 2001).

Färe, Grosskopf y Lovell (1985) introdujeron la medida hiperbólica, pudiendo realizar una medición orientada al mismo tiempo al input y al output. Este índice impone la radialidad en ambos sentidos, midiendo la distancia hacia la frontera a lo largo de la hipérbola.

Como medidas no radiales, tenemos la de Timmer (1971), la medida de Koop (1981), Russell (1985) y Zieschang (1984), midiendo las distancias a la frontera según una dirección output o input.

### 1.3 Metodologías para la medida de la eficiencia

En el estudio de Farrell (1975) se sugiere la aplicación empírica de sus ideas mediante dos tipos de aproximaciones metodológicas:

- El primero se basa en establecer una forma funcional que constituirá la frontera eficiente.
- El segundo establece la frontera eficiente resolviendo ecuaciones mediante el uso de la programación lineal.

Las dos posibilidades presentadas fueron desarrolladas mediante dos técnicas para estimar la frontera: técnicas paramétricas y técnicas no paramétricas.

- 1) Técnicas paramétricas: aquellas que especifican una forma funcional concreta para la frontera. Mediante programación matemática o técnicas econométricas se estiman los parámetros de la función a estimar (Álvarez, 2001). Esta línea dio origen, entre otros, a las siguientes metodologías de análisis de frontera:
  - Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos: Toro-Mújica *et al.* (2011) evaluaron la eficiencia técnica del sistema ovino lechero ecológico en Castilla La Mancha mediante esta técnica.
  - Frontera estocástica: Areal *et al.* (2012) crearon una frontera estocástica para evaluar la incidencia de la cuota lechera en la eficiencia técnica de los sistemas lecheros de Inglaterra y Galés.
  - Máxima verosimilitud: Schmidt (1976) empleó estas técnicas para el cálculo de fronteras de producción.
- 2) Técnicas no paramétricas: No se construye una forma funcional de la frontera, sino que las unidades de producción eficientes se unen linealmente conformando una envolvente de posibilidades de producción para el resto de las unidades ineficientes. Estas técnicas han sido ampliamente utilizados en sistemas ganaderos, destacando los trabajos de Latruffe *et al.* (2005), Hansson y Öhlmer (2008), Gaspar *et al.* (2009),

Picazo-Tadeo *et al.* (2011), Galanopoulos *et al.* (2011) y Theodoridis *et al.* (2011).

### 1.3.1 Técnicas paramétricas

A partir de una función Cobb-Douglas y empleando programación matemática, Aigner y Chu (1968) fueron los pioneros en utilizar formas funcionales para estimar la eficiencia. Su modelo es:

$$\ln Y = \ln \beta_0 + \sum \beta_j \ln X_j - \mu, \quad \mu \geq 0$$

donde  $\beta$  es un parámetro desconocido a estimar y  $\mu$  es una variable aleatoria no negativa, asociada con la ineficiencia técnica. Los parámetros de la función se estiman mediante programación matemática o técnicas econométricas (Álvarez, 2001; Murillo-Zamorano, 2004).

El principal inconveniente del enfoque paramétrico consiste en que la forma funcional elegida es una hipótesis impuesta a los datos que no puede ser contrastada, sin embargo, tiene la ventaja de permitir la realización de inferencias estadísticas sobre los resultados obtenidos (Iráizoz *et al.*, 2003).

#### 1.3.1.1 Fronteras determinísticas

Las fronteras determinísticas son aquellas que atribuyen toda la desviación a la ineficiencia. Farrell y posteriores investigadores siguieron esta línea hasta 1977; el modelo es el siguiente:

$$Y = f(x) - \mu$$

donde  $\mu$  es una perturbación aleatoria no negativa, que mide la distancia de cada unidad de producción a la frontera de producción.

Existen básicamente dos criterios para el establecimiento del tipo de frontera:

- 1) A partir de la función media o modelo de Marschark-Andrews (1944). Se toma como valor frontera aquel que está sobre la curva de ajuste mínimo cuadrática, a la que denomina función media. Este método ha sido criticado porque posibilita que algunas observaciones queden sobre la función de producción frontera, lo que no resulta apropiado si se está evaluando eficiencia técnica de unidades de producción o explotaciones individuales (Toro-Mujica et al., 2011).

Tomando como ejemplo un conjunto de unidades productivas lecheras en La Pampa (Argentina), Angón *et al.* (en prensa) utilizarón la siguiente función Coob-Douglas en su forma lineal:

$$\ln Y = \ln f(x) - \mu; \mu \geq 0$$

Para el conjunto de unidades, la función linealizada puede ser utilizada directamente como función media:

$$\ln PL = 7,1796 + 0,108071 \ln CCON + 1,2659 \ln VO$$

Donde PL es la producción de leche producida por la explotación en un año; CCON corresponde a los kg de concentrado/vaca en ordeño y día y VO el número de vacas en ordeño.

- 2) A partir de la función absoluta de Greene, mediante el siguiente modelo econométrico:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^n \alpha_k V_{ki} + \varepsilon_i$$

Los parámetros son estimados por regresión multilineal por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), con perturbación simétrica y media cero. Si bien, este método proporciona una estimación de los parámetros  $\alpha_k$  insesgada, no ocurre lo mismo con el parámetro  $\beta_0$ , que no es estimado consistentemente (Colom, 1994). Para subsanar tal inconveniente, Greene (1980) propuso el desplazamiento de la ordenada desde el origen en una cantidad  $\beta_0$  de manera que todos los residuos estimados tengan el mismo signo. Trabajos de Bravo-Ureta y Rieger (1990), García *et al.* (2007) y Toro-Mújica *et al.* (2011) entre otros utilizan esta técnica.

Si continuamos con el ejemplo anterior sobre el modelo linealizado, debemos calcular para cada par de valores de LnCCON y LnVO su respectivo valor de producción LnPL, y compararlo con el valor real obteniendo, de este modo se obtendrían los errores de estimación tal como se observa en la **Tabla 1.2**.

La frontera de producción absoluta se obtiene agregando el máximo residuo positivo a la función media. En este ejemplo, el máximo residuo positivo toma el valor de 1,56, de manera que la función frontera absoluta queda representada por:

$$\text{Modelo linealizado: } \ln PL = 8.7396 + 0,108071 \ln CCON + 1,2659 \ln VO$$

En tanto que, una vez transformado a la respectiva función de Cobb Douglas, toma la siguiente forma:

$$\text{Modelo transformado: } PL = e^{8,7396} \times CCON^{0,108071} \times VO^{1,2659}$$

**Tabla 1.2.** Cálculo de errores de estimación del modelo linealizado.

| Explotación | Ln PL | Ln CCON | Ln VO | Valor estimado Ln PL | Errores     |
|-------------|-------|---------|-------|----------------------|-------------|
| 1           | 12,28 | 0,42    | 3,66  | 11,86                | 0,42        |
| 2           | 12,38 | 1,55    | 3,62  | 11,93                | 0,45        |
| 3           | 12,41 | 0,83    | 4,09  | 12,45                | -0,04       |
| 4           | 12,24 | -11,51  | 3,96  | 10,95                | 1,29        |
| 5           | 11,35 | -11,51  | 3,09  | 9,85                 | 1,50        |
| 6           | 12,78 | -11,51  | 4,17  | 11,22                | <u>1,56</u> |
| 7           | 14,32 | 1,96    | 5,49  | 14,34                | -0,02       |
| 8           | 12,6  | 0,34    | 4,38  | 12,76                | -0,16       |
| 9           | 12,73 | -4,61   | 4,63  | 12,54                | 0,19        |
| 10          | 11,68 | -11,51  | 3,69  | 10,61                | 1,07        |
| 11          | 12,05 | -1,51   | 3,91  | 11,97                | 0,08        |
| 12          | 10,78 | -11,51  | 3,24  | 10,04                | 0,74        |
| 13          | 11,74 | -1,71   | 3,81  | 11,81                | -0,07       |
| 14          | 11,24 | -11,51  | 3,16  | 9,93                 | 1,31        |
| 15          | 11,23 | -11,51  | 3,40  | 10,24                | 0,99        |
| 16          | 11,12 | -2,53   | 2,71  | 10,33                | 0,79        |
| 17          | 11,77 | -11,51  | 3,62  | 10,52                | 1,25        |
| 18          | 12,11 | -11,51  | 3,85  | 10,81                | 1,30        |
| 19          | 9,82  | -4,61   | 3,31  | 10,88                | -1,06       |
| 20          | 10,88 | -0,24   | 3,54  | 11,64                | -0,76       |
| 21          | 10,77 | -11,51  | 3,40  | 10,24                | 0,53        |
| 22          | 14,15 | 0,84    | 5,23  | 13,90                | 0,25        |
| 23          | 11,96 | -1,17   | 4,17  | 12,34                | -0,38       |
| 24          | 13,4  | 0,05    | 4,76  | 13,21                | 0,19        |
| 25          | 13,86 | 1,17    | 5,01  | 13,65                | 0,21        |
| 26          | 11,63 | -1,02   | 4,25  | 12,45                | -0,82       |
| 27          | 13    | -0,89   | 3,81  | 11,90                | 1,10        |
| 28          | 12,27 | 1,16    | 3,94  | 12,29                | -0,02       |
| 29          | 13,26 | 1,51    | 4,61  | 13,17                | 0,09        |
| 30          | 12,3  | -9,21   | 4,08  | 11,35                | 0,95        |
| 31          | 13,27 | -0,03   | 4,45  | 12,82                | 0,45        |
| 32          | 13,05 | 1,53    | 4,50  | 13,04                | 0,01        |
| 33          | 14,11 | 1,41    | 5,48  | 14,26                | -0,15       |
| 34          | 12,61 | -0,67   | 4,70  | 13,06                | -0,45       |
| 35          | 13,27 | 2,28    | 4,25  | 12,80                | 0,47        |
| 36          | 13,27 | -2,53   | 4,70  | 12,86                | 0,41        |
| 37          | 12,7  | 1,23    | 4,28  | 12,73                | -0,03       |
| 38          | 13,56 | 1,87    | 5,14  | 13,88                | -0,32       |
| 39          | 13,88 | 1,90    | 5,29  | 14,08                | -0,20       |
| 40          | 12,21 | -11,51  | 4,35  | 11,44                | 0,77        |
| 41          | 13,08 | -4,61   | 4,38  | 12,23                | 0,85        |
| 42          | 13,12 | 0,25    | 4,44  | 12,83                | 0,29        |
| 43          | 12,06 | -0,92   | 4,24  | 12,45                | -0,39       |
| 44          | 12,24 | 1,16    | 3,54  | 11,79                | 0,45        |
| 45          | 12,05 | -0,69   | 4,01  | 12,18                | -0,13       |
| 46          | 12,77 | -0,42   | 4,61  | 12,96                | -0,19       |
| 47          | 13,25 | 0,51    | 4,83  | 13,35                | -0,10       |

### 1.3.1.2 Fronteras estocásticas

La frontera estocástica aparece por primera vez en los artículos de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977). A diferencia de las fronteras determinísticas, las fronteras estocásticas consideran la naturaleza aleatoria de la producción, incluyendo un término de error compuesto. Dicho error presenta dos partes, un componente aleatorio, que representa sucesos no controlables por la unidad de producción (el clima, la incertidumbre, factores socioeconómicos y demográficos, etc.), y un componente atribuido a la ineficiencia, que es la distancia de cada explotación a su frontera estocástica. Puede modelizarse de la siguiente manera:

$$Y = f(x) + \varepsilon, \quad \varepsilon = v - \mu$$

donde el error ( $\varepsilon$ ) está formado por una perturbación aleatoria ( $v$ ) simétrica que se supone idéntica e independientemente distribuido con media 0. El término de error  $u$  se supone que es no negativo y se distribuye independientemente de  $v$ , siguiendo una distribución de cola (Álvarez, 2001). Por tanto, la frontera de producción estocástica será:

$$Y^* = f(x) + v$$

En el caso de las fronteras de producción estocásticas, el índice de eficiencia técnica para una unidad de producción  $i$  puede calcularse como:

$$ET_i = \frac{Y_i}{f(x_i) + v_i}$$

Distintos autores han utilizado las fronteras estocásticas, destacando los trabajos de Chiang *et al.* (2004) en producción porcina, Ahmad y Bravo-Ureta (1996),

Battese y Tessema (1993), Iinuma *et al.* (1999), Tingley *et al.* (2005), Kumbhakar y Tsionas (2008), Melfou *et al.* (2009) y Areal *et al.* (2012)

### **1.3.1.3 Cálculo del índice de eficiencia en fronteras paramétricas**

Considerando la dirección que puede tomar la medida de la eficiencia tenemos dos maneras para calcular el índice de eficiencia técnica:

- Orientación input: a partir del ratio de los inputs necesarios para producir un determinado nivel de output, sobre los inputs empleados.
- Orientación output: a partir del ratio entre los outputs producidos (producción real) y los outputs potenciales (en la frontera de producción).

Cuando la función de producción presenta rendimientos constantes a escala, ambas medidas del índice de eficiencia son equivalentes.

- 1) Índice de eficiencia técnica de Timmer: Timmer (1971) desarrolló una metodología para medir la eficiencia técnica relativa a partir de la frontera de producción de tipo Cobb-Douglas:

$$ET = \frac{O_i}{\hat{O}_i} \quad i = 1, \dots, n$$

donde  $O_i$  es el valor del output producido y  $\hat{O}_i$  es el valor de output potencialmente obtenible.

Tomando como ejemplo la frontera absoluta del modelo linealizado y la frontera de Cobb Douglas, obtenida mediante transformación antilogarítmica, del ejemplo anterior, es posible obtener los índices de eficiencia técnica tal como se muestra en la **Tabla 1.3**.

**Tabla 1.3.** Eficiencia de Timmer para modelo linealizado y transformado.

| <b>Explotación</b> | <b>PL<br/>observada</b> | <b>Ln PL<br/>observada</b> | <b>PL<br/>estimada</b> | <b>Ln PL<br/>estimada</b> | <b>ET<br/>linealizado</b> | <b>ET<br/>transformado</b> |
|--------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1                  | 215755                  | 12,28                      | 675057,49              | 13,42                     | 0,92                      | 0,32                       |
| 2                  | 237976                  | 12,38                      | 725705,68              | 13,49                     | 0,92                      | 0,33                       |
| 3                  | 244110                  | 12,41                      | 1217333,3              | 14,01                     | 0,89                      | 0,20                       |
| 4                  | 206157                  | 12,24                      | 270866,14              | 12,51                     | 0,98                      | 0,76                       |
| 5                  | 84735                   | 11,35                      | 90069,54               | 11,41                     | 0,99                      | 0,94                       |
| 6                  | 356295                  | 12,78                      | 354954                 | 12,78                     | 1,00                      | 1,00                       |
| 7                  | 1657247                 | 14,32                      | 8058061,80             | 15,90                     | 0,90                      | 0,21                       |
| 8                  | 297177                  | 12,60                      | 1662677,15             | 14,32                     | 0,88                      | 0,18                       |
| 9                  | 337035                  | 12,73                      | 1332887,19             | 14,10                     | 0,90                      | 0,25                       |
| 10                 | 117907                  | 11,68                      | 191978,59              | 12,17                     | 0,96                      | 0,61                       |
| 11                 | 171701                  | 12,05                      | 750276,15              | 13,53                     | 0,89                      | 0,23                       |
| 12                 | 48242                   | 10,78                      | 108578,61              | 11,60                     | 0,93                      | 0,44                       |
| 13                 | 125831                  | 11,74                      | 642507,69              | 13,37                     | 0,88                      | 0,20                       |
| 14                 | 76170                   | 11,24                      | 97912,89               | 11,49                     | 0,98                      | 0,78                       |
| 15                 | 75600                   | 11,23                      | 133380,66              | 11,80                     | 0,95                      | 0,57                       |
| 16                 | 67300                   | 11,12                      | 146497,37              | 11,89                     | 0,93                      | 0,46                       |
| 17                 | 129067                  | 11,77                      | 176917,68              | 12,08                     | 0,97                      | 0,73                       |
| 18                 | 181859                  | 12,11                      | 235458,15              | 12,37                     | 0,98                      | 0,77                       |
| 19                 | 18409                   | 9,82                       | 252039,91              | 12,44                     | 0,79                      | 0,07                       |
| 20                 | 52963                   | 10,88                      | 538544,64              | 13,2                      | 0,82                      | 0,10                       |
| 21                 | 47525                   | 10,77                      | 133380,66              | 11,80                     | 0,91                      | 0,36                       |
| 22                 | 1403508                 | 14,15                      | 5155232,71             | 15,46                     | 0,92                      | 0,27                       |
| 23                 | 156210                  | 11,96                      | 1085320,54             | 13,90                     | 0,86                      | 0,14                       |
| 24                 | 658734                  | 13,40                      | 2591862,70             | 14,77                     | 0,91                      | 0,25                       |
| 25                 | 1042188                 | 13,86                      | 4027286,11             | 15,21                     | 0,91                      | 0,26                       |
| 26                 | 112167                  | 11,63                      | 1211487,20             | 14,01                     | 0,83                      | 0,09                       |
| 27                 | 442445                  | 13,00                      | 702287,50              | 13,46                     | 0,97                      | 0,63                       |
| 28                 | 213713                  | 12,27                      | 1039877,04             | 13,85                     | 0,89                      | 0,21                       |
| 29                 | 573000                  | 13,26                      | 2501275,45             | 14,73                     | 0,90                      | 0,23                       |
| 30                 | 219852                  | 12,30                      | 402714,82              | 12,91                     | 0,95                      | 0,55                       |
| 31                 | 579903                  | 13,27                      | 1749895,25             | 14,38                     | 0,92                      | 0,33                       |
| 32                 | 466699                  | 13,05                      | 2195163,69             | 14,60                     | 0,89                      | 0,21                       |
| 33                 | 1336835                 | 14,11                      | 7453643,40             | 15,82                     | 0,89                      | 0,18                       |
| 34                 | 300736                  | 12,61                      | 2229235,09             | 14,62                     | 0,86                      | 0,13                       |
| 35                 | 582247                  | 13,27                      | 1730423,41             | 14,36                     | 0,92                      | 0,34                       |
| 36                 | 577375                  | 13,27                      | 1824798,40             | 14,42                     | 0,92                      | 0,32                       |
| 37                 | 328195                  | 12,70                      | 1601795,36             | 14,29                     | 0,89                      | 0,20                       |
| 38                 | 776708                  | 13,56                      | 5090032,79             | 15,44                     | 0,88                      | 0,15                       |
| 39                 | 1068953                 | 13,88                      | 6175226,09             | 15,64                     | 0,89                      | 0,17                       |
| 40                 | 200980                  | 12,21                      | 443478,00              | 13,00                     | 0,94                      | 0,45                       |
| 41                 | 477921                  | 13,08                      | 973956,74              | 13,79                     | 0,95                      | 0,49                       |
| 42                 | 500943                  | 13,12                      | 1776633,15             | 14,39                     | 0,91                      | 0,28                       |
| 43                 | 172518                  | 12,06                      | 1214291,19             | 14,01                     | 0,86                      | 0,14                       |
| 44                 | 207896                  | 12,24                      | 626012,56              | 13,35                     | 0,92                      | 0,33                       |
| 45                 | 170738                  | 12,05                      | 925023,08              | 13,74                     | 0,88                      | 0,18                       |
| 46                 | 350093                  | 12,77                      | 2031692,54             | 14,52                     | 0,88                      | 0,17                       |
| 47                 | 569868                  | 13,25                      | 2979254,69             | 14,91                     | 0,89                      | 0,19                       |

- 2) Índice de eficiencia técnica de Koop: Koop (1981) relacionó el uso de inputs en la frontera ( $\hat{I}_i$ ) con respecto al nivel de uso real para un output dado, e igual proporción de utilización de inputs ( $I$ )

$$ET = \frac{\hat{I}_i}{I} \quad i = 1, \dots, n$$

Primeramente, se debe estimar uno de los inputs desde la función de producción. Tomando el ejemplo anterior, el input a estimar corresponde al número de vacas en ordeño (**Tabla 1.4**).

**Tabla 1.4.** Eficiencia de Koop para los modelos linealizado y transformado.

| Explotación | VO observado | Ln VO observado | VO estimado | Ln VO estimado | ET lineal. | ET transf. |
|-------------|--------------|-----------------|-------------|----------------|------------|------------|
| 1           | 39           | 3,66            | 15,84       | 2,76           | 0,75       | 0,41       |
| 2           | 37,5         | 3,62            | 15,54       | 2,74           | 0,76       | 0,41       |
| 3           | 60           | 4,09            | 16,86       | 2,83           | 0,69       | 0,28       |
| 4           | 52,5         | 3,96            | 42,32       | 3,75           | 0,95       | 0,81       |
| 5           | 22           | 3,09            | 20,96       | 3,04           | 0,98       | 0,95       |
| 6           | 65           | 4,17            | 65,19       | 4,18           | 1,00       | 1,00       |
| 7           | 242,5        | 5,49            | 69,52       | 4,24           | 0,77       | 0,29       |
| 8           | 80           | 4,38            | 20,53       | 3,02           | 0,69       | 0,26       |
| 9           | 102,5        | 4,63            | 34,60       | 3,54           | 0,77       | 0,34       |
| 10          | 40           | 3,69            | 27,22       | 3,30           | 0,90       | 0,68       |
| 11          | 50           | 3,91            | 15,60       | 2,75           | 0,70       | 0,31       |
| 12          | 25,5         | 3,24            | 13,43       | 2,60           | 0,80       | 0,53       |
| 13          | 45           | 3,81            | 12,41       | 2,52           | 0,66       | 0,28       |
| 14          | 23,5         | 3,16            | 19,27       | 2,96           | 0,94       | 0,82       |
| 15          | 30           | 3,40            | 19,16       | 2,95           | 0,87       | 0,64       |
| 16          | 15           | 2,71            | 8,11        | 2,09           | 0,77       | 0,54       |
| 17          | 37,5         | 3,62            | 29,23       | 3,38           | 0,93       | 0,78       |
| 18          | 47           | 3,85            | 38,32       | 3,65           | 0,95       | 0,82       |
| 19          | 27,5         | 3,31            | 3,48        | 1,25           | 0,38       | 0,13       |
| 20          | 34,5         | 3,54            | 5,52        | 1,71           | 0,48       | 0,16       |
| 21          | 30           | 3,40            | 13,28       | 2,59           | 0,76       | 0,44       |
| 22          | 187,5        | 5,23            | 67,09       | 4,21           | 0,80       | 0,36       |
| 23          | 65           | 4,17            | 14,06       | 2,64           | 0,63       | 0,22       |
| 24          | 116,5        | 4,76            | 39,48       | 3,68           | 0,77       | 0,34       |
| 25          | 150          | 5,01            | 51,56       | 3,94           | 0,79       | 0,34       |
| 26          | 70           | 4,25            | 10,68       | 2,37           | 0,56       | 0,15       |
| 27          | 45           | 3,81            | 31,24       | 3,44           | 0,90       | 0,69       |
| 28          | 51,5         | 3,94            | 14,76       | 2,69           | 0,68       | 0,29       |
| 29          | 100          | 4,61            | 31,22       | 3,44           | 0,75       | 0,31       |
| 30          | 59           | 4,08            | 36,58       | 3,60           | 0,88       | 0,62       |
| 31          | 86           | 4,45            | 35,94       | 3,58           | 0,80       | 0,42       |
| 32          | 90           | 4,50            | 26,49       | 3,28           | 0,73       | 0,29       |
| 33          | 239          | 5,48            | 61,50       | 4,12           | 0,75       | 0,26       |
| 34          | 110          | 4,70            | 22,60       | 3,12           | 0,66       | 0,21       |
| 35          | 70           | 4,25            | 29,61       | 3,39           | 0,80       | 0,42       |
| 36          | 110          | 4,70            | 44,32       | 3,79           | 0,81       | 0,40       |
| 37          | 72           | 4,28            | 20,58       | 3,02           | 0,71       | 0,29       |
| 38          | 170          | 5,14            | 38,50       | 3,65           | 0,71       | 0,23       |
| 39          | 197,5        | 5,29            | 49,42       | 3,90           | 0,74       | 0,25       |
| 40          | 77,5         | 4,35            | 41,47       | 3,73           | 0,86       | 0,54       |
| 41          | 80           | 4,38            | 45,59       | 3,82           | 0,87       | 0,57       |
| 42          | 85           | 4,44            | 31,27       | 3,44           | 0,77       | 0,37       |
| 43          | 69,5         | 4,24            | 14,88       | 2,70           | 0,64       | 0,21       |
| 44          | 34,5         | 3,54            | 14,44       | 2,67           | 0,75       | 0,42       |
| 45          | 55           | 4,01            | 14,48       | 2,67           | 0,67       | 0,26       |
| 46          | 100          | 4,61            | 24,93       | 3,22           | 0,70       | 0,25       |
| 47          | 125          | 4,83            | 33,84       | 3,52           | 0,73       | 0,27       |

### **1.3.2 Metodologías no paramétricas**

A través de la aproximación no paramétrica se realizan supuestos sobre las propiedades de la tecnología que permiten definir el conjunto de procesos productivos factibles, cuya frontera envuelve a los datos observados, calculada de una manera empírica (Álvarez, 2001; Murillo-Zamorano, 2004).

En este modelo las unidades de producción eficientes se unen linealmente, conformando una envolvente de posibilidades de producción para el resto de las unidades ineficientes. El segmento que une dos unidades productivas eficientes próximas entre sí constituye un límite eficiente y, a la vez, indica de qué manera pueden combinarse los insumos para obtener un punto eficiente proyectado, correspondiente a una unidad ineficiente (Arzubi, 2003).

Este modelo presenta una mayor flexibilidad, adaptándose a modelos multiproducto, además de imponer condiciones menos restrictivas en lo relativo a la tecnología de referencia. Sin embargo, su incapacidad para incluir perturbaciones aleatorias hace que sus resultados sean muy sensibles a errores de medida y de especificación del modelo (Iráizoz *et al.*, 2003).

## **1.4 Análisis Envolvente de Datos (DEA)**

El análisis envolvente de datos o Data Envelopment Analysis (DEA), es una técnica de programación matemática introducida inicialmente por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). Dichos autores consideraron la inclusión de múltiples inputs y múltiples outputs; y proponen que el cálculo de la eficiencia técnica relativa de una unidad productiva o explotación sea calculada por un modelo de programación fraccional. Dicho modelo se convierte posteriormente en un modelo de programación lineal.

Esta técnica permite la construcción de una superficie envolvente, o frontera eficiente, a partir de datos disponibles del conjunto de unidades productivas o explotaciones (DMU; *Decisión Market Unit*), de manera que dicha envolvente

está determinada por las explotaciones eficientes, mientras que aquellas que no se encuentran sobre la envolvente son consideradas ineficientes (Coll y Blasco, 2006).

Las DMU eficientes que constituyen la frontera o envolvente son consideradas las mejores prácticas, y se toman como referentes respecto a las ineficientes. Esta técnica se denomina *benchmarking*, y en los últimos años ha sido ampliamente utilizada debido a las ventajas que presente y su continua mejora. En el sector ganadero destaca los trabajos de Gaspar *et al.* (2009); Galanopoulos *et al.* (2011), Iribarren *et al.* (2011), Theodoridis *et al.* (2012) y Urdaneta *et al.* (2010) entre otros.

De acuerdo a Coll y Blasco (2006) los modelos DEA se pueden clasificar en función de:

- El tipo de medida de eficiencia que proporcionan: índices radiales y no radiales.
- La orientación del modelo: orientación input, orientación output y orientación input-output.
- El tipo de rendimientos a escala, que caracterizan la tecnología de producción; así, la combinación de factores para obtener un conjunto de productos puede caracterizarse por la existencia de rendimientos a escala constantes o variables.

La metodología DEA presenta ciertas limitaciones; es más sensible a errores de medición, puede ser fácilmente influenciada por la presencia de observaciones atípicas que sesguen la eficiencia, no es posible aplicar test de hipótesis y funcional mal cuando el número de DMU es bajo. Sin embargo, presenta una serie de ventajas (**Tabla 1.5**) que justifican su uso en la evaluación y medición de la eficiencia técnica en numerosos sectores productivos (Bojnec y Latruffe, 2013).

**Tabla 1.5.** Ventajas y desventajas del método DEA.

| <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• No es necesario especificar una forma funcional de producción o costes</li><li>• Flexibilidad en el uso de información, se puede utilizar variables continuas y discretas cualquiera que sea la unidad de medida</li><li>• Por ser un análisis no paramétrico es menos susceptible a errores de especificación</li><li>• Fácil de comprender</li><li>• Evalúa presencia de economías a escala</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Es sensible a datos atípicos en la muestra</li><li>• Se requiere información completa</li><li>• Se obtienen resultados puntuales de eficiencia, sin poder analizar su precisión</li><li>• Cuando se comparan las unidades no es posible conocer si la diferencia se debe exclusivamente a errores en los datos, generando dudas sobre la confiabilidad de los resultados. Tampoco se pueden introducir nuevas explotaciones para predecir comportamientos</li></ul> |

#### **1.4.1 Medidas de eficiencia orientadas al input o al output**

Siguiendo a Charnes, Cooper y Rhodes (1981), la eficiencia puede ser caracterizada con relación a dos orientaciones básicas, en cuyo caso se habla de dos modelos:

- Modelo con orientación input: este enfoque busca la máxima reducción proporcional en el vector de inputs mientras se opere en el conjunto de posibilidades de producción. Una DMU no sería eficiente desde el

punto de vista técnico sí puede reducir cualquier inputs sin modificar la cantidad de su output.

- Modelo con orientación output: dado el nivel de inputs, se busca el máximo incremento proporcional de los outputs, permaneciendo dentro del conjunto de posibilidades de producción. Una DMU puede ser identificada como eficiente si es posible incrementar cualquier output sin incrementar ningún input.

### 1.4.2 Desarrollo matemático del modelo DEA

Suponemos  $n$  DMU para evaluar la eficiencia. Cada DMU consume  $m$  inputs diferentes para producir  $s$  outputs también diferentes. Así, el modelo dual se forma a partir de las siguientes matrices:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} \end{pmatrix}$$

donde  $X$  es la matriz de inputs ( $i = 1, \dots, m$ ) e  $Y$  es la matriz de outputs ( $i = 1, \dots, s$ ). Se asume que  $x_{ij} \geq 0$  y  $y_{ij} \geq 0$ . La eficiencia, en el modelo dual, se representa en términos matriciales, de la siguiente manera:

$$\text{Min } \theta$$

$$Y \lambda \geq y_o$$

$$\theta x_o \geq X \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde:

$\theta$  es un escalar que multiplica al vector de inputs. El valor minimizado dará la medida de la eficiencia de la DMU evaluada.

$\lambda$  es un vector de constantes  $n \times 1$ . Multiplica a la matriz de inputs y outputs.

$n$  número de DMU.

$X$  es la matriz de inputs de todas las DMU.

$Y$  es la matriz de outputs de todas las DMU.

$x_o$  es el vector de coeficientes inputs de una DMU.

$y_o$  es el vector de coeficientes output de una DMU.

Este modelo corresponde con el modelo de rendimientos constantes a escala (CRS) de orientación inputs, donde se busca la mínima proporción de  $\theta$  a la que se puede reducir el vector de inputs  $x_o$  dejando inalterado el nivel de producción en  $y_o$ . La proyección de cada DMU sobre la frontera viene dada por  $(y_o, \theta x_o)$ .

El índice de eficiencia técnica está acotado entre 0 y 1. Un valor de 1 significa que no es posible reducir las cantidades de inputs empleados; por lo tanto la explotación se considera eficiente. Los valores inferiores a 1 corresponden a explotaciones ineficientes.

Este modelo puede reorientarse a output, es decir, maximizar la cantidad de output manteniendo constante la asignación de inputs. De este modo el modelo dual quedará transformado en la siguiente expresión:

$$\text{Max } \emptyset$$

$$X \lambda \geq x_o$$

$$\theta y_o \geq Y \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde ahora  $\emptyset$  representa el incremento proporcional de output que podría obtenerse, manteniendo constante la asignación de los inputs. El valor de la eficiencia vendría dado por  $\theta = 1/\emptyset$ .

Suponiendo rendimientos constantes a escala (CRS), el valor de la eficiencia técnica estimado para una misma explotación será igual en ambas orientaciones (input u output). Sin embargo, el resultado no será el mismo para el supuesto de rendimientos variables de escala (VRS).

### **1.4.3 Modelo DEA de rendimientos variables a escala (VRS)**

Asumir rendimientos constantes a escala sólo es apropiado cuando se considera que todas las DMU operan en la misma escala. Esto viene dado por la restricción  $\lambda \geq 0$ , que permite cualquier valor positivo de  $\lambda$ , por lo que las explotaciones de gran escala son comparadas con las de pequeña escala y viceversa.

Puede ocurrir:

- $\lambda > 1$ , de esta manera se está comparando una DMU con otras que operan a una escala más reducida, lo que indica la existencia de rendimientos decrecientes.
- $\lambda < 1$ , se compara una DMU con otras de una escala mayor, indicando que los rendimientos a escala son crecientes.
- $\lambda = 1$ , la DMU opera en una escala óptima.

Por tanto, si las no se encuentran operando en la misma escala, no se puede distinguir la ineficiencia técnica en su sentido estricto de la ineficiencia causada por no operar en la escala óptima (Pardo, 2001).

Por este motivo, Banker, Charnes y Cooper (1984) sugirieron una extensión del modelo anteriormente descrito hacia situaciones con rendimientos variables a escala (**modelo VRS**), para situaciones en que se deban tener en cuenta las diferentes escalas de las explotaciones. De esta manera se obtendrá una nueva medida de eficiencia técnica, así como un medida de la eficiencia de escala. En el modelo VRS se incorpora una nueva restricción de convexidad ( $e \lambda = 1$ ), donde  $e$  corresponde al vector de unos ( $e = (1, \dots, 1)$ ). El modelo queda de la siguiente manera (orientación inputs):

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta \\ & -y_o + Y \lambda \geq 0 \\ & \theta x_o - X \lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \\ & e \lambda = 1 \end{aligned}$$

La expresión de ese modelo representa la máxima reducción posible en el vector de inputs (orientación inputs) mediante la minimización de una única variable que modifica las escalas del vector de inputs.

La restricción propuesta permite descomponer a la eficiencia técnica (o eficiencia técnica global, ETG) en dos, eficiencia técnica pura (ET) y eficiencia de escala (EE). Para ello deben calcularse los dos modelos, CRS y VRS, con los mismos datos. La ineficiencia de escala se manifiesta cuando existen diferencias entre las dos mediciones de la misma explotación. La eficiencia técnica global se calcula

bajo el supuesto de que la tecnología satisface las propiedades de rendimientos a escala constantes (ETG o  $ET_{CRS}$ ); mientras que la eficiencia técnica pura coincide con la medición a rendimientos variables de escala (ET o  $ET_{VRS}$ ). Por tanto, se cumple que la  $ET_{CRS}$  es el producto de las dos eficiencias, que se puede representar de la siguiente manera (Coelli *et al.*, 2005):

$$ET_{CRS} = ET_{VRS} \times EE$$

$$EE = \frac{ET_{CRS}}{ET_{VRS}}$$

El modelo descrito anteriormente corresponde a un modelo input-orientado. La expresión matemática del modelo VRS output-orientado es la siguiente:

$$Max \ \emptyset$$

$$\emptyset - y_o + Y \lambda \geq 0$$

$$x_o - X \lambda \geq 0$$

$$e \lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde  $\emptyset = 1/\theta$

#### 1.4.4 Eficiencia de escala

En el caso de que existan ineficiencias de escala, interesa conocer si se debe a rendimientos de escala crecientes o decrecientes. Esto se puede determinar imponiendo la restricción de rendimientos escala no crecientes (Coelli *et al.*, 2005). Se realiza sustituyendo la restricción  $e \lambda = 1$  por  $e \lambda \leq 1$ .

$$\text{Min } \theta$$

$$-y_o + Y \lambda \geq 0$$

$$\theta x_o - X \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$e \lambda \leq 1$$

Si el nuevo valor observado es igual a VRS, significa que la DMU está operando en el sector de la curva de rendimientos decrecientes a escala (drs); mientras que lo contrario indica que se está operando en el sector de rendimientos crecientes a escala (irs). En la **Tabla 1.6**, se pueden observar los valores de eficiencia global, pura y de escala, así como el tipo de rendimiento de las explotaciones lecheras pastoriles con ineficiencia de escala.

**Tabla 1.6.** Resultados de la eficiencia mediante análisis DEA a partir de los inputs y outputs considerados.

| DMU | ET <sub>CRS</sub> | ET <sub>VRS</sub> | EE    | Rendimiento |
|-----|-------------------|-------------------|-------|-------------|
| 1   | 0,142             | 0,143             | 0,997 | -           |
| 2   | 0,392             | 0,399             | 0,982 | Irs         |
| 3   | 0,873             | 1                 | 0,873 | Irs         |
| 4   | 0,292             | 0,307             | 0,951 | Irs         |
| 5   | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 6   | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 7   | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 8   | 0,736             | 1                 | 0,736 | irs         |
| 9   | 0,315             | 0,322             | 0,978 | irs         |
| 10  | 0,741             | 1                 | 0,741 | irs         |
| 11  | 0,463             | 0,522             | 0,888 | irs         |
| 12  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 13  | 0,704             | 1                 | 0,704 | irs         |
| 14  | 0,507             | 0,566             | 0,896 | irs         |
| 15  | 0,585             | 0,585             | 1     | -           |
| 16  | 0,387             | 0,392             | 0,988 | drs         |
| 17  | 0,822             | 1                 | 0,822 | irs         |
| 18  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 19  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 20  | 0,523             | 0,654             | 0,799 | irs         |
| 21  | 0,343             | 0,357             | 0,961 | irs         |
| 22  | 0,646             | 0,815             | 0,792 | irs         |
| 23  | 0,82              | 0,859             | 0,955 | irs         |
| 24  | 0,872             | 1                 | 0,872 | irs         |
| 25  | 0,46              | 0,526             | 0,874 | irs         |
| 26  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 27  | 0,447             | 0,52              | 0,86  | drs         |
| 28  | 0,518             | 0,569             | 0,912 | irs         |
| 29  | 0,747             | 0,813             | 0,919 | drs         |
| 30  | 0,567             | 0,572             | 0,991 | irs         |
| 31  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 32  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 33  | 0,562             | 0,59              | 0,951 | drs         |
| 34  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 35  | 0,696             | 0,731             | 0,952 | irs         |
| 36  | 0,85              | 0,856             | 0,994 | drs         |
| 37  | 0,708             | 0,74              | 0,957 | irs         |
| 38  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 39  | 0,736             | 0,801             | 0,919 | drs         |
| 40  | 0,698             | 0,707             | 0,987 | irs         |
| 41  | 0,734             | 0,772             | 0,95  | drs         |
| 42  | 0,528             | 0,546             | 0,969 | drs         |
| 43  | 0,81              | 0,814             | 0,995 | irs         |
| 44  | 0,684             | 0,748             | 0,914 | drs         |
| 45  | 0,946             | 0,974             | 0,971 | drs         |
| 46  | 1                 | 1                 | 1     | -           |
| 47  | 0,852             | 1                 | 0,852 | drs         |

Rendimientos decrecientes a escala (drs); rendimientos crecientes a escala (irs);  
rendimientos constantes a escala (-)

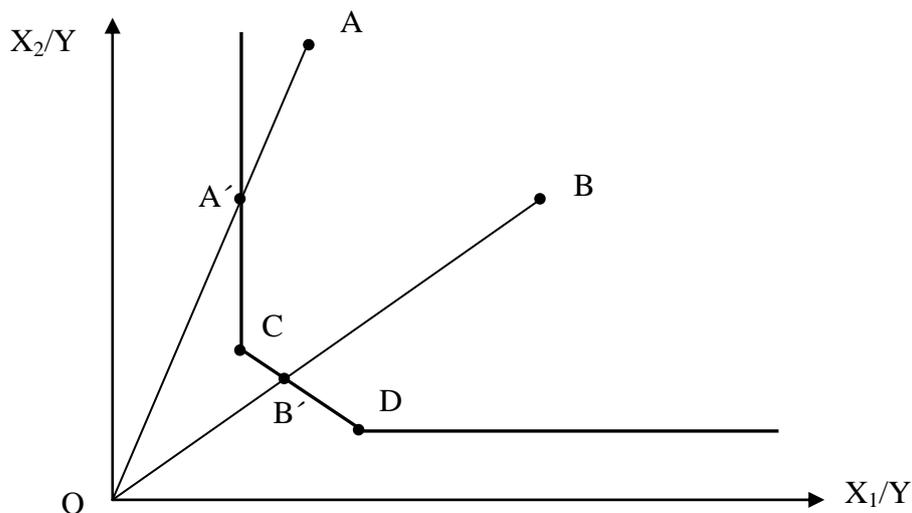
### 1.4.5 Tratamiento de holguras o *slacks*

Se denomina holgura o *slack* a la distancia entre el punto eficiente proyectado radialmente a la unidad de producción eficiente de referencia. (Urdeneta *et al.*, 2012). Su medida dará la ineficiencia de holgura.

Para que una DMU sea considerada eficiente, se deben cumplir dos condiciones:

- La eficiencia técnica deber ser 1.
- Las holguras deben ser iguales a 0.

La **Figura 1.3** ilustra la problemática de un modelo orientado a input, en el que las DMU C y D son eficientes y por, tanto, definen la frontera; mientras que A y B son consideradas ineficientes en relación a C y D. En términos de Farrell la eficiencia técnica de A y B se encuentra dada por  $OA'/OA$  y  $OB'/OB$ , respectivamente. Esta distancia es lo que se conoce como ineficiencia radial del input o exceso de input. Sin embargo, es cuestionable si el punto A' es un punto eficiente, ya que podría reducirse el consumo de  $X_2$  (por la cantidad  $CA'$ ) y aún producir el mismo output. La distancia  $A'C$  representa la holgura de la DMU A (Coelli, *et al.*, 2005).



**Figura 1.3.** Estimación de las holguras o *slacks*.

Para poder resolver esta cuestión se recurre a la programación matemática, maximizando la suma de las holguras requeridas para desplazar los puntos situados en la frontera al punto considerado eficiente (Pardo, 2001).

Los programas utilizados pueden realizar los tratamientos de las holguras de tres maneras diferentes:

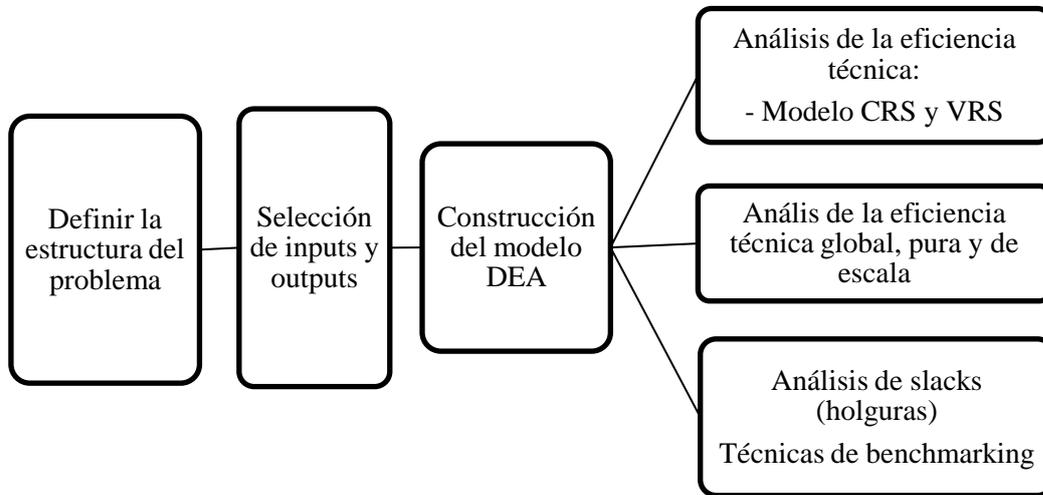
- DEA en una etapa: solamente realiza la primera etapa del problema de programación lineal para la medida de la eficiencia radial, obviando las holguras.
- DEA en dos etapas: realiza las dos etapas del problema de programación lineal para la estimación de las holguras.
- DEA multietapa: donde se realiza una secuencia de programación lineal para identificar el punto eficiente proyectado de manera que a la vez se miden las holguras.

#### **1.4.6 Unidades de producción o explotaciones referentes**

En la **Figura 1.3** se observa que las DMU C y D son unidades referentes de la explotación B. Estas unidades referentes se denominan *peers*, se encuentran en la frontera eficiente y operan en un nivel de escala próximo, en cuanto a los inputs considerados, a la unidad ineficiente que están referenciando (su par ineficiente).

La comparación con explotaciones referentes es de vital importancia para la metodología DEA; se constituyen referentes de las DMU ineficientes para el tratamiento de las holguras. Además resultan de gran interés para la organización del territorio, debido a que ponen de manifiesto modelos reales para DMU ineficientes (Zairi, 2012). Este proceso es el denominado *benchmarking*, que será desarrollado en el próximo capítulo.

En la **Figura 1.4** se muestra el esquema que se debe seguir para evaluar la eficiencia técnica de un conjunto de unidades productivas.



**Figura 1.4.** Esquema de la metodología DEA

#### 1.4.7 Cálculo de la eficiencia técnica mediante DEAP 2.1

Para el cálculo de la eficiencia técnica existen diferentes software: Frontier Analysis (Banxia Software), DEAP 2.1 (CEPA), DEA-Solver (Saitech). El software empleado en esta Tesis Doctoral para la evaluación de la eficiencia técnica ha sido DEAP 2.1, por su facilidad en el uso y la interpretación de los resultados.

DEAP (A Data Envelopment Analysis (Computer) Program) Versión 2.1 fue desarrollado por Tim Coelli. Este programa construye fronteras no paramétricas utilizando la metodología DEA.

Mediante DEAP 2.1 se pueden calcular los modelos CRS y VRS para calcular la eficiencia técnica y la eficiencia de escala. Estos modelos pueden calcularse desde una orientación input u output dependiendo del objetivo del estudio.

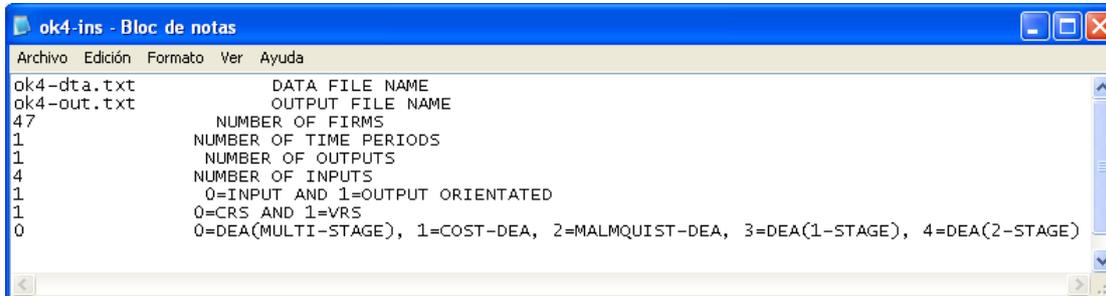
Una vez elegidos los inputs y el output se introducen en el programa como se indica en la **Figura 1.5**, de esta forma se genera el archivo de datos (-dta.txt).

| Archivo | Edición | Formato | Ver    | Ayuda   |
|---------|---------|---------|--------|---------|
| 18409   | 2.6     | 45      | 100    | 0.01    |
| 47525   | 1.82    | 50      | 70     | 0.001   |
| 48242   | 1.82    | 45.5    | 9.5    | 0.001   |
| 52963   | 3.12    | 55      | 55     | 0.5     |
| 67300   | 4.16    | 30      | 5      | 39.46   |
| 75600   | 1.56    | 50      | 13     | 0.001   |
| 76170   | 1.21    | 33.5    | 25     | 0.001   |
| 84735   | 3.64    | 28.5    | 68     | 3.83    |
| 112167  | 1.85    | 100     | 63     | 253.5   |
| 117907  | 1.69    | 55      | 17     | 1.23    |
| 125831  | 2.6     | 50.5    | 62.5   | 155.99  |
| 129067  | 2.42    | 45      | 49     | 0.001   |
| 156210  | 0.87    | 80      | 22     | 254.8   |
| 170738  | 1.56    | 90      | 45     | 305.04  |
| 171701  | 1.82    | 90      | 50     | 121.78  |
| 172518  | 3.51    | 124.5   | 45.33  | 222.2   |
| 181859  | 3.19    | 62      | 23     | 1.77    |
| 200980  | 2.15    | 97.5    | 120    | 0.001   |
| 206157  | 1.52    | 88.5    | 24     | 2.49    |
| 207896  | 1.82    | 61.5    | 65     | 1786.44 |
| 213713  | 2.6     | 94      | 121    | 1748.76 |
| 215755  | 3.93    | 51.5    | 56     | 1152.26 |
| 219852  | 4.16    | 100     | 27.75  | 2.89    |
| 237976  | 0.91    | 50      | 57     | 3526.61 |
| 244110  | 1.77    | 110     | 55     | 1248.34 |
| 297177  | 3.12    | 130     | 22     | 867.23  |
| 300736  | 3.9     | 170     | 193    | 327.54  |
| 328195  | 3.64    | 102     | 72     | 2423.51 |
| 337035  | 4.42    | 142.5   | 125    | 9.98    |
| 350093  | 6.78    | 120     | 75     | 551.36  |
| 356295  | 4.16    | 100     | 37     | 1.46    |
| 442445  | 2.21    | 57.5    | 156    | 322.97  |
| 466699  | 4.18    | 120     | 201    | 3476.69 |
| 477921  | 5.46    | 120     | 104.33 | 6.11    |
| 500943  | 3.12    | 122.5   | 74     | 885.98  |
| 569868  | 5.63    | 170     | 58     | 1230.84 |
| 573000  | 6.63    | 130     | 95     | 3473.14 |
| 577375  | 5.55    | 154     | 121    | 58.75   |
| 579903  | 6.63    | 124     | 189    | 673.18  |
| 582247  | 4.68    | 130     | 129    | 5252.00 |
| 658734  | 5.46    | 175     | 152    | 696.01  |
| 776708  | 5.85    | 235     | 181    | 4682.61 |
| 1042188 | 4.29    | 250     | 153    | 1925.62 |
| 1068953 | 5.72    | 255     | 154.5  | 5170.6  |
| 1336835 | 12.87   | 289     | 127    | 3375.89 |
| 1403508 | 4.68    | 230     | 130    | 1882.49 |
| 1657247 | 7.8     | 293.5   | 372.83 | 5850.08 |

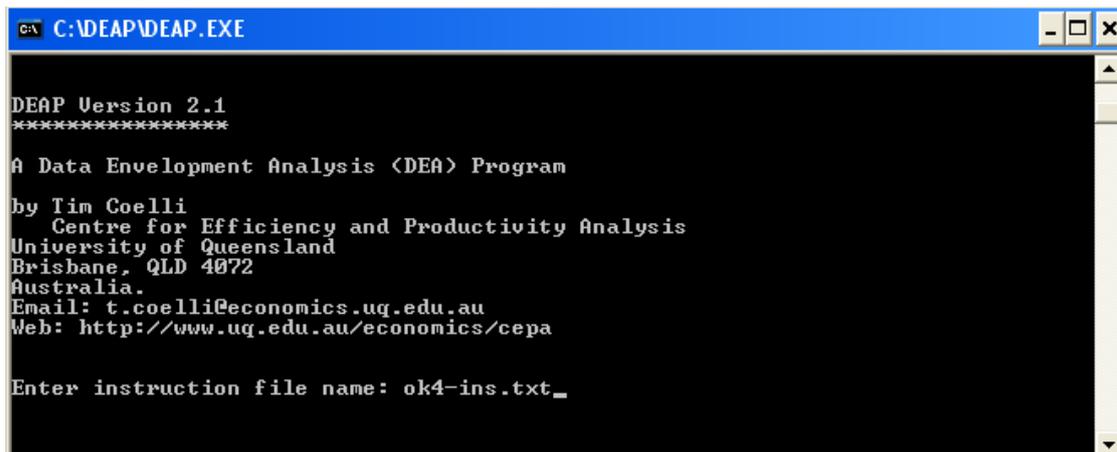
**Figura 1.5.** Entrada de datos (input/output) a DEAP.

Posteriormente, mediante la hoja de instrucciones se indica el número de explotaciones, número de output e input, y por último la orientación y el tipo del modelo (CRS o VRS), como se muestra en la **Figura 1.6**. Una vez generado el archivo de instrucciones (-ins.txt) se ejecuta el programa (**Figura 1.7**) y se obtiene

un documento de salida (-out.txt) con la información precisa para el cálculo de la eficiencia técnica global, pura y de escala (**Figura 1.8** y **Figura 1.9**).



**Figura 1.6.** Documento de instrucciones



**Figura 1.7.** Instrucción DEAP 2.1

```

ok4-out
Results from DEAP Version 2.1
Instruction file = ok4-ins.txt
Data file      = ok4-dta.txt

Output orientated DEA
Scale assumption: VRS
Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:
firm crste vrste scale
1 0.142 0.143 0.997 -
2 0.392 0.399 0.982 irs
3 0.873 1.000 0.873 irs
4 0.292 0.307 0.951 irs
5 1.000 1.000 1.000 -
6 1.000 1.000 1.000 -
7 1.000 1.000 1.000 -
8 0.736 1.000 0.736 irs
9 0.315 0.322 0.978 irs
10 0.741 1.000 0.741 irs
11 0.463 0.522 0.888 irs
12 1.000 1.000 1.000 -
13 0.704 1.000 0.704 irs
14 0.507 0.566 0.896 irs
15 0.585 0.585 1.000 -
16 0.387 0.392 0.988 irs

```

**Figura 1.8.** Documento de salida.

```

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1
Technical efficiency = 0.143
Scale efficiency = 0.997 (crs)
PROJECTION SUMMARY:
variable original radial slack projected
value movement movement value
output 1 18409.000 110714.397 0.000 129123.397
input 1 2.600 0.000 -0.177 2.423
input 2 45.000 0.000 0.000 45.000
input 3 100.000 0.000 -50.946 49.054
input 4 0.010 0.000 0.000 0.010
LISTING OF PEERS:
peer lambda weight
12 0.998
8 0.002
34 0.000

Results for firm: 2
Technical efficiency = 0.399
Scale efficiency = 0.982 (irs)
PROJECTION SUMMARY:
variable original radial slack projected
value movement movement value
output 1 47525.000 71582.955 0.000 119107.955
input 1 1.820 0.000 0.000 1.820
input 2 50.000 0.000 0.000 50.000

```

Página 7

**Figura 1.9.** Salida programa DEAP.

## 1.4.8 Extensiones de los modelo DEA

### 1.4.8.1 Modelos DEA para el cálculo de la eficiencia económica

Además de la eficiencia técnica es posible medir la eficiencia asignativa. Se necesita información de los precios y asumir que las explotaciones tienen un comportamiento minimizador de costes o maximizador de beneficios (Arzubi, 2003).

#### 1. Modelo DEA para minimización de costes.

Se considera la determinación de la eficiencia técnica mediante el modelo VRS inputs-orientado y posteriormente se resuelve el modelo de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Min } w_0 x_0 \\ & - y_o + Y \lambda \geq 0 \\ & x_0^* - X \lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \\ & e \lambda = 1 \end{aligned}$$

Donde  $w_0$  es un vector de precios de inputs para la explotación evaluada, y  $x_0$  es el vector minimizador de costes de las cantidades de inputs para la explotación evaluada, dado el precio del input  $w_0$  y el nivel de output  $y_o$ .

La eficiencia de costes o eficiencia económica (EC) de la explotación analizada es la ratio de mínimo coste respecto al coste observado de la explotación evaluada, y se calcula como:

$$EC = \frac{w_0 x_0^*}{w_0 x_0}$$

Luego la eficiencia asignativa se calcula por diferencia a través de:

$$EA = \frac{EC}{ET}$$

## 2. Modelo DEA para la maximización de ingresos.

Para ello, se considera más apropiado asumir la maximización de ingresos, se plantea el modelo DEA VRS output-orientado, la el cálculo de la eficiencia técnica y posteriormente se utiliza el siguiente modelo:

$$\text{Max } p_0 y_0$$

$$-y_0^* + Y \lambda \geq 0$$

$$x_o - X \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$e \lambda = 1$$

Donde  $p_0$  es un vector de precios de outputs para la explotación evaluada, e  $y_0$  es el vector maximizador de ingresos de las cantidades de outputs para la explotación evaluada.

La eficiencia de ingresos o eficiencia económica (EI) de la DMU analizada es la ratio del ingreso observado respecto al máximo ingreso, y se calcula como:

$$EI = \frac{p_0 y_0}{p_0 y_0^*}$$

Luego la eficiencia asignativa se calcula por diferencia a través de:

$$EA = \frac{EI}{ET}$$

### 3. Modelo DEA para maximización del beneficio.

Fare, Grosskopf y Weber (1997) desarrollaron un modelo para minimizar costes y maximizar ingresos conjuntamente, esto implica la maximización del beneficio. Se propone resolver dos problemas lineales, el primero comprende la solución de un modelo DEA maximizador de ingresos y en el segundo se calcula la eficiencia técnica como una simultánea reducción de inputs y expansión de outputs.

A la eficiencia técnica medida de esta manera se la conoce como la función de distancia direccional.

#### ***1.4.8.2 La medición de la eficiencia medioambiental***

La progresiva protección del medio ambiente está generando un aumento en el conocimiento del efecto del mismo en la productividad de las explotaciones ganaderas. En las últimas décadas han surgido un amplio número de estudios sobre la medición de "eco-eficiencia" y "eficiencia ambiental". Zhang *et al.* (2008) define la eco-eficiencia como un instrumento para el análisis de la sustentabilidad, lo que indica la eficiencia de la actividad económica en lo que respecta a la naturaleza de los bienes y servicios. Eficiencia ambiental es una categoría de la eco-eficiencia, que mide el impacto ambiental de los residuos procedentes de los procesos de producción (Zhang *et al.*, 2008).

Así, diversos autores han incluido cálculos de eco-eficiencia o eficiencia ambiental en la evaluación de sistemas ganaderos, destacando los trabajos de Iribarren *et al.* (2012) y Shoratlil y Barnes (2013), donde abordan los problemas de

residuos e inputs no deseables en explotaciones de vacuno lechero, como los gases de efecto invernadero, el agua, potencial de eutrofización y las emisiones de amoníaco, entre otros.

### 1.5 Redes neuronales artificiales (RNA)

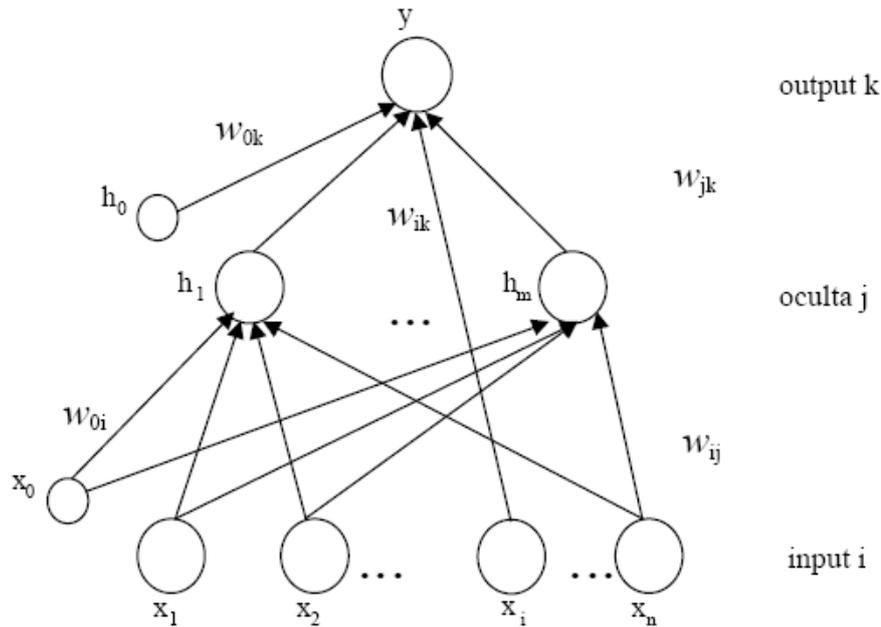
En el contexto de la medición de la eficiencia técnica, las RNA son una herramienta de modelización matemática que suman al conjunto de alternativas disponibles, descritas anteriormente. Esta técnica se clasifica como no paramétrica, dado que no se asume *a priori* ninguna restricción en torno a la forma de la función de producción (Santín, 2003).

Sus primeros antecedentes datan de mediados del siglo XX y las primeras que se conocieron fueron las redes Perceptrón y Adaline. La estructura de una red neuronal artificial se basa en una serie de neuronas unidas por enlaces que transmiten información al resto de neuronas, las cuales entregan un resultado mediante funciones matemáticas.

En una RNA las neuronas se encuentran organizadas en distintas capas (**Figura 1.10**)

- Capa de entrada: Recibe los inputs del exterior. En esta capa se envían las señales recibidas a la capa siguiente. El número de inputs ( $x_i$ ) que debe utilizarse depende del problema específico que estemos considerando. Desde el punto de vista de la econometría, las variables independientes serían los inputs del problema que presentaríamos a la capa de entrada.
- Capa(s) oculta(s): Las neuronas ( $h_i$ ) de esta(s) capa(s) transforman la señal recibida y la envían a la capa de salida. Para la mayoría de los problemas es suficiente con una sola capa oculta. De la modificación de los pesos ( $w_i$ ) de las neuronas de esta capa depende el aprendizaje de la red.
- Capa de salida: Una vez la red ha transformado la señal, esta capa envía la respuesta al exterior. Las neuronas de esta capa realizan una nueva

transformación de la señal recibida por la capa(s) oculta(s) dando lugar al output ( $y$ ).



**Figura 1.10.** Estructura de una red neuronal (Autor: Santín, 2003).

Las RNA aprenden de la información histórica a través de un entrenamiento, proceso mediante el cual se ajustan los parámetros de la red, a fin de entregar la respuesta deseada, adquiriendo la capacidad de predecir respuestas del mismo fenómeno (Freeman y Skapura, 1991).

Algunos ejemplos de la aplicación de redes neuronales en sistemas ganaderos los encontramos en Bradshaw *et al.* (2002); Kominakis *et al.* (2002); Torres *et al.* (2005) y Gutiérrez-Estrada *et al.* (2008).

## 1.6 Conclusiones

La determinación de la frontera de producción para la posterior evaluación de la eficiencia técnica puede ser determinada mediante diversos métodos.

La metodología paramétrica aproxima una forma funcional de la frontera de producción, con la posibilidad de hacer inferencias estadísticas. Por el contrario, las técnicas no paramétricas no necesitan de una forma funcional para la evaluación de la eficiencia. De esta manera no es posible descubrir si el grado de ineficiencia es netamente técnico o proviene del error estadístico.

Sería de interés para la Tesis evaluar de modo comparativo la eficiencia técnica con ambas aproximaciones, evidenciando ventajas e inconvenientes, así como la influencia del método sobre los resultados.



## **CAPÍTULO 2. Competitividad, viabilidad y *benchmarking* de la empresa agropecuaria**

### **Resumen**

El término de competitividad no tiene una acepción clara en microeconomía. La teoría clásica basa las ventajas competitivas de una región en la abundante dotación de factores de producción y de recursos naturales. Actualmente otros conceptos de orden no económico son incluidos en el término de competitividad con el fin de alcanzar un equilibrio entre la viabilidad económica, la estabilidad social y la sustentabilidad medioambiental.

El análisis de la competitividad de un conjunto de unidades productivas puede ser enfocado en torno a cuatro niveles: considerando los recursos humanos, formación y capacitación (nivel meta); los aspectos macroeconómicos (nivel macro); el nivel tecnológico, manejo y uso de los recursos (nivel meso) y los aspectos de la productividad de la empresa, costes, gestión y organización (nivel micro). Las técnicas de *benchmarking* son empleadas como herramienta para la evaluación y mejora de la competitividad de la empresa agropecuaria, mediante la comparación de explotaciones ineficientes con las mejores prácticas; y la adaptación de las mismas para alcanzar una mejora en su organización y/o producción.

Para que una explotación de vacuno de leche pueda ser competitiva, debe realizar acciones que le permitan mantener, ampliar y mejorar de manera continua su participación en el mercado.

### **2.1 La competitividad de la empresa agropecuaria**

La empresa agropecuaria actualmente se encuentra en una etapa de grandes cambios. La globalización, los precios internacionales y la crisis económica global ejercen una fuerte presión en todos los sectores ganaderos, principalmente por los

precios de las materias primas. Los ganaderos están optando por diferentes alternativas, destacando el abandono de la actividad, la mejora de la calidad de los productos buscando una mayor sustentabilidad del sistema (Altieri y Nicholls, 2012).

El término competitividad no tiene una acepción clara en el mundo de la microeconomía. Un significado ampliamente utilizado es el de “capacidad para competir” (Álvarez, 2001). La competitividad se considera como el objetivo global de la dimensión económica, cuya interacción con las dimensiones social, ambiental y político-institucional, conforman el proceso de desarrollo sustentable. Para alcanzar mejoras de la competitividad de la empresa agropecuaria, al mismo tiempo que mejoras en las condiciones de vida en el medio rural, se deben adoptar estrategias y políticas integrales para la modernización de la empresa agropecuaria, apoyadas en técnicas ambientales sustentables manteniendo la cohesión social con el medio rural (Giorgis, 2009).

Históricamente, el marco conceptual de la competitividad fue establecido en el siglo XVII por las teorías de comercio internacional, cuya esencia está centrada sobre todo en aspectos económicos (Bejarano, 1998). Los conceptos puramente economicistas comienzan a mezclarse con otros de orden no económico, como el medio ambiente, la cultura, la política, los recursos humanos, etc. Todos ellos con el propósito de alcanzar un equilibrio entre la viabilidad económica, la estabilidad social y la sustentabilidad medioambiental.

### **2.1.1 Niveles de análisis de la competitividad**

La competitividad puede analizarse desde diferentes niveles: un nivel “meta”, un nivel “macro”, un nivel “meso” y un nivel “micro”. Se pueden describir de la siguiente manera:

- Nivel “macro”: en este ámbito aparecen tanto elementos de carácter social como factores macroeconómicos, tales como el déficit fiscal, inflación y la tasa de interés, entre otros. También se tienen en cuenta aspectos externos

al país como los precios internacionales o las exigencias de los mercados; y elementos relacionados con los consumidores (demanda, gustos y preferencias, etc.).

- Nivel “meso”: destaca aspectos regionales como por ejemplo las condiciones agroecológicas y climatológicas, recursos naturales, infraestructuras, etc.
- Nivel “micro”: identifica aquellos factores que condicionan el comportamiento de una empresa, como la productividad, los costes, la organización empresarial, la innovación, el tamaño de la empresa o la diversificación entre otros.
- Nivel “meta”: Complementa cada uno de los otros niveles incorporando aspectos del recurso humano, desarrollo de las habilidades, conocimientos; es decir, comprende temas de educación y capacitación de los trabajadores.

Dependiendo del nivel del análisis de la competitividad podemos tener diferentes definiciones del concepto de competitividad. De acuerdo a Piñeiro (1993): “Al nivel de la empresa (micro), la competitividad es principalmente el resultado de las estrategias de gestión. A nivel meso, es el resultado de estrategias de cooperación/competencia de un grupo de organizaciones y al nivel regional o nacional, el resultado de una política pública y su respuesta a políticas de los diferentes actores económicos o sociales” (**Tabla 2.1**).

**Tabla 2.1.** Niveles de análisis de la competitividad (Fuente: Rojas *et al.*, 1999).

| <b>Enfoque sistémico</b>   | <b>Nivel de agregación</b> | <b>Factores endógenos</b>  | <b>Factores exógenos</b>  |
|----------------------------|----------------------------|--|---|
| Macro<br>Meta              | País                       | Variables macroeconómicas:<br>déficit fiscal, inflación, tasas<br>de interés | Precios internaciones<br>Acuerdos y convenios<br>Conflictos armados           |
| Apertura cultural          |                            |  |   |
| Meso<br>Meta               | Región                     | Infraestructuras   | Políticas de apoyo a la<br>inversión, políticas<br>comerciales y arancelarias |
| Condiciones agroecológicas |                            |  |   |
| Micro<br>Meta              | Empresa                    | Costos de producción   | Industrias proveedoras de<br>insumos y servicios                              |
| Gestión empresarial        |                            |  |   |
| Innovación tecnológica     |                            |  |   |
| Control de calidad         |                            |  |   |
| Tecnologías                |                            |  |   |

Es posible encontrar definiciones en varios niveles: las basadas en la empresa, en el sector y las que tienen como referencia la economía nacional como un todo. Con el fin de agrupar de forma ordenada las diversas definiciones de competitividad propuestas por los diferentes autores, se establece para cada uno de los niveles mencionados (macro, meso y micro) una unidad de análisis que facilita la delimitación del espacio: país, sector y empresa, respectivamente. A continuación se hace referencia a alguna de ellas:

1. A nivel país:

- “Capacidad de un país (o grupo de países) de enfrentar la competencia a nivel mundial. Incluye tanto la capacidad de un país de exportar y vender en los mercados externos como su capacidad de defender su propio mercado doméstico respecto a una excesiva penetración de importaciones” (Bejarano, 1998).

- “El grado por el cual un país, en un mundo de mercados abiertos, produce bienes y servicios que satisfagan las exigencias del mercado y simultáneamente expande su PIB y su PIB per cápita al menos tan rápidamente como sus socios comerciales” (Jonnes, 1998).
- “Se refiere a la habilidad de un país para crear, producir, distribuir, productos o servicios en el comercio internacional, manteniendo ganancias crecientes de sus recursos” (Perkins, 2001).

## 2. A nivel sector agroalimentario

- “La competitividad del sector agroalimentario es su capacidad para colocar los bienes que produce en los mercados, bajo condiciones leales de competencia, de tal manera que se traduzca en bienestar en la población” (García, 1995).

## 3. A nivel empresa

- “Significa la capacidad de las empresas de un país dado de diseñar, desarrollar, producir y vender sus productos en competencia con las empresas basadas en otros países” (Alic *et al.*, 1987; citado por Bejarano, 1998).
- “La capacidad de una industria (o empresa) de producir bienes con patrones de calidad específicos, requeridos por mercados determinados, utilizando recursos en niveles iguales o inferiores a los que prevalecen en industrias semejantes en el resto del mundo, durante un cierto período de tiempo” (Haguenaer, 1989).
- “La competitividad es un atributo o cualidad de las empresas, no de los países. La competitividad de una o de un grupo de empresas está determinada por cuatro atributos fundamentales de su base local:

condiciones de los factores; condiciones de la demanda; industrias conexas y de apoyo; y estrategia, estructura y rivalidad de las empresas. Tales atributos y su interacción explican por qué innovan y se mantienen competitivas las compañías ubicadas en determinadas regiones” (Porter, 1982).

### **2.1.2 La competitividad en la empresa agropecuaria**

Medir la competitividad de las explotaciones ganaderas implica la determinación de los componentes o factores que la generan y el grado de impacto de los mismos. De la misma forma que existe una gran cantidad de definiciones para este término, también la hay de metodologías que buscan medir determinados elementos de la competitividad, basándose en diferentes factores condicionantes (Rojas *et al.*, 2000).

El IICA (1998) sugiere un marco metodológico de la competitividad, que ofrece un cuadro de referencia analítico para servir de apoyo al proceso de toma de decisiones de los agentes públicos y privados. El cuadro organiza los factores que afectan a la competitividad dentro de tres grupos, según quien los controle: la empresa, el gobierno o aquellos difícilmente controlables.

Destacan los trabajos de Giorgis (2009), que analiza las explotaciones lecheras de La Pampa, y Valerio (2009) que estudia el comportamiento de las explotaciones ovino-caprinas de República Dominicana. Ambos estudios son referidos a la competitividad de la empresa ganadera, a nivel micro. Mientras que Otrowski y Deblits (2001) abordaron el estudio de la competitividad de la producción lechera a nivel país, mediante comparación entre diferentes países: Argentina, Chile, Uruguay y Brasil. El estudio emplea herramientas del análisis estratégico, observando las debilidades y fortalezas y proponiendo líneas de mejora en cada caso. Por otro lado, Juárez y García (2000) evaluaron la industria lechera argentina mediante una serie de indicadores tales como: tasa de participación de las exportaciones del sector, productos en los mercados externos, tasa de crecimiento de las exportaciones, productividad, costes, entre otros.

## 2.2 El concepto de *benchmarking*

A finales de los 70 la empresa Xerox, fue la pionera en el uso del concepto de *benchmarking*. Debido a que su filial Fuji-Xerox vendía sus productos y servicios por debajo de los costes de producción, realizó una comparación de los productos y componentes, de las características de producción y de los costes unitarios. De esta manera, Xerox cambió sus objetivos de producción hacia nuevos objetivos cuya base fue una referencia del exterior: la competencia.

La herramienta *benchmarking* se basa en el conocimiento de uno mismo y de la competencia. El objetivo es lograr niveles adecuados de competitividad mediante la aplicación de las mejores prácticas dentro del sector (Rouse *et al.*, 2007).

Diferentes autores han definido el concepto:

- Como un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que se reconocen como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales (Spendolini, 1994).
- Como el proceso de identificación, aprendizaje y adaptación de prácticas y procesos sobresalientes de cualquier organización, en cualquier parte del mundo, para ayudar a otra organización a mejorar sus procesos y mediante esto su desempeño. Es la comparación y medición contra otra organización para conocer filosofías, políticas, prácticas e indicadores que la hacen destacada (APQC, 1995; citado por Andersen, 1995).

Las distintas definiciones recogidas en la literatura tienen en común los siguientes aspectos:

1. Desarrollo de ventajas competitivas.
2. Estudiar las mejores prácticas de cualquier sector.

3. Comparar el desempeño entre explotaciones para alcanzar una mejora en su organización y/o producción.
4. Ser un proceso continuo de mejora.

Las técnicas de *benchmarking* son frecuentemente empleadas, en un marco de aprendizaje y adaptación continua, junto al estudio de la eficiencia mediante Data Envelopemnet Analysis (DEA)., Se han utilizado ampliamente en sectores tan diversos como el financiero (Paradi *et al.*, 2011), el sanitario (Chilingerian *et al.*, 2011), el educativo (Abramo *et al.*, 2011), sectores industriales (Liu *et al.*, 2013), sectores agropecuarios (Speelman *et al.*, 2008), transporte (Henning *et al.*, 2011), energéticos, etc. .

Esta aproximación metodológica también ha sido utilizada en el ámbito ganadero. Iribarren *et al.* (2011) evaluaron el impacto ambiental de la producción lechera en Galicia. Haanson *et al.* (2007) también la aplicaron en vacuno lechero. En caprino destacan los trabajos de Galanopoulos *et al.* (2006) y Theodoridis *et al.* (2011). En Argentina destacan los trabajos de Bravo-Ureta y Schilder (2006) y Arzubi (2003), este último desarrollado en la cuenca lechera de Buenos Aires.

### **2.2.1 Tipos de *benchmarking***

Actualmente nos encontramos en un entorno enormemente competitivo, donde las empresas han de compararse con las mejores prácticas, para ganar ventaja competitiva. Esta comparación se puede realizar desde varios puntos de vista, indicando diferentes tipos de *benchmarking*. Zairi (2012) los define de la siguiente manera:

1. Competitivo: este tipo de *benchmarking* está enfocado hacia los productos generados, servicios ofertados y/o procesos de trabajos de los competidores directos del mismo sector productivo.
2. Interno: es una forma de *benchmarking* de colaboración que muchas empresas grandes utilizan para identificar las mejores prácticas dentro de

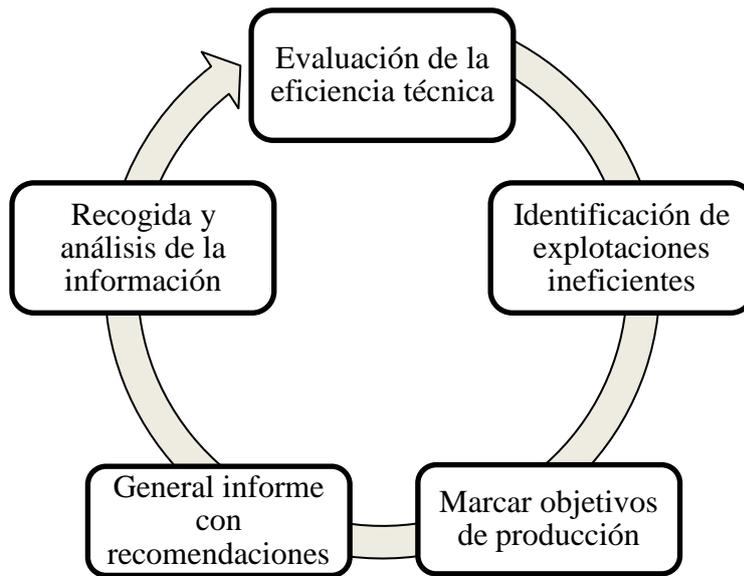
los departamentos u otras divisiones de la empresa. Se basa en un aprendizaje cooperativo interno.

3. Funcional o genéricos: dirigido a organizaciones que pueden o no ser competidores directos, sin importar el sector productivo al que pertenezcan.

### **2.2.2 Etapas del proceso de *benchmarking***

La aplicación del proceso de *benchmarking* comprende las siguientes etapas generales.

1. Identificación de las empresas que van a ser sometidas al análisis.
2. Recopilación de la información relevante para el objetivo de la comparación.
3. Evaluación de la eficiencia para identificar aquellas empresas ineficientes y compararlas con sus pares de referencia para obtener los objetivos de producción.
4. Una vez obtenidos los objetivos se analizan cada una de las explotaciones proponiendo cambios en el proceso para mejorar la competitividad.
5. Generar un informe a las empresas con un conjunto de recomendaciones para la ejecución real del cambio.
6. Por último, recoger nuevamente información para evaluar los cambios producidos. De esta manera, se le da continuidad al proceso de mejora.



**Figura 2.1.** Etapas de *benchmarking*.

### 2.3 Conclusiones

La determinación del nivel de competitividad de un conjunto de unidades productivas puede ser evaluada desde diferentes niveles, dependiendo del entorno meso, micro, macro o meta, en el que se enfoque el análisis.

El nivel empleado en la Tesis para la evaluación de la competitividad es el micro, es decir, a nivel empresa. Se determinan aquellas explotaciones que son viables y no viables económicamente y se determinan que factores de la propia estructura y gestión de la explotación afectan a la viabilidad económica.

Asimismo, mediante un proceso continuo de mejora, se emplean técnicas de *benchmarking* como método comparativo con las mejores prácticas. Las mejores prácticas son observadas en la frontera conformando el grupo de explotaciones eficientes.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

---



### **CAPÍTULO 3. Caracterización técnico-económica y tipología de las explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina)**

#### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue caracterizar y establecer una tipología de las explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina). Los datos fueron recogidos mediante encuestas directas a 57 ganaderos y reflejan los principales aspectos técnicos, económicos y productivos de las explotaciones. La tipología fue establecida utilizando técnicas analíticas multivariantes. El análisis de componentes principales reveló 4 factores que explican el 76,41% de la variabilidad original. El análisis cluster identificó cinco sistemas lecheros. Los grupos I, III y V se dedican exclusivamente a la producción de leche y se diferencian en la dimensión, productividad, mano de obra familiar e intensificación. El grupo V son explotaciones de gran tamaño y elevado nivel tecnológico, que utilizan altos niveles de suplementación y obtienen una elevada productividad física y económica. Se trata de empresas no familiares que suelen utilizar asesores externos y servicios sanitarios. El grupo I son explotaciones de dimensión intermedia y menor tecnología, intensificación y productividad. Principalmente la dimensión explica las diferencias en los resultados económicos de ambos grupos. El grupo III consiste en explotaciones familiares de pequeña dimensión y con los peores rendimientos productivos y económicos, fundamentalmente debido a una inadecuada gestión de la mano de obra. Los grupos II y IV son explotaciones de gran superficie, que combinan la actividad lechera con el cebo bovino y la agricultura. El grupo II consiste en explotaciones familiares de baja productividad con ineficiencia reproductiva. El grupo IV se conforma por explotaciones no familiares y con una actividad lechera de mayor tamaño, productividad y eficiencia reproductiva. Estas diferencias se trasladan en diferentes resultados económicos.

### 3.1 Introducción

La producción de leche en la provincia de La Pampa se desarrolla bajo sistemas extensivos o semintensivos, con alimentación pastoril y diferentes niveles de suplementación (Castignani *et al.*, 2005). Las características agroclimáticas de la región determinan diferentes opciones de utilización del recurso tierra, desde actividades ganaderas pastoriles, hasta cultivos de cosecha de invierno y verano (Giorgis, 1994). Por eso, la base pastoril de la explotación lechera tiene que competir por la tierra con otras actividades agrarias. La actividad lechera es una decisión a largo plazo, demandante de alta inversión fija en animales, instalaciones y equipos; mientras que el engorde bovino y la agricultura son decisiones a corto plazo y de menor inversión. En definitiva, el empresario agrícola puede combinar y sustituir con relativa facilidad el engorde bovino por la agricultura, sin embargo la actividad lechera carece de elasticidad de sustitución (Barnard y Nix, 1984).

La situación económica argentina en la década de los 90 favorecía la inversión y potenciaba el mercado interno, lo que provocó una rápida expansión de la actividad lechera (Osan Bastides, 2003). Sin embargo, la devaluación de 2001 favoreció a la agricultura, productora de bienes de exportación y bajo nivel de inversión, frente a la ganadería, productora de carne y leche para el mercado interno. Ante el bajo estímulo inversor, algunos productores desarrollaron una gestión conservadora en el uso de insumos y en la renovación de animales y equipos, mientras que otros siguieron un proceso de concentración e intensificación de la producción para alcanzar una dimensión competitiva (Giorgis, 2009).

En definitiva, la nueva situación provocó un proceso de adaptación en el que no todas las explotaciones han reaccionado de forma homogénea (Giorgis *et al.*, 2010). A pesar de que se desarrollan en el mismo entorno agroclimático, operan en los mismos mercados, y, además, cuentan con información similar, el resultado es un variado universo de situaciones.

Las diferencias entre los sistemas lecheros de las distintas zonas de producción dificulta la transferencia de los estudios realizados en unas regiones a otras. Por ello, identificar los sistemas de producción propios de cada zona y su funcionamiento, constituye el primer paso en la elaboración de estrategias productivas y económicas que garanticen su competitividad (Gibbon *et al.*, 1999). Esto reviste gran utilidad no sólo para los ganaderos y profesionales del sector, sino para las instituciones encargadas de generar las políticas sectoriales.

Muchos estudios abordan diferentes aspectos singulares de los sistemas pastoriles de producción lechera, como la alimentación (Valerio *et al.*, 2007), y su influencia en la producción (Pulido y Leaver, 2000), la eficiencia reproductiva (Fall *et al.*, 2008) o la sanidad (Valle *et al.*, 2007). Sin embargo, pocos trabajos (entre ellos es destacable el estudio de Solano *et al.* (2000) en Bolivia) se enfocan desde una perspectiva global que es la que permite comparar mejor y explorar las interrelaciones entre los principales aspectos técnicos, productivos y económicos;.Por ello, se plantea como objetivo tipificar y caracterizar técnica y económicamente los sistemas de producción lechera de la provincia de La Pampa (Argentina).

### **3.2 Material y métodos.**

El área de estudio fue la cuenca lechera de la provincia de la Pampa, con una población de 172 explotaciones lecheras y un censo de 26408 cabezas en ordeño (Iturrioz, 2008) distribuidos en 8 departamentos. Se sitúa entre los meridianos 63° y 65° oeste y los paralelos 35° y 39° sur, y tiene una superficie aproximada de 32467 km<sup>2</sup> (Dirección General de Catastro, 2009). Los suelos son molisoles de textura gruesa variable entre franco y franco arenoso con régimen de humedad rústico. El suelo tiene una leve pendiente hacia el este y presenta leves ondulaciones arenosas con sentido norte sur. Esta constituida totalmente por un sedimento arenoso con variabilidad de espesor, el cual en el oeste es apenas un metro y en el este supera los 6 metros, no observándose afloramientos rocosos (Giorgis, 1994). La climatología de la cuenca se caracteriza por inviernos benignos y veranos suaves, con lluvias estacionales concentradas en primavera.

La precipitación media anual durante el periodo 1990-2003 fue de 724 mm y la temperatura media de 15°C (Servicio Meteorológico Nacional, 2007).

En consonancia con la metodología utilizada por Milán *et al.* (2003), se utilizó un muestreo aleatorio estratificado por departamento con asignación proporcional. La muestra seleccionada constituye el 33% de la población estudiada y está integrada por 57 explotaciones encuestadas. La información se obtuvo mediante el método de entrevistas directas con el productor, de acuerdo con la metodología utilizada por Valerio *et al.* (2009). Los datos utilizados corresponden a 2006 y fueron obtenidos durante 2007.

Se analizaron 60 variables representativas de la estructura productiva y patrimonial de las explotaciones, su dimensión, uso y régimen de tenencia de la tierra, diversificación de la producción, organización y manejo del rebaño, su productividad y los aspectos socioeconómicos y de gestión.

La diferencia de inventario se ha considerado como un ingreso, de signo positivo o negativo, según la variación interanual de las existencias bovinas en la explotación; tomando el coste de producción como valor económico del nuevo reproductor. El capital operativo consiste en el valor del activo inmovilizado de la empresa, excluida la tierra. Las amortizaciones se han calculado utilizando el método lineal, con un valor residual de cero y una vida útil de 30 años para los edificios y construcciones, 20 años para las instalaciones y 10 años para la maquinaria. La amortización de los animales también se han calculado utilizando el método lineal, aunque como valor residual se ha utilizado el precio medio del animal de desvieje de cada explotación y la vida útil se ha calculado a partir de la tasa de reposición registrada en cada explotación. El gasto en mano de obra incluye tanto la retribución a la mano de obra asalariada como la retribución a la mano de obra familiar. El gasto en labores es el pagado al servicio externo prestado por empresas especializadas en labores agrícolas con maquinaria propia y capacidad de trabajo.

La clasificación y descripción de los sistemas lecheros se basó en la metodología propuesta por Berdegué *et al.* (1990), que comprende las siguientes etapas:

a) Revisión y selección de las variables originales. A partir de las variables originales se seleccionaron aquellas que: (1) tienen alta capacidad discriminante (coeficientes de variación superiores al 60%), (2) están correlacionadas entre sí aunque sin dependencia lineal (coeficientes de correlación inferiores a 0,90) y (3) son relevantes para la descripción de los sistemas lecheros. Esta reducción en el número de variables es importante para evitar errores estadísticos y para mejorar la calidad de los resultados (Ruiz *et al.* 2008).

El procedimiento de selección fue el siguiente: de las 60 variables originales, fueron seleccionadas 44 con un coeficiente de variación superior al 60%. A estas 44 variables, se incorporó además la variable *producción por vaca (l/año)*, con un coeficiente de variación del 43,70 %, debido a que se considera de gran interés para los análisis de sistemas lecheros (Ruíz *et al.*, 2008).

A continuación se analizó la matriz de correlaciones de las 45 variables inicialmente seleccionadas para: (1) descartar variables no correlacionadas (coeficiente de correlación cercano a 0), (2) descartar las variables con menor coeficiente de variación de cada par con dependencia lineal (coeficiente de correlación absoluto superior a 0,8) y (3) finalmente seleccionar variables con matriz de correlaciones adecuada para el análisis de componentes principales (test de esfericidad de Bartlett e índice de KMO superior a 0,8).

Una vez analizadas las matrices de correlación, fueron finalmente seleccionadas las siguientes 17 variables: consumo de concentrado (g/l), número de vacas, margen neto (\$/ha), superficie (ha), producción por vaca (l/año), mano de obra (UTH/100 ha), carga ganadera (UGM/ha), pasturas (ha/vaca), amortización (\$/ha), gasto en alimentación (\$/vaca), venta de leche (%), margen bruto (\$/ha), ingreso total (\$/ha), vacas en ordeño (%), gasto sanitario (\$/vaca), gasto directo (\$/ha) y mano de obra familiar (%).

A continuación se aplica una secuencia analítica multivariante, con el objetivo de explotar la información de las variables del modo más eficiente. Previamente, las variables fueron estandarizadas para evitar la influencia de las diferencias producidas por las diferentes escalas de cada variable. Este análisis secuencial ha sido utilizado previamente en otros estudios de sistemas ganaderos, como Milán *et al.* (2003) en sistemas ovinos o Ussai *et al.* (2006) en sistemas caprinos.

b) Análisis de componentes principales (CP). A continuación se desarrolló un análisis de componentes principales con el objetivo de sintetizar la mayor parte de la variabilidad total en un pequeño número de variables estandarizadas y no correlacionadas (factores). Sólo los factores con autovalores superiores a la unidad fueron retenidos. Asimismo, se aplicó la rotación ortogonal varimax para relacionar más fácilmente las variables seleccionadas con los factores extraídos.

c) Clasificación de las explotaciones y descripción de los sistemas. La clasificación de las explotaciones fue desarrollada mediante un análisis cluster secuencial, siguiendo la metodología propuesta por Jiménez y Aldás (2005). En primer lugar se desarrolló una agrupación jerárquica basada en el método del centroide más cercano (Anderberg, 1973). Este procedimiento garantiza que las distancias entre las explotaciones del mismo grupo son inferiores a las distancias entre las explotaciones de diferentes grupos. Se utilizó un desarrollo secuencial con las distancias euclídea, euclídea al cuadrado y de manhatan. En cada secuencia se determinó el número óptimo de grupos a partir de la tasa de variación del coeficiente de conglomeración y la raíz cuadrada de la media de las desviaciones típicas. A continuación se desarrolló una agrupación no jerárquica utilizando como centroides y número de grupos los obtenidos en cada una de las agrupaciones jerárquicas con cada distancia. Este procedimiento maximiza la homogeneidad dentro de los grupos y la heterogeneidad entre los grupos (Jiménez y Aldás, 2005).

Finalmente, se determinó el poder discriminante de cada agrupación no jerárquica. En primer lugar, se calcularon los valores de las variables originales para cada grupo y se sometieron a ANOVA. A continuación, cada agrupación no jerárquica

fue sometida a un análisis discriminante con los factores extraídos. Se optó por la solución cuya función discriminante clasificó adecuadamente el mayor porcentaje de explotaciones y que generó diferencias significativas en el mayor número de variables originales.

Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados con el paquete estadístico SPSS v.14 (Pérez, 2003). El análisis preliminar de la información determinó que cuatro explotaciones no fueran incluidas en los análisis, debido a la ausencia de datos en algunas variables.

### **3.3 Resultados y discusión**

#### **3.3.1 Descripción e interrelaciones de los principales indicadores**

El 62,2% de las explotaciones estudiadas se dedican exclusivamente a la actividad lechera, el 9,4% combinan la producción de leche con el cebo bovino, y el 28,3% restante combina la agricultura con la producción de leche y el engorde bovino.

La superficie media es de 221,6 ha y, aunque muy variable entre explotaciones (**Tabla 3.1**), es similar a la media nacional de 271 ha (Castignani *et al.*, 2005), aunque inferior a las 524 ha de la cuenca oeste de la provincia de Buenos Aires, con similares condiciones agroecológicas y de igual competencia por el uso del suelo (Gambuzzi, 2003). En todos los casos los ganaderos son propietarios y arriendan una media del 31,5% de la superficie utilizada. La tenencia de la tierra facilita el desarrollo de inversiones, como indica la correlación positiva entre la superficie en propiedad (ha) y el capital operativo (\$) ( $r=0,675$ ;  $p<0,01$ ). La dimensión media del rebaño es de 112,9 vacas, con alta variabilidad entre explotaciones (**Tabla 3.2**) y también inferior a las 157 vacas que como media nacional indica Castignani (2005) y a las 246 que para la cuenca oeste de la provincia de Buenos Aires registran Gambuzzi *et al* (2002).

**Tabla 3.1.** Superficie y uso de la tierra de acuerdo a la tipología (media  $\pm$  error estándar).

|                              | <b>Total</b>     | <b>Grupo I</b>                | <b>Grupo II</b>               | <b>Grupo III</b>             | <b>Grupo IV</b>               | <b>Grupo V</b>                | <b>P-valor</b> |
|------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| <i>N</i>                     | 53               | 14                            | 9                             | 15                           | 6                             | 7                             |                |
| Superficie (ha)              | 221,6 $\pm$ 21,0 | 178,6 $\pm$ 23,5 <sup>b</sup> | 275,0 $\pm$ 31,7 <sup>c</sup> | 94,5 $\pm$ 14,5 <sup>a</sup> | 361,8 $\pm$ 58,3 <sup>d</sup> | 361,2 $\pm$ 42,6 <sup>d</sup> | <0,000         |
| Superficie en propiedad (%)  | 69,5 $\pm$ 5,6   | 71,1 $\pm$ 10,3               | 83,8 $\pm$ 12,5               | 59,7 $\pm$ 12,1              | 90,1 $\pm$ 9,8                | 64,2 $\pm$ 15,1               | NS             |
| Superficie ganadera útil (%) | 94,1 $\pm$ 18,7  | 100,0 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>  | 91,2 $\pm$ 2,6 <sup>ab</sup>  | 99,8 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>  | 81,1 $\pm$ 10,8 <sup>a</sup>  | 100,0 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>  | <0,01          |
| Pastos (%)                   | 38,9 $\pm$ 2,9   | 51,4 $\pm$ 4,4 <sup>b</sup>   | 31,8 $\pm$ 5,6 <sup>ab</sup>  | 19,8 $\pm$ 6,2 <sup>a</sup>  | 50,9 $\pm$ 9,2 <sup>b</sup>   | 46,9 $\pm$ 3,8 <sup>b</sup>   | <0,01          |
| Cereales de invierno (%)     | 55,6 $\pm$ 7,2   | 36,1 $\pm$ 5,2 <sup>a</sup>   | 56,0 $\pm$ 9,7 <sup>b</sup>   | 51,0 $\pm$ 10,5 <sup>b</sup> | 35,8 $\pm$ 7,3 <sup>a</sup>   | 40,7 $\pm$ 4,8 <sup>a</sup>   | <0,05          |
| Cultivos de verano (%)       | 12,5 $\pm$ 3,7   | 16,5 $\pm$ 6,3                | 18,2 $\pm$ 3,4                | 27,2 $\pm$ 9,5               | 19,9 $\pm$ 5,2                | 19,4 $\pm$ 3,1                | NS             |
| Gasto en labores (\$/ha)     | 14,0 $\pm$ 5,1   | 8,7 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>    | 17,0 $\pm$ 6,9 <sup>b</sup>   | 5,1 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>   | 16,4 $\pm$ 7,2 <sup>b</sup>   | 5,2 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>    | <0,01          |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Tabla 3.2.** Dimensión del rebaño y características productivas de acuerdo a la tipología (media  $\pm$  error estándar).

|                                     | <b>Total</b>            | <b>Grupo I</b>                       | <b>Grupo II</b>                      | <b>Grupo III</b>                     | <b>Grupo IV</b>                       | <b>Grupo V</b>                        | <b>P-valor</b> |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| <i>N</i>                            | 53                      | 14                                   | 9                                    | 15                                   | 6                                     | 7                                     |                |
| Número de vacas                     | 112,9 $\pm$ 10          | 117,0 $\pm$ 12,2 <sup>b</sup>        | 64,1 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>          | 75,8 $\pm$ 9 <sup>a</sup>            | 93,3 $\pm$ 17,2 <sup>b</sup>          | 214,8 $\pm$ 27,7 <sup>c</sup>         | <0,000         |
| Vacas en ordeño (%)                 | 68,7 $\pm$ 1,4          | 67,7 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>          | 66,3 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>          | 64,8 $\pm$ 2,7 <sup>a</sup>          | 77,8 $\pm$ 2,6 <sup>b</sup>           | 74,5 $\pm$ 4,6 <sup>b</sup>           | <0,05          |
| Tasa de reposición (%)              | 15,6 $\pm$ 4,2          | 16,2 $\pm$ 2,2 <sup>ab</sup>         | 11,4 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>          | 12,5 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>          | 22,2 $\pm$ 2,1 <sup>b</sup>           | 19,6 $\pm$ 3,7 <sup>b</sup>           | <0,05          |
| Producción diaria (l/día)           | 1063,2 $\pm$<br>150,3   | 1.002,6 $\pm$<br>112,0 <sup>b</sup>  | 259,2 $\pm$ 62,2 <sup>a</sup>        | 388,9 $\pm$ 51,2 <sup>a</sup>        | 1.033,6 $\pm$<br>204,2 <sup>b</sup>   | 2371,6 $\pm$ 330 <sup>c</sup>         | <0,000         |
| Producción total (l/año)            | 388.074 $\pm$<br>54.890 | 385.603 $\pm$<br>42.600 <sup>b</sup> | 103.381 $\pm$<br>23.395 <sup>a</sup> | 153.132 $\pm$<br>20.154 <sup>a</sup> | 393.641 $\pm$<br>75.600 <sup>b</sup>  | 896.655 $\pm$<br>124.180 <sup>c</sup> | <0,000         |
| Producción por vaca (l/año)         | 4.372,3 $\pm$<br>278,1  | 5028,5 $\pm$<br>309,3 <sup>b</sup>   | 2.452,6 $\pm$<br>451,5 <sup>a</sup>  | 3.146,7 $\pm$<br>210,3 <sup>ab</sup> | 5.740,4 $\pm$<br>1.190,2 <sup>c</sup> | 6.095,3 $\pm$<br>543,1 <sup>c</sup>   | <0,000         |
| Grasa butirosa (%)                  | 3,5 $\pm$ 0,3           | 3,7 $\pm$ 0,3                        | 3,2 $\pm$ 0,6                        | 3,9 $\pm$ 0,3                        | 3,2 $\pm$ 0,6                         | 3,1 $\pm$ 0,2                         | NS             |
| Terneros<br>producidos<br>(kg/vaca) | 152,3 $\pm$ 24,1        | 95,2 $\pm$ 16,3 <sup>a</sup>         | 300,8 $\pm$ 95,3 <sup>c</sup>        | 91,1 $\pm$ 23,4 <sup>a</sup>         | 257,7 $\pm$ 116,1 <sup>bc</sup>       | 113,9 $\pm$ 21,7 <sup>b</sup>         | <0,05          |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Las explotaciones desarrollan un sistema de producción basado en los recursos producidos en ellas y en el uso de suplementación adicional. La carga ganadera media de 0,91 UGM/ha (**Tabla 3.3**), es similar a la media de las explotaciones lecheras argentinas (Gambuzzi *et al.*, 2005), aunque inferior a la de los sistemas ecológicos europeos (Häring, 2003). La carga ganadera (UGM/ha) está positivamente correlacionada con el margen bruto por ha (\$/ha) ( $r=0,591$ ;  $p<0,01$ ).

El 38,9% de la superficie corresponde a pasturas permanentes de base alfalfa (0,84 ha/vaca), que son aprovechadas mediante pastoreo rotacional con elevadas densidades animales durante la primavera y el otoño y que en la mayor parte de las explotaciones (84,2%) se conserva como heno para el verano y el invierno. El resto de la superficie corresponde a cereales de invierno (1,24 ha/vaca) y a cultivos de verano (0,29 ha/vaca) que pueden ser pastoreados, cosechados para la alimentación del rebaño o destinados a venta (**Tabla 3.3**). El consumo de concentrado es muy variable entre explotaciones y asciende a 114,6 g/l. Este valor es inferior a los 340 g/l que Perea *et al.* (2009) registraron en explotaciones ecológicas españolas. El consumo de concentrado (g/l) se correlaciona positivamente con el margen bruto por ha (\$/ha) ( $r=0,612$ ;  $p<0,01$ ) y con la producción de leche (l/vaca) ( $r=0,531$ ;  $p<0,001$ ) como expresión de su importancia sobre el rendimiento de la actividad. Asimismo, las explotaciones de mayor dimensión tienden a intensificar el uso de de concentrados, como refleja la correlación positiva entre el consumo de concentrado (g/l) y el número de vacas ( $r=0,564$ ;  $p<0,01$ ).

La productividad de 4.374 l por vaca, es inferior a la media nacional argentina (Gambuzzi *et al.*, 2003) y a las de de 5.583 l/vaca y 6.672 l/vaca que Häring (2001) señaló respectivamente en sistemas ecológicos galeses y daneses; aunque en La Pampa las explotaciones son de mayor tamaño (50 y 66 ha en Gales y en Dinamarca, respectivamente). La misma relación aparece con los sistemas pastoriles norteamericanos, que tienen una dimensión media de 51 vacas (Sato *et al.*, 2005).

**Tabla 3.3.** Intensificación y alimentación de acuerdo a la tipología (media + error estándar).

|                                | <b>Total</b> | <b>Grupo I</b>            | <b>Grupo II</b>          | <b>Grupo III</b>          | <b>Grupo IV</b>           | <b>Grupo V</b>            | <b>P-valor</b> |
|--------------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| <i>N</i>                       | 53           | 14                        | 9                        | 15                        | 6                         | 7                         |                |
| Carga ganadera (UGM/ha SGU)    | 0,91 ± 0,06  | 0,95 ± 0,07 <sup>b</sup>  | 0,56 ± 0,15 <sup>a</sup> | 1,14 ± 0,14 <sup>c</sup>  | 0,61 ± 0,11 <sup>a</sup>  | 0,83 ± 0,09 <sup>b</sup>  | <0,01          |
| Pastos (ha/vaca)               | 0,84 ± 0,08  | 0,79 ± 0,07 <sup>b</sup>  | 1,33 ± 0,23 <sup>c</sup> | 0,39 ± 0,08 <sup>a</sup>  | 1,52 ± 0,34 <sup>c</sup>  | 0,69 ± 0,07 <sup>b</sup>  | <0,000         |
| Cereales de invierno (ha/vaca) | 1,24 ± 0,12  | 0,42 ± 0,15 <sup>a</sup>  | 1,88 ± 0,41 <sup>c</sup> | 1,16 ± 0,35 <sup>bc</sup> | 0,68 ± 0,25 <sup>b</sup>  | 0,52 ± 0,13 <sup>a</sup>  | <0,01          |
| Cultivos de verano (ha/vaca)   | 0,29 ± 0,08  | 0,20 ± 0,07 <sup>a</sup>  | 0,59 ± 0,17 <sup>b</sup> | 0,47 ± 0,21 <sup>ab</sup> | 0,25 ± 0,13 <sup>a</sup>  | 0,21 ± 0,11 <sup>a</sup>  | <0,01          |
| Consumo de concentrado (g/l)   | 114,6 ± 20,5 | 107,7 ± 27,8 <sup>c</sup> | 75,5 ± 37 <sup>b</sup>   | 23,9 ± 11,5 <sup>a</sup>  | 92,6 ± 59,7 <sup>bc</sup> | 352,9 ± 54,2 <sup>d</sup> | <0,000         |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

La proporción media de vacas en ordeño es del 68,7%, comparado al 79% de otras cuencas argentinas (Gambuzzi *et al.*, 2003) o al 60% descrito por Duran (2000) en Venezuela. Destaca su correlación positiva con la rentabilidad de la empresa (%) ( $r=0,465$ ;  $p<0,001$ ) y con el gasto veterinario (\$/vaca) ( $r=0,457$ ;  $p<0,001$ ) mostrando la importancia de la eficiencia reproductiva sobre el éxito económico de la explotación y el importante papel que juega el asesoramiento especializado.

La mano de obra es uno de los factores con mayor importancia en el resultado económico de las explotaciones lecheras, de acuerdo con Castel *et al.* (2003). Esta importancia también se confirma en la cuenca pampeana a través de las correlaciones negativas entre la productividad de la mano de obra (UTH/100 ha), el margen bruto (\$/ha) ( $r=-0,536$ ;  $p<0,01$ ) y la rentabilidad (%) ( $-0,476$ ;  $p<0,001$ ). De media, la productividad es de 2,2 UTH/100 ha o 100.445 l/UTH; similar a la que Ostrowski *et al.* (2001) encontraron en explotaciones lecheras de Nueva Zelanda aunque muy superior a las 5,54 UTH/100 ha o 103.629 l/UTH que Perea *et al.* (2009) señalaron en explotaciones ecológicas españolas, posiblemente relacionado con una mayor intensificación de estas últimas. Es notable el elevado nivel de trabajo familiar en estas explotaciones (66% sobre el total); en el 38% de los casos toda la mano de obra es asumida por el ganadero o por miembros de su familia (**Tabla 3.4**). Resultados similares fueron reportados por Perea *et al.* (2010) en explotaciones ecológicas españolas. A medida que se incrementa la escala de la actividad lechera, disminuye la proporción de mano de obra familiar (%), como muestra su correlación negativa con la producción diaria (l/día) ( $r=-0,541$ ;  $p<0,001$ ).

Destaca el reducido gasto que suponen las amortizaciones (7.425,4 \$) en relación al capital operativo, que asciende a 281.028 \$ sin contemplar el valor de la tierra (**Tabla 3.5**). Esto posiblemente se corresponde con la renovación más lenta de activos y escasez de inversiones nuevas; lo que a medio plazo puede comprometer la capacidad productiva con el riesgo añadido de descapitalizar la empresa (Giorgis, 2009). La correlación es negativa entre la amortización (\$) y la productividad de la mano de obra (UTH/100 ha) ( $r=-0,392$ ;  $p<0,01$ ).

**Tabla 3.4.** Factor trabajo y estructura de la mano de obra de acuerdo a la tipología (media  $\pm$  error estándar).

|                               | <b>Total</b>        | <b>Grupo I</b>                    | <b>Grupo II</b>                  | <b>Grupo III</b>                  | <b>Grupo IV</b>                   | <b>Grupo V</b>                    | <b>P-valor</b> |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| <i>N</i>                      | 53                  | 14                                | 9                                | 15                                | 6                                 | 7                                 |                |
| Mano de obra (UTH)            | 3,4 $\pm$ 0,3       | 3,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>        | 2,5 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>       | 2,3 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>        | 4,4 $\pm$ 1,0 <sup>c</sup>        | 6,7 $\pm$ 1,3 <sup>d</sup>        | <0,000         |
| Mano de obra familiar (%)     | 66,3 $\pm$ 6,6      | 61,3 $\pm$ 7,3 <sup>b</sup>       | 80,0 $\pm$ 10,0 <sup>c</sup>     | 92,0 $\pm$ 6,4 <sup>c</sup>       | 35,1 $\pm$ 8,9 <sup>a</sup>       | 44,0 $\pm$ 11,5 <sup>a</sup>      | <0,001         |
| UTH / 100 hectáreas           | 2,2 $\pm$ 0,2       | 2,5 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>        | 1,8 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>       | 3,1 $\pm$ 0,6 <sup>c</sup>        | 1,3 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>        | 1,7 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>        | <0,05          |
| Litros / UTH                  | 100.445 $\pm$ 9.519 | 113.209 $\pm$ 14.577 <sup>b</sup> | 44.876 $\pm$ 11.280 <sup>a</sup> | 76.633 $\pm$ 12.578 <sup>ab</sup> | 100.858 $\pm$ 27.245 <sup>b</sup> | 146.216 $\pm$ 23.827 <sup>c</sup> | <0,000         |
| Gasto en mano de obra (\$/ha) | 104,6 $\pm$ 9,2     | 112,1 $\pm$ 8,3 <sup>b</sup>      | 63,1 $\pm$ 3,5 <sup>a</sup>      | 162,8 $\pm$ 23,1 <sup>c</sup>     | 64,8 $\pm$ 13,3 <sup>a</sup>      | 101,0 $\pm$ 15,2 <sup>b</sup>     | <0,05          |
| Edad del ganadero (años)      | 51 $\pm$ 23,7       | 49,2 $\pm$ 2,8                    | 51,6 $\pm$ 3,8                   | 54,0 $\pm$ 4,2                    | 54,6 $\pm$ 5,8                    | 46,3 $\pm$ 5,6                    | NS             |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Tabla 3.5.** Indicadores de capital y amortizaciones de acuerdo a la tipología (media  $\pm$  error estándar).

|                           | <b>Total</b>            | <b>Grupo I</b>                        | <b>Grupo II</b>                       | <b>Grupo III</b>                     | <b>Grupo IV</b>                        | <b>Grupo V</b>                         | <b>P-valor</b> |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--|----------------|
| <i>N</i>                  | 53                      | 14                                    | 9                                     | 15                                   | 6                                      | 7                                      |                |
| Capital operativo (\$)    | 281.028 $\pm$<br>32.519 | 232.302 $\pm$<br>25.588 <sup>ab</sup> | 316.393 $\pm$<br>65.795 <sup>b</sup>  | 110.277 $\pm$<br>19.695 <sup>a</sup> | 560.567 $\pm$<br>171.470 <sup>c</sup>  | 389.427 $\pm$<br>46.852 <sup>b</sup>   | <0,000         |
| Capital operativo (\$/ha) | 1.298,7 $\pm$ 71,9      | 1.355,2 $\pm$<br>154,1 <sup>ab</sup>  | 1.115,6 $\pm$<br>196,1 <sup>a</sup>   | 1.158,3 $\pm$<br>103,6 <sup>a</sup>  | 1603,5 $\pm$ 236,0 <sup>b</sup>        | 1.363,1 $\pm$<br>193,3 <sup>ab</sup>   | <0,05          |
| Amortizaciones (\$)       | 7425,4 $\pm$ 745,5      | 6.392,1 $\pm$ 990,3 <sup>b</sup>      | 6.810,3 $\pm$<br>1.500,5 <sup>b</sup> | 3.780,3 $\pm$<br>616,1 <sup>a</sup>  | 10.696,5 $\pm$<br>2.658,1 <sup>c</sup> | 13.217,3 $\pm$<br>2.253,1 <sup>c</sup> | <0,000         |
| Amortizaciones (\$/ha)    | 39,2 $\pm$ 3,4          | 40,1 $\pm$ 5,7 <sup>b</sup>           | 27,9 $\pm$ 6,3 <sup>a</sup>           | 47,2 $\pm$ 8,9 <sup>b</sup>          | 29,2 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>            | 41,1 $\pm$ 8,5 <sup>b</sup>            | <0,05          |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

El 69,5% de los ingresos provienen de la venta de leche (**Tabla 3.6**). El ingreso medio por explotación es de 7.981 \$ anuales y de 351,4 \$/ha, muy inferior a los 550 \$/ha que de media se obtienen en la cuenca de Santa Fe y Córdoba (Castignani *et al.*, 2005). El ingreso por venta de leche es de 260,2 \$/ha y presenta una lógica correlación positiva con la producción individual (l/vaca) ( $r=0,742$ ;  $p<0,001$ ), el consumo de concentrado (g/l) ( $r=0,513$ ;  $p<0,001$ ) y el gasto sanitario (\$/vaca) ( $r=0,561$ ;  $p<0,001$ ).

El gasto directo es en promedio el 50% del ingreso total de la explotación y, por ha alcanza una media de 168,3 \$/ha, similar al que requiere el cultivo de soja, aunque superior al de otras actividades como el cultivo de trigo y girasol o el cebo bovino, todas ellas competitivas por el recurso tierra (SAGPYA, 2008) (**Tabla 3.7**). El gasto en mano de obra es el más importante (33,3% del total) y alcanza una media de 104,6 \$/ha. El gasto en alimentación supone el 6,8% del total y tiene un promedio de 42,8 \$/vaca, lo que contrasta con el 33% que supone en los sistemas ecológicos españoles (Perea *et al.*, 2009). El gasto en alimentación (\$/vaca) es más importante en las explotaciones con mayor número de vacas ( $r=0,682$ ;  $p<0,001$ ) y rendimiento lechero (l/vaca) ( $r=0,573$ ;  $p<0,001$ ). En la **Tabla 3.8** se indican los principales gastos directos del rebaño lechero, donde destaca el gasto en asesoramiento y el gasto sanitario, con una media de 15,1 y 36,3 \$/vaca, respectivamente.

Los resultados económicos se muestran en la **Tabla 3.9**, y también son muy variables entre explotaciones. El margen bruto por ha es de 183,0 \$, similar al cultivo de trigo (184 \$/ha), girasol (165 \$/ha) y maíz (174 \$/ha), aunque inferior al que se obtiene en el cultivo de soja (260 \$/ha) (SAGPYA, 2008). El resultado neto medio es de 3.345 \$, aunque con una rentabilidad media negativa del -1,8% y un rendimiento económico de la superficie de -9,9 \$/ha.

**Tabla 3.6.** Ingresos de acuerdo a la tipología (media  $\pm$  error estándar).

|                                  | <b>Total</b>           | <b>Grupo I</b>                     | <b>Grupo II</b>                    | <b>Grupo III</b>                   | <b>Grupo IV</b>                     | <b>Grupo V</b>                       | <b>P</b> |
|----------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------|
| <i>N</i>                         | 53                     | 14                                 | 9                                  | 15                                 | 6                                   | 7                                    |          |
| Ingreso total (\$)               | 73.981<br>$\pm 10.315$ | 69.401 $\pm$<br>8.883 <sup>b</sup> | 28.478 $\pm$<br>4.805 <sup>a</sup> | 26.186 $\pm$<br>3.763 <sup>a</sup> | 97.229 $\pm$<br>13.711 <sup>c</sup> | 152.429 $\pm$<br>20.566 <sup>d</sup> | <0,000   |
| Ingreso total (\$/ha)            | 351,4 $\pm$ 30,9       | 432,4 $\pm$ 48,5 <sup>c</sup>      | 120,9 $\pm$ 23,9 <sup>a</sup>      | 302,7 $\pm$ 34,8 <sup>b</sup>      | 305,5 $\pm$ 42,4 <sup>b</sup>       | 429,3 $\pm$ 52,4 <sup>c</sup>        | <0,000   |
| Venta de terneros (\$)           | 10977 $\pm$ 1764       | 7.881 $\pm$ 2.206                  | 13.992 $\pm$<br>5.585              | 5.858 $\pm$ 2.147                  | 15.258 $\pm$ 6.716                  | 11.567 $\pm$ 2.844                   | NS       |
| Venta de terneros (\$/ha)        | 51,8 $\pm$ 6,9         | 43,5 $\pm$ 9,9 <sup>a</sup>        | 64,9 $\pm$ 24,5 <sup>b</sup>       | 55,4 $\pm$ 13,5 <sup>ab</sup>      | 36,0 $\pm$ 15,1 <sup>a</sup>        | 32,9 $\pm$ 8,1 <sup>a</sup>          | <0,01    |
| Venta de cereales (\$)           | 2.180 $\pm$ 870        | 0 $\pm$ 0 <sup>a</sup>             | 4.580 $\pm$ 404 <sup>b</sup>       | 0 $\pm$ 0 <sup>a</sup>             | 15.706 $\pm$<br>4.269 <sup>c</sup>  | 0 $\pm$ 0 <sup>a</sup>               | <0,000   |
| Venta de cereales (\$/ha)        | 9,8 $\pm$ 5,6          | 0 $\pm$ 0 <sup>a</sup>             | 14,3 $\pm$ 3,6 <sup>b</sup>        | 0 $\pm$ 0 <sup>a</sup>             | 72,3 $\pm$ 25,2 <sup>c</sup>        | 0 $\pm$ 0 <sup>a</sup>               | <0,000   |
| Diferencia de inventario (\$)    | 5.389 $\pm$ 1.373      | 5.973 $\pm$<br>1.545 <sup>c</sup>  | 650 $\pm$ 326 <sup>a</sup>         | 1.619 $\pm$ 518 <sup>b</sup>       | 6.390 $\pm$ 2.381 <sup>c</sup>      | 8.911 $\pm$ 2.105 <sup>d</sup>       | <0,001   |
| Diferencia de inventario (\$/ha) | 26,9 $\pm$ 4,7         | 40,4 $\pm$ 10,0 <sup>c</sup>       | 2,7 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>         | 26,0 $\pm$ 8,8 <sup>b</sup>        | 18,9 $\pm$ 8,0 <sup>b</sup>         | 20,9 $\pm$ 8,4 <sup>b</sup>          | <0,01    |
| Venta de leche (\$)              | 54.551 $\pm$ 8.312     | 54.555 $\pm$<br>6.400 <sup>b</sup> | 11.267 $\pm$<br>3.006 <sup>a</sup> | 18.708 $\pm$<br>2.796 <sup>a</sup> | 56.357 $\pm$<br>12.181 <sup>b</sup> | 129.620 $\pm$<br>18.451 <sup>c</sup> | <0,000   |
| Venta de leche (\$/ha)           | 260,2 $\pm$ 27,7       | 342,5 $\pm$ 36,5 <sup>c</sup>      | 42,8 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>        | 221,2 $\pm$ 31,8 <sup>b</sup>      | 169,8 $\pm$ 33,1 <sup>ab</sup>      | 371,2 $\pm$ 51,7 <sup>c</sup>        | <0,000   |
| Venta de leche (%)               | 69,5 $\pm$ 3,2         | 84,0 $\pm$ 4,9 <sup>b</sup>        | 42,2 $\pm$ 9,5 <sup>a</sup>        | 77,1 $\pm$ 6,4 <sup>b</sup>        | 57,1 $\pm$ 7,9 <sup>a</sup>         | 88,4 $\pm$ 4,9 <sup>b</sup>          | <0,000   |
| Precio de la leche (\$/l)        | 0,22 $\pm$ 0,03        | 0,14 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>        | 0,10 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>       | 0,11 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>        | 0,13 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>         | 0,14 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>         | <0,000   |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Tabla 3.7.** Gastos de acuerdo a la tipología (media  $\pm$  error estándar)

|                             | <b>Total</b>          | <b>Grupo I</b>                     | <b>Grupo II</b>                     | <b>Grupo III</b>                   | <b>Grupo IV</b>                     | <b>Grupo V</b>                       | <b>P-valor</b> |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| <i>N</i>                    | 53                    | 14                                 | 9                                   | 15                                 | 6                                   | 7                                    |                |
| Gasto directo (\$)          | 37.681 $\pm$<br>5.746 | 35.513 $\pm$<br>8.008 <sup>b</sup> | 14.726 $\pm$<br>2.293 <sup>ab</sup> | 9.894 $\pm$ 1.728 <sup>a</sup>     | 59.377 $\pm$<br>14.859 <sup>c</sup> | 86.240 $\pm$ 10.979 <sup>d</sup>     | <0,000         |
| Gasto directo (\$/ha)       | 168,3 $\pm$ 18,4      | 216,0 $\pm$ 32,8 <sup>bc</sup>     | 65,1 $\pm$ 13,6 <sup>a</sup>        | 116,5 $\pm$ 20,2 <sup>ab</sup>     | 165,1 $\pm$ 18,8 <sup>b</sup>       | 242,5 $\pm$ 28,5 <sup>c</sup>        | <0,001         |
| Gasto estructurales (\$)    | 14.340 $\pm$<br>1.630 | 12.737 $\pm$<br>1.498 <sup>b</sup> | 8.390 $\pm$ 1.892 <sup>a</sup>      | 6.883 $\pm$ 937 <sup>a</sup>       | 20.858 $\pm$ 4.900 <sup>c</sup>     | 26.965 $\pm$ 2.957 <sup>c</sup>      | <0,000         |
| Gasto estructurales (\$/ha) | 74,6 $\pm$ 6,6        | 75,9 $\pm$ 5,8 <sup>b</sup>        | 35,9 $\pm$ 10,5 <sup>a</sup>        | 91,0 $\pm$ 14,6 <sup>c</sup>       | 55,0 $\pm$ 10,8 <sup>a</sup>        | 78,5 $\pm$ 11,1 <sup>b</sup>         | <0,001         |
| Gasto total (\$)            | 70.004 $\pm$<br>7.679 | 66.337 $\pm$<br>7.025 <sup>b</sup> | 39.609 $\pm$<br>4.517 <sup>a</sup>  | 30.954 $\pm$<br>2.891 <sup>a</sup> | 96.189 $\pm$<br>10.962 <sup>b</sup> | 139.464 $\pm$<br>11.134 <sup>c</sup> | <0,000         |
| Gasto total (\$/ha)         | 357,8 $\pm$ 26,4      | 401,3 $\pm$ 46,3 <sup>c</sup>      | 175,7 $\pm$ 39,6 <sup>a</sup>       | 403,3 $\pm$ 51,1 <sup>c</sup>      | 267,2 $\pm$ 51,6 <sup>b</sup>       | 399,3 $\pm$ 43,7 <sup>c</sup>        | <0,01          |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Tabla 3.8.** Gastos directos por vaca de acuerdo a la tipología (media  $\pm$  error estándar).

|                                 | <b>Total</b>    | <b>Grupo I</b>                | <b>Grupo II</b>              | <b>Grupo III</b>             | <b>Grupo IV</b>               | <b>Grupo V</b>                | <b>P</b> |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| <i>N</i>                        | 53              | 14                            | 9                            | 15                           | 6                             | 7                             |          |
| Suministros (\$/vaca)           | 92,4 $\pm$ 13,4 | 109,3 $\pm$ 21,1 <sup>a</sup> | 61,9 $\pm$ 19,0 <sup>a</sup> | 51,3 $\pm$ 12,6 <sup>a</sup> | 224,4 $\pm$ 86,0 <sup>b</sup> | 87,0 $\pm$ 10,3 <sup>a</sup>  | <0,01    |
| Alimentación (\$/vaca)          | 42,8 $\pm$ 6,7  | 39,6 $\pm$ 8,73 <sup>ab</sup> | 13,7 $\pm$ 3,8 <sup>a</sup>  | 16,2 $\pm$ 5,4 <sup>a</sup>  | 55,6 $\pm$ 29,8 <sup>b</sup>  | 111,7 $\pm$ 15,9 <sup>c</sup> | <0,000   |
| Asesoramiento (\$/vaca)         | 15,1 $\pm$ 2,3  | 14,6 $\pm$ 3,62 <sup>b</sup>  | 14,4 $\pm$ 5,3 <sup>b</sup>  | 5,64 $\pm$ 2,19 <sup>a</sup> | 28,5 $\pm$ 13,3 <sup>c</sup>  | 21,8 $\pm$ 3,31 <sup>bc</sup> | <0,0     |
| Veterinario y sanidad (\$/vaca) | 36,3 $\pm$ 3,7  | 37,1 $\pm$ 3,9 <sup>b</sup>   | 28,6 $\pm$ 8,1 <sup>a</sup>  | 26,1 $\pm$ 3,8 <sup>a</sup>  | 60,4 $\pm$ 21,5 <sup>c</sup>  | 44,6 $\pm$ 5,9 <sup>bc</sup>  | <0,01    |
| Otros gastos (\$/vaca)          | 30,8 $\pm$ 5,7  | 26,1 $\pm$ 9,2                | 27,8 $\pm$ 16,7              | 21,7 $\pm$ 7,7               | 33,3 $\pm$ 20,7               | 50,5 $\pm$ 19,2               | NS       |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Tabla 3.9.** Resultados de acuerdo a la tipología (media  $\pm$  error estándar).

|                        | <b>Total</b>       | <b>Grupo I</b>                     | <b>Grupo II</b>                     | <b>Grupo III</b>                    | <b>Grupo IV</b>                     | <b>Grupo V</b>                      | <b>P</b> |
|------------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| <i>N</i>               | 53                 | 14                                 | 9                                   | 15                                  | 6                                   | 7                                   |          |
| Margen bruto (\$)      | 36.299 $\pm$ 5.779 | 33.887 $\pm$<br>7.384 <sup>c</sup> | 13.751 $\pm$<br>3.833 <sup>a</sup>  | 16.292 $\pm$<br>2.664 <sup>ab</sup> | 37.852 $\pm$<br>8.186 <sup>bc</sup> | 66.189 $\pm$<br>10.453 <sup>d</sup> | <0,000   |
| Margen bruto (\$/ha)   | 183,0 $\pm$ 19,1   | 216,4 $\pm$ 35,8 <sup>b</sup>      | 55,7 $\pm$ 16,1 <sup>a</sup>        | 186,2 $\pm$ 20,9 <sup>b</sup>       | 140,3 $\pm$ 46,6 <sup>ab</sup>      | 186,8 $\pm$ 25,6 <sup>b</sup>       | <0,000   |
| Margen neto (\$)       | 14.533 $\pm$ 4.535 | 14.757 $\pm$<br>4.563 <sup>b</sup> | -1.448 $\pm$ 4.020 <sup>a</sup>     | 5.627 $\pm$ 2.341 <sup>ab</sup>     | 6.297 $\pm$ 1.098 <sup>ab</sup>     | 26.006 $\pm$<br>10.871 <sup>c</sup> | <0,000   |
| Margen neto (\$/ha)    | 69,1 $\pm$ 16,4    | 100,3 $\pm$ 31,3 <sup>c</sup>      | -8,15 $\pm$ 17,9 <sup>a</sup>       | 47,9 $\pm$ 25,8 <sup>b</sup>        | 18,1 $\pm$ 2,3 <sup>ab</sup>        | 67,1 $\pm$ 15,5 <sup>bc</sup>       | <0,000   |
| Resultado neto (\$)    | 3.345 $\pm$ 4.529  | 2.605 $\pm$ 2.204 <sup>b</sup>     | -11.777 $\pm$<br>4.705 <sup>a</sup> | -5.252 $\pm$ 2.777 <sup>ab</sup>    | 2.854 $\pm$ 2.215 <sup>b</sup>      | 11.923 $\pm$ 8.543 <sup>c</sup>     | <0,000   |
| Resultado neto (\$/ha) | -9,9 $\pm$ 22,2    | 27,7 $\pm$ 14,5 <sup>c</sup>       | -58,5 $\pm$ 31,9 <sup>ab</sup>      | -104,4 $\pm$ 49,4 <sup>a</sup>      | 8,1 $\pm$ 7,2 <sup>b</sup>          | 26,8 $\pm$ 14,8 <sup>c</sup>        | <0,001   |
| Rentabilidad (%)       | -1,8 $\pm$ 2,0     | 1,5 $\pm$ 2,5 <sup>b</sup>         | -7,2 $\pm$ 3,2 <sup>ab</sup>        | -10,2 $\pm$ 5,0 <sup>a</sup>        | 0,9 $\pm$ 3,05 <sup>b</sup>         | 3,3 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>          | <0,01    |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

### 3.3.2 Factores de caracterización

El análisis CP, desarrollado con 53 explotaciones, retuvo 4 factores con autovalores superiores a la unidad (entre 38,67 y 1,75) que explican de modo conjunto el 76,41% de la variabilidad original, lo que puede considerarse un resultado satisfactorio (Malhotra, 2004). Asimismo, tanto el test de esfericidad de Barlett ( $p < 0,001$ ) como el índice de KMO (0,81) indican la idoneidad del análisis. La **Tabla 3.10** muestra los factores retenidos, su varianza explicada y las variables originales con una correlación absoluta superior a 0,5 con cada factor.

**Tabla 3.10.** Factores extraídos, autovalores, varianzas explicada y acumulada, y coeficientes de correlación de las variables con los diferentes factores.

| Factor | Autovalor | % varianza explicada | % varianza acumulada | Variables y correlaciones con el factor |
|--------|-----------|----------------------|----------------------|---|
| F1     | 7,28      | 38,67                | 38,67                | Consumo de concentrado (g/l) 0,912      |
|        |           |                      |                      | Número de vacas 0,820                   |
|        |           |                      |                      | Margen neto (\$/ha) 0,769               |
|        |           |                      |                      | Superficie (ha) 0,665                   |
|        |           |                      |                      | Producción por vaca (l/año) 0,649       |
| F2     | 4,06      | 21,36                | 59,03                | Mano de obra (UTH/100 ha) -0,542        |
|        |           |                      |                      | Carga ganadera (UGM/ha) 0,933           |
|        |           |                      |                      | Pasturas (ha/vaca) -0,754               |
|        |           |                      |                      | Amortización (\$/ha) 0,627              |
|        |           |                      |                      | Gasto en alimentación (\$/vaca) 0,614   |
| F3     | 9,02      | 9,02                 | 68,05                | Venta de leche (%) 0,563                |
|        |           |                      |                      | Margen bruto (\$/ha) 0,852              |
|        |           |                      |                      | Ingreso total (\$/ha) 0,776             |
| F4     | 1,75      | 8,35                 | 76,41                | Vacas en ordeño (%) 0,731               |
|        |           |                      |                      | Gasto sanitario (\$/vaca) 0,769         |
|        |           |                      |                      | Gasto directo (\$/ha) 0,700             |
|        |           |                      |                      | Mano de obra familiar (%) -0,689        |

El primer factor explica el 38,67% de la varianza y muestra correlación positiva con el consumo de concentrado (g/l), producción lechera por vaca (l/año), número de vacas, margen neto (\$/ha) y superficie (ha); y negativa con la productividad de la mano de obra (UTH/100 ha). Este factor define la *dimensión* y la *productividad*

del sistema, por lo que las explotaciones con puntuaciones altas en este factor son, por tanto, las de mayor dimensión y productividad.

El segundo factor explica el 21,36% de la variabilidad original e indica la *especialización* de la empresa hacia la producción de leche y su *intensificación*. Se trata de un factor bipolar correlacionado positivamente con la carga ganadera (UGM/ha), amortizaciones (\$/ha), gasto en alimentación (\$/vaca) y proporción de ingresos por venta de leche sobre el total (%); mientras que la correlación es negativa con las praderas permanentes (ha/vaca).

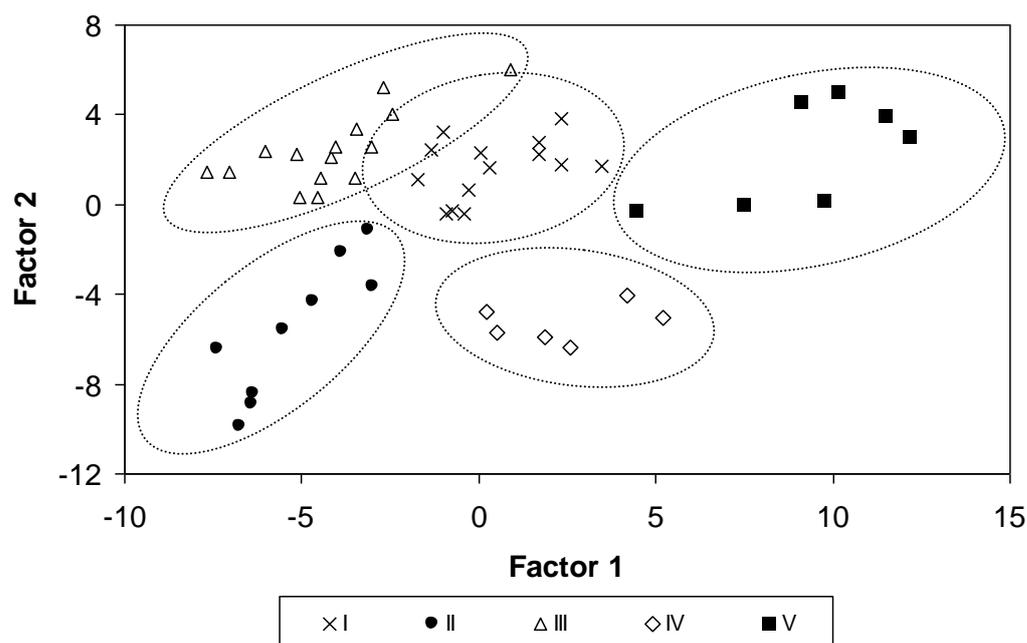
El tercer factor explica el 9,02% de la variabilidad e indica la *eficiencia reproductiva* del rebaño lechero. La correlación es positiva con la proporción de vacas en ordeño (%), ingreso (\$/ha) y margen bruto (\$/ha). Las explotaciones con alta puntuación en este factor desarrollan un mejor manejo reproductivo y en consecuencia obtienen mayores ingresos y márgenes brutos por ha.

El cuarto factor explica el 8,35% de la variabilidad original e indica una relación inversa entre la participación de la familia en el trabajo (%) con el gasto directo (\$/ha) y el gasto sanitario (\$/vaca), lo que puede ser interpretado como la *utilización de insumos externos*. Las explotaciones más familiares tienden a reducir el uso de insumos y servicios externos a la explotación.

### **3.3.3 Establecimiento de la tipología**

El análisis cluster con resultados más significativos fue la agrupación no jerárquica de 6 grupos, con la distancia euclídea al cuadrado. Esta solución fue sometida a un análisis discriminante que clasificó correctamente el 100% de las explotaciones utilizadas. Fueron obtenidos un grupo de 14 explotaciones (I), un grupo de 9 (II), un grupo de 15 (III), un grupo de 6 (IV), un grupo de 7 (V) y otro grupo de 2. Con el objetivo de limitar la discusión a los sistemas de producción más representativos, se muestran sólo los resultados obtenidos en los 5 grupos con más de 6 explotaciones, de acuerdo con Ussai *et al.* (2006). Estos grupos fueron comparados mediante ANOVA.

La **Figura 3.1** muestra la distribución de las explotaciones considerando los dos primeros factores, y, en ella, aparecen diferenciados los cinco grupos. Las **Tablas 3.1–3.9** muestran la descripción estadística de las diferentes variables utilizadas en la caracterización, tanto del conjunto de la muestra como de cada grupo retenido, en la que aparecen 53 indicadores con diferencias significativas entre los grupos identificados.



**Figura 3.1.** Posicionamiento de las explotaciones según su puntuación en los factores F1 (dimensión y productividad) y F2 (especialización e intensificación).

A continuación se indican las principales características que definen a los cinco grupos de explotaciones lecheras identificadas.

**Grupo I. Explotaciones de dimensión intermedia especializadas en la producción lechera.**

El grupo I concentra el 26,42% de explotaciones; son de alta especialización lechera y dimensión intermedia, tanto en efectivos bovinos (117 vacas) como en superficie (178,6 ha); de esta el 71% es propiedad del ganadero y el 100% es

destinado exclusivamente a la producción lechera. La base de la alimentación se produce en la explotación, con un aporte de alimentos externos, principalmente concentrados, de 39,6 \$/vaca, que corresponde a 107,7 g/l, cifra elevada respecto a los demás grupos salvo el V de explotaciones de gran dimensión especializadas en la actividad lechera. La superficie de estas explotaciones se distribuye en 51,4% de praderas permanentes de base alfalfa, el 36,1% de cereales de invierno y el resto cultivos de verano como maíz o sorgo. Las vacas permanecen estabuladas durante todo el año y sólo pastorean las praderas permanentes durante primavera y otoño, de modo rotativo y con altas densidades ganaderas. La superficie media de praderas por vaca es de 0,79 ha, intermedia a los demás grupos. El grano de los cereales de invierno es cosechado para el rebaño, con una media de 0,42 ha/vaca, mientras que los cultivos de verano ascienden a 0,20 ha/vaca y son ensilados. El grano y el concentrado se suministran durante el ordeño en las épocas de pastoreo o en una mezcla completa durante el invierno y el verano. La carga ganadera resultante es de 0,95 UGM/ha, intermedia en comparación a los demás grupos. La productividad por vaca y lactación es de 5.028 l, intermedia a los demás grupos.

Cada explotación genera por término medio 3,8 UTH, de las que el 61,3% son desempeñadas por el ganadero o por miembros de la unidad familiar. La productividad de la mano de obra es intermedia en comparación con los demás grupos, en torno a 113.209 l/UTH o 2,5 UTH/100 ha. Los indicadores de capital muestran un nivel de inversión intermedio, mientras que las amortizaciones señalan un menor desarrollo tecnológico que los grupos IV y V más productivos económicamente (**Tabla 3.5**). La tasa de reposición también es baja en comparación con los grupos IV y V, lo que pone de manifiesto una moderada renovación de activos (**Tabla 3.2**) que se refleja en una baja eficiencia reproductiva, que con una proporción media de vacas en ordeño del 67,7% se sitúa por debajo de los grupos más eficientes (IV y V) y de la media de otras cuencas argentinas (77%, Gambuzzi *et al.*, 2003). Los gastos sanitario y en asesoramiento son intermedios en comparación con los demás grupos (**Tabla 3.8**).

El margen bruto por ha es similar al que obtienen los demás grupos especializados en la actividad lechera (III y V) y significativamente superior al de los sistemas

diversificados (II y IV), con una media de 216,4 \$. Esto se explica por el reducido gasto directo (216 \$/ha) junto al precio de venta (0,14 \$/l), que es elevado y similar al grupo V. El margen neto por ha es el más elevado de todos los grupos (100,3 \$/ha), reflejo del bajo gasto estructural que tienen las explotaciones. Este valor se sitúa entre los 42 \$ que obtienen de media en la cuenca de Entre Ríos, y los 182,47 \$ de la cuenca Abasto (Gambuzzi *et al.*, 2003). El resultado neto por ha también es elevado en comparación con los demás grupos (27,7 \$/ha), aunque debido al tamaño de las explotaciones, la empresa obtiene un rendimiento económico reducido.

Los resultados ponen de manifiesto una lenta renovación de activos y una baja eficiencia reproductiva, muy relacionada con el envejecimiento del rebaño y con la escasa participación de asesores externos y servicios veterinarios. Si bien el rendimiento económico es suficiente para la actividad, parte del mismo se debe a la lenta descapitalización de la empresa; lo que a medio plazo pone en peligro la productividad de la explotación. Además la escala de la actividad dificulta el desarrollo de inversiones y el uso de servicios externos. A medio plazo este grupo de explotaciones debe corregir las deficiencias identificadas, para lo cual el incremento de la dimensión sería muy favorable.

## **Grupo II. Explotaciones familiares diversificadas.**

El grupo II se integra por el 16,98% de las explotaciones, de baja especialización lechera y gran extensión, que generan por término medio 2,5 UTH, de las que el 80% son familiares. Se trata del grupo con la menor dimensión del rebaño (64,1 vacas) y el menor nivel de producción (259,2 l/día). El escaso volumen de producción repercute de modo directo en el precio percibido por la venta de leche, que con 0,10 \$/litro marca el límite inferior de todos los grupos. La actividad principal es la ganadera, aunque siguen un modelo mixto cebo-leche sin predominio de una actividad sobre otra (45,1% de los ingresos provienen de la venta de animales y 42,8% de la venta de leche). Este grupo presenta la mayor producción de terneros por vaca (300,8 kg/vaca). La agricultura complementa a la actividad ganadera, aunque sólo supone el 10% de los ingresos.

Las explotaciones siguen una estrategia de reducción del uso de insumos externos, lo que determina un sistema de producción netamente pastoril, con un nivel de suplementación bajo (75,5 g/l) y la menor carga ganadera y gasto en alimentación de todos los grupos (0,56 UGM/ha, 13,7 \$/vaca). El 31,8% de la superficie se destina a pasturas permanentes (1,33 ha/vaca), en tanto que el resto (1,88 ha/vaca) es ocupado por avena u otros cultivos de invierno, que se aprovechan mediante pastoreo, y soja (0,59 ha/vaca), mayoritariamente cosechada y destinada a venta en vez de a reservas para el invierno. El rebaño lechero sólo es estabulado en verano y aprovecha las reservas de heno confeccionadas durante la primavera. El resto del año permanece en parcelas de pasturas perennes o de cereales de invierno, y es escasamente suplementado en el momento del ordeño. Los terneros son cebados sin utilizar concentrado, que se destina exclusivamente a las vacas en lactación.

El escaso aporte de alimentos externos y la venta de las reservas explican la baja productividad del sistema, que con 2.452,6 litros por vaca es la menor de todos los grupos y del resto de las cuencas de Argentina (Gambuzzi *et al.*, 2003). El manejo reproductivo también es poco eficiente, con una proporción media de vacas en ordeño del 66,3%. Además de que los ganaderos son reacios a contratar asesores y servicios veterinarios especializados, como demuestra el gasto en asesores de 14,4 \$/vaca y el gasto veterinario 28,6 \$/vaca, como el rebaño no se estabula es difícil la detección de celos. Asimismo, la tasa de reposición muestra un rebaño envejecido (**Tabla 3.2**).

Las explotaciones mixtas cebo-leche requieren menos mano de obra que las especializadas en producción de leche debido a la baja carga ganadera y la menor intensificación del manejo que reflejan las 1,8 UTH/100 ha necesarias. Además, el gasto en servicios se incrementa hasta los 17 \$ por ha, por encima de todos los grupos, ya que la siembra o la recolección se contratan a empresas externas especializadas que emplean su propia maquinaria y mano de obra; práctica que, como indica Giorgis (2009), es común en explotaciones dedicadas a la agricultura pero no en las ganaderas.

La inversión global es elevada (316.393 \$) aunque por unidad de superficie es muy baja (1.115,6 \$/ha), ya que es mayor la importancia relativa del cebo bovino que contrasta con el escaso volumen de la actividad lechera. La relación entre la inversión y el gasto en amortizaciones es muy baja, poniendo de manifiesto una ineficiente renovación de instalaciones, equipos y reproductoras, incentivada por el hecho de que aunque inicialmente estas explotaciones fueron diseñadas sólo para producir leche, tras la crisis económica intentaron combinar la producción de leche con el cebo bovino, menos dependiente de insumos externos, y con la venta de soja, lo que merma la productividad lechera si no se compensa con alimentos externos. Esto se traslada a los resultados económicos, que con un margen bruto de 55,7 \$/ha y un margen neto de -8,15 \$/ha, son los peores de todos los grupos. Asimismo, tanto la rentabilidad como el resultado neto y el resultado neto por ha también son negativos (**Tabla 3.9**).

El principal limitante para la viabilidad de estas explotaciones es la escasa productividad y dimensión de la actividad lechera, lo que se traslada a un uso muy ineficiente de la estructura y tecnología de producción. Si bien el cebo bovino permite reducir costes, el ingreso también es mucho menor y, a la vista de los resultados, no es suficiente para rentabilizar la estructura de la explotación.

### **Grupo III. Explotaciones familiares de alta especialización lechera.**

El grupo III que aglutina al 28,3% de las explotaciones y constituye el sistema de producción predominante en La Pampa, está conformado por explotaciones familiares de más reducida dimensión (94,5 ha y 75,8 vacas) que se dedican exclusivamente a la producción de leche aunque esta se limita a sólo 388,9 l/día, lo que repercute de modo negativo sobre el precio de venta, que con 0,11 \$/l es tan bajo como en el grupo II.

De modo similar al grupo II, las explotaciones siguen la estrategia de minimizar el uso de alimentos externos, aunque con una gestión más eficiente. Las vacas permanecen en estabulación abierta durante todo el año, y sólo aprovechan pastos durante primavera y otoño. Las pasturas perennes representan sólo 0,39 ha/vaca y

no se confeccionan reservas. Se cultivan 0,47 ha/vaca de maíz para ensilado y utilización en épocas de escasez de pastos, y 1,16 ha/vaca de avena y otros cereales para cosecha de grano. Esto permite incrementar la intensificación, que con 1,14 UGM/ha constituye el sistema con la mayor carga ganadera, y disminuir el uso de alimentos externos a sólo 16,2 \$/vaca, similar al grupo II. La productividad de este grupo de explotaciones es baja (3.146 l/vaca), aunque supera a la obtenida por el grupo II.

La mano de obra es netamente familiar (92%) y desempeña tanto el manejo del rebaño como las labores agrícolas, a diferencia del grupo II. Una consecuencia de esto es el incremento de la mano de obra hasta 3,1 UTH/100ha, la más alta de todos los grupos, que también se explica por el bajo nivel tecnológico y estructural de las explotaciones, como muestran los indicadores de capital y amortizaciones (**Tabla 3.5**), lo que coincide con la peor proporción de vacas en ordeño (64,8%) y el menor uso de asesores y servicios veterinarios (**Tabla 3.8**).

El margen bruto por ha es elevado y similar a los obtenidos por los demás grupos lecheros (I y V), lo que se explica por un reducido gasto directo por la escasa utilización de insumos externos. Sin embargo, el resultado final y la rentabilidad son los peores de todos los grupos, debido al excesivo gasto de mano de obra (**Tabla 3.9**).

El principal limitante para la viabilidad de estas explotaciones es la reducida escala del sistema, con un gasto estructural de 91 \$/ha, superior a los demás grupos aunque con un bajo nivel de inversión y de renovación de activos. A corto plazo es necesario reducir el consumo de factor trabajo. A medio plazo, la viabilidad va a depender de que se incremente la dimensión de la actividad hasta alcanzar una escala suficiente que permita renovar activos y desarrollar mejoras tecnológicas que optimicen el consumo de factor trabajo; y la eficiencia reproductiva.

#### **Grupo IV. Explotaciones no familiares diversificadas.**

Este grupo representa al 11,32% de las explotaciones. Se trata de sistemas diversificados de gran tamaño (360,8 ha) y baja participación familiar (35,1%), donde el vacuno lechero se combina con cebo bovino y con agricultura. Los rebaños lecheros son de mediana dimensión, con una media de 93,3 vacas se sitúan entre los grupos I y III; aunque con un volumen de producción similar al grupo I (1.033,6 l/día).

El tamaño de estas explotaciones favorece el desarrollo de sistemas de uso múltiple, ya que permite cierta flexibilidad en la asignación del recurso territorial y favorece la complementariedad entre actividades. La actividad principal es la ganadera, que ocupa el 81,1% de la superficie total, con predominio de la producción lechera sobre el cebo bovino. La venta de leche supone el 57,1% del ingreso total, mientras que la venta de terneros contribuye con el 16,8% y una producción media de 257,7 kg por vaca. La agricultura que complementa a la actividad ganadera, supone el 17,4% de los ingresos y ocupa el 19,9% de la superficie.

Las explotaciones siguen una estrategia de alimentación pastoril de baja intensificación (0,61 UGM/ha). El aporte de alimentos externos al sistema no es muy elevado y corresponde a concentrados destinados a las vacas en producción, con 55,6 \$/vaca y 92,6 g/l. El 20% de la superficie corresponde a cultivos de soja que se destinan a venta. Las praderas perennes representan el 50,9% de la superficie y suponen una media de 1,52 ha/vaca, la mayor de todos los grupos. Parte del forraje producido en las praderas perennes es henificado para su utilización durante el invierno y el verano. El rebaño lechero permanece estabulado todo el año y sólo pastorea en las praderas perennes durante la primavera y el otoño, de modo rotativo y a elevada presión de pastoreo. El resto de la superficie corresponde a cereales de invierno (0,68 ha/vaca), cosechados para el rebaño lechero. Los terneros nunca son estabulados y son cebados de modo tradicional a base de pastos en las épocas favorables o heno durante las épocas de escasez.

La productividad media por vaca se cifra en 5.740,4 litros, alta en comparación con los demás grupos. Asimismo, la eficiencia reproductiva es la más favorable de todos los grupos, con una media del 77,8% de vacas en ordeño, al igual que la tasa de reposición (**Tabla 3.1**) de lo que probablemente sean responsables la consulta con asesores independientes y servicios veterinarios especializados que suponen un gasto medio por vaca de 28,5 \$ y 60,4 \$ respectivamente, los más elevados de todos los grupos.

La inversión media es de 560.567 \$ y de 1.603,5 \$/ha, las más elevadas de todos los grupos. Sin embargo, la renovación de activos es baja en comparación con el nivel de inversión (29,2 \$/ha). Esto se debe a que las explotaciones han dejado de invertir en maquinaria agrícola, aunque continúan renovando animales e instalaciones para la actividad lechera. De este modo, recurren a servicios externos para el desarrollo de las labores agrarias, que ascienden a 16,4 \$/ha, similar al grupo II y más elevados que el resto de los grupos.

A diferencia del grupo II, estas explotaciones combinan de modo más eficiente la agricultura con la producción de leche y el cebo bovino debido principalmente a que hacen un uso más racional de la base territorial, disponen de mayor superficie y optimizan el uso de insumos y servicios externos a la explotación. Esto se traslada a los resultados económicos, mejores que los obtenidos por el grupo II con una estrategia similar de diversificación. Sin embargo, son muy inferiores a los que obtienen las explotaciones del grupo V, con una dimensión y estructura similar aunque con una estrategia de especialización en la actividad lechera (**Tabla 3.9**).

#### **Grupo V. Explotaciones de gran dimensión especializadas en la actividad lechera.**

El grupo V representa el 13,21% de las explotaciones. Se integra por explotaciones no familiares de gran tamaño, con una superficie similar al grupo IV aunque con los rebaños más grandes (214,8 vacas). Las explotaciones se dedican exclusivamente a la actividad lechera, con un volumen de producción

medio de 2.371,6 l/día, y un precio medio de 0,14 \$/l ambos por encima de todos los grupos. Los terneros son vendidos al destete entorno a los 20 días de edad, suponen menos del 8% del ingreso total y no existen ventas agrícolas.

Se desarrolla un sistema semi-intensivo con altos niveles de suplementación y estabulación permanente durante todo el año. Toda la superficie de la explotación se destina a la producción de alimentos para el ganado y además se complementa con alimentos externos. El gasto en alimentación es el más elevado de todos los grupos, con una media de 111,7 \$/vaca, que corresponde principalmente a alimentos concentrados. El 46,9% de la base territorial es cultivada con praderas permanentes y el resto corresponde a avena y maíz. La avena supone 0,52 ha/vaca y su grano es utilizado en la alimentación del rebaño. Las praderas permanentes son aprovechadas mediante pastoreo rotacional a alta presión de pastoreo durante la primavera y el otoño; con una relación de 0,69 ha/vaca, no se produce heno, a diferencia del grupo IV; porque destinan mayor superficie al cultivo de maíz (0,21 ha/vaca), que es ensilado y utilizado en la propia explotación. El grano y el concentrado se suministran durante el ordeño en las épocas de pastoreo o mezclado con el ensilado durante el invierno y el verano. Tanto el consumo de concentrado (352,9 g/l) como la productividad por vaca (6.095,3 l) son los más elevados de todos los grupos. Al comparar con otras cuencas lecheras argentinas, se observa un consumo de concentrado similar a la cuenca de Villa María (3,27 kg/día) e inferior a la cuenca de Abasto (4,38 kg/día), aunque con una productividad por vaca superior (5.821 l y 5.828 l respectivamente; Gambuzzi *et al.*, 2003).

Los indicadores de capital y amortizaciones definen un nivel tecnológico superior a los demás grupos, con el mayor desarrollo de inversiones en equipamiento e infraestructuras (**Tabla 3.5**). Esto repercute sobre la productividad del factor trabajo, que con 1,7 UTH/100 ha es elevada. La mano de obra familiar se hace cargo del 44,0% del trabajo, aunque su papel es más en la gestión y participa menos en las actividades operativas diarias. Asimismo, cuentan con maquinaria agrícola para desarrollar las labores, lo que disminuye el gasto en la contratación de labores (5,2 \$/ha). La eficiencia reproductiva es elevada (74,5%), al igual que

el uso de asesores y servicios veterinarios (**Tabla 3.8**). Este grupo obtiene los mejores resultados económicos, con un resultado neto de 11.923 \$ y una rentabilidad media del 3,3%.

### **3.4 Conclusiones**

El análisis cluster identificó cinco sistemas lecheros. Los grupos I, III y V se dedican exclusivamente a la producción de leche y se diferencian en la dimensión, productividad, mano de obra familiar e intensificación. El grupo V son explotaciones de gran tamaño y elevado nivel tecnológico, que utilizan altos niveles de suplementación y obtienen una elevada productividad física y económica. Se trata de empresas no familiares que suelen utilizar asesores externos y servicios sanitarios. El grupo I son explotaciones de dimensión intermedia y menor tecnología, intensificación y productividad. Principalmente la dimensión explica las diferencias en los resultados económicos de ambos grupos. Si bien el rendimiento económico es suficiente para la actividad, parte del mismo se debe a la lenta descapitalización de la empresa; lo que a medio plazo pone en peligro la productividad de la explotación. El grupo III consiste en explotaciones familiares de pequeña dimensión y con los peores rendimientos productivos y económicos, fundamentalmente debido a una inadecuada gestión de la mano de obra. La viabilidad en este grupo va a depender de que se incremente la dimensión de la actividad hasta alcanzar una escala suficiente. Los grupos II y IV son explotaciones de gran superficie, que combinan la actividad lechera con el cebo bovino y la agricultura. El grupo II consiste en explotaciones familiares de baja productividad e ineficiencia reproductiva. El principal limitante para la viabilidad de estas explotaciones es la escasa productividad y dimensión de la actividad lechera, lo que se traslada a un uso muy ineficiente de la estructura y tecnología de producción. El grupo IV se conforma por explotaciones no familiares y con una actividad lechera de mayor tamaño, productividad y eficiencia reproductiva. Estas diferencias se trasladan en diferentes resultados económicos.



## **CAPÍTULO 4. Eficiencia técnica y viabilidad de sistemas de pastoreo de vacuno lechero en La Pampa (Argentina) mediante técnicas paramétricas**

### **Resumen**

Los sistemas lecheros pastoriles de la Pampa atraviesan una difícil situación debido a la escasa rentabilidad y a la relación competitiva y sustitutiva que existe entre la agricultura y la ganadería por el uso del factor tierra. En tanto que la agricultura (soja y maíz fundamentalmente) cotiza a precios internacionales, la producción lechera compite en el mercado interior argentino. En esta compleja situación es preciso conocer la eficiencia y viabilidad de estos sistemas en la provincia de La Pampa (Argentina). Se realizó un muestreo aleatorio estratificado por departamentos con asignación proporcional y fueron entrevistados 47 productores que representan el 27% de los productores de la cuenca pampeana. La producción lechera (PL, l/año) se modelizó respecto a la dimensión del rebaño en número de vacas en ordeño (VO) y el consumo de concentrado (CCON, kg/vaca en ordeño y día). Mediante la utilización de técnicas paramétricas se estimó una eficiencia técnica media de 35% y se establecieron tres niveles de eficiencia mediante el intervalo  $(\bar{x} - 1/2 S, \bar{x} + 1/2 S)$ . Posteriormente, mediante la utilización de técnicas de varianza unifactorial de efectos fijos se determinaron las variables que explican las diferencias según el nivel de eficiencia: la dimensión, la productividad, el porcentaje de praderas permanentes, la utilización de suplementación, la productividad laboral y el grado de diversificación de las explotaciones. El estudio de la viabilidad reveló que 59,6% de las explotaciones no son viables económicamente. Los principales factores que inciden en la mejora de la viabilidad son: la mejora de las pautas de alimentación y utilización del concentrado; la optimización de la asignación de insumos y la dimensión de las explotaciones.

## 4.1 Introducción

En Argentina hay 15.250 explotaciones de vacuno lechero y 3.510.318 bovinos de los cuales 1.495.551 corresponden a vacas en producción con predominio de la raza Frisona y Holando Argentino. Las principales cuencas lecheras están ubicadas mayoritariamente en la Pampa Húmeda integrada por las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y La Pampa con grandes diferencias agroecológicas entre ellas (Pamio, 2011); 26% de las explotaciones lecheras se encuentran en Santa Fe, 25% en Córdoba y 20% en la provincia de Buenos Aires (Castignani *et al.*, 2008). El sector lácteo argentino experimentó grandes cambios entre 1995 y 2012, con un 73% de incremento en la producción lechera y una reducción del 36% del número de explotaciones; esta evolución implicó en términos globales incrementos de 35% en la dimensión de rebaño y de 62% en la productividad por vaca (Giorgis, 2009). En la provincia de La Pampa, la producción de leche se localiza fundamentalmente en la Llanura Pampeana y genera 1% de la producción nacional, y al igual que en las demás cuencas lecheras de Argentina, el sector lechero pampeano ha sufrido una transformación estructural en los últimos años.

En La Pampa se establece una relación de sustitución entre las distintas actividades agrícolas y ganaderas que compiten entre sí por el recurso tierra (Giorgis *et al.*, 2011). Los altos precios internacionales de cereales y oleaginosas y el incremento de los rendimientos de los cultivos ejercen una fuerte presión sobre las actividades ganaderas pastoriles. Los productores han reaccionado de modo heterogéneo; mientras que algunos desarrollaron una gestión conservadora en el uso de insumos y la renovación de equipos y vacas lecheras, otros siguieron un proceso de concentración e intensificación de la producción para alcanzar una dimensión competitiva (Giorgis, 2009).

En el presente estudio se propone el análisis de la competitividad desde la perspectiva del emprendimiento (Botero y De la Ossa, 2010). La viabilidad de las explotaciones depende de su capacidad para lograr un rendimiento económico positivo y sostenido, condicionado por el sistema de producción, el entorno y el

mercado. En este contexto es preciso conocer la situación actual de las explotaciones de vacuno de leche y los factores limitantes, a fin de proponer medidas que mejoren su viabilidad (Toro-Mujica *et al.*, 2011).

Existen distintos estudios que abordan los sistemas lecheros pastoriles, aunque son escasos los referidos a la cuenca Pampeana e inexistentes los que abordan su análisis desde la perspectiva de la viabilidad. Destacan Arzubi (2003) que analiza la eficiencia técnica en la cuenca de Abasto (Buenos Aires), y asocia los indicadores técnicos con los resultados económicos de los sistemas lecheros y Arzubi y Schilder (2006) que comparan la eficiencia técnica y económica de las cuencas lecheras de las distintas provincias. Finalmente, Castignani *et al.* (2007) y Cursack *et al.* (2001) estudian la competitividad mediante el seguimiento de productores referenciales. La determinación del análisis de eficiencia de las explotaciones lecheras en la Pampa, permitirá, en estudios posteriores, su comparación con los valores existentes en otras provincias mediante técnicas de meta-análisis de acuerdo a lo propuesto por Bravo-Ureta *et al.* (2007).

Los objetivos del estudio fueron, modelizar la producción lechera de la cuenca pampeana, clasificar las explotaciones según su nivel de eficiencia y viabilidad, y proponer estrategias específicas para cada nivel de eficiencia, que favorezcan la viabilidad y sustentabilidad productiva y económica del agrosistema.

## **4.2 Materiales y métodos**

### **4.2.1 El sistema pastoril de producción lechera**

La producción de leche en la provincia de La Pampa se desarrolla en sistemas pastoriles con utilización de suplementación (Castignani *et al.*, 2005), que combinan las actividades ganaderas (engorde de bovino y lechería) con la agricultura (trigo, maíz, sorgo, soja y girasol). La mayor parte de la alimentación (72,5%) corresponde a forraje en pie, en tanto que el porcentaje restante se suministra mediante suplementación. La suplementación se caracteriza principalmente por un aporte de concentrado o reservas forrajeras (ensilado, heno

y grano). Los concentrados son utilizados como suplementos para balancear dietas, cubrir deficiencias estacionales en la producción de la pradera y atender etapas con mayores requerimientos nutricionales. En los sistemas pastoriles con gran utilización de alfalfa, la energía es el principal nutriente limitante; por tanto es muy frecuente la inclusión de concentrados energéticos dentro de las pautas de alimentación de las vacas lecheras de alta producción (Álvarez *et al.*, 2006).

Las praderas permanentes a base de alfalfa (*Medicago sativa*), ya sea pura o asociada con gramíneas u otras leguminosas ocupan 48% de la superficie. Las gramíneas utilizadas habitualmente son cebadilla (*Bromus unioloides*), festuca (*Festuca arundinacea*) y ballico perenne (*Lolium perenne*), en tanto que la otra leguminosa más frecuente es el trébol blanco (*Trifolium repens*). En 17% de la superficie se implantan cereales de invierno: avena (*Avena sativa*), centeno (*Secale cereale*) y triticale (*Triticosecale*). Finalmente, el resto de la superficie se destina a cultivos de verano, principalmente sorgo (*Sorghum sp.*) y maíz (*Zea mays*) que pueden ser pastoreadas o cosechadas para la alimentación del rebaño en periodos de mayor requerimiento (Giorgis, 2009).

#### **4.2.2 Muestreo y recolección de datos**

El área de estudio fue la cuenca lechera de la provincia de La Pampa, con una población de 172 explotaciones lecheras que cuentan con 26.408 vacas en ordeño distribuidas en 8 departamentos (Perea *et al.*, 2011); se sitúa entre los meridianos 63° y 65° oeste y los paralelos 35° y 39° sur, y tiene una superficie aproximada de 32.467 km<sup>2</sup>. Los suelos son molisoles de textura gruesa variable entre franco y franco arenoso con régimen de humedad rústico. La climatología se caracteriza por inviernos benignos y veranos suaves, con lluvias estacionales concentradas en primavera (Pamio, 2011).

En consonancia con la metodología utilizada por Milán *et al.* (2003) se utilizó un muestreo aleatorio estratificado por departamentos con asignación proporcional. Se tomó una muestra representativa de la población conformada por 57 explotaciones que significó 33% de explotaciones lecheras de la Pampa. De las 57

explotaciones se utilizó la información de 47 de ellas, fueron eliminadas aquellas con datos incompletos y las que quedaron fuera de la tipología. La información se obtuvo mediante encuestas directas al productor en el ejercicio 2007, que se actualizó en los periodos 2008 y 2009 (Toro-Mújica *et al.*, 2011; García y Pacheco, 2011). La encuesta incorporó 284 cuestiones relativas al sistema de producción, a las instalaciones, manejo y alimentación, aspectos reproductivos y productivos, y finalmente los aspectos sociales, económicos y comerciales.

Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados con el paquete estadístico SPSS v.14 (SPSS para Windows, 2005) y Eviews 5.1.

#### **4.2.3 Modelización de la producción**

A partir de datos de corte transversal, se ajustó la producción lechera a un modelo tipo Cobb-Douglas (Álvarez y Arias, 2004). La modelización de la producción permite inferencias estadísticas a partir de los resultados obtenidos; en tanto, que su principal inconveniente consiste en que se asigna *ex ante* la forma de la función a los datos, por lo que es una hipótesis preestablecida (Iraizoz *et al.*, 2003).

A partir de la encuesta se generó la base de datos y se seleccionaron aquellas variables con mayor nivel de representación, mediante la siguiente pauta: a) se conservaron las variables de mayor poder discriminante de la producción (elevado coeficiente de variación); b) a partir de la matriz de correlación (**Anexo**), se eliminaron aquellas variables con dependencia lineal; y c) con las 13 variables resultantes (**Tabla 4.1**) se procedió a la especificación del modelo, tomando como output la producción lechera total (l/año) y como inputs las variables retenidas por el modelo (Pech *et al.*, 2002). Esas variables fueron número de vacas en ordeño (VO) y consumo de concentrado (CCON, kg/vaca en ordeño y día); ambas fáciles de estimar y susceptibles de mejora por los productores (García y Pacheco, 2011).

**Tabla 4.1.** Estadística descriptiva de las variables iniciales elegidas, abreviatura, unidades, promedio  $\pm$  error estándar y coeficiente de variación (CV, %).

| <b>VARIABLES Y ABREVIATURA</b>    | <b>UNIDADES</b>      | <b>PROMEDIO <math>\pm</math> ERROR ESTÁNDAR</b> | <b>CV (%)</b> |
|-----------------------------------|----------------------|---|---------------|
| Número de vacas (NV)              | n°                   | 113 $\pm$ 10                                    | 61            |
| Vacas en ordeño (VO)              | n°                   | 79,2 $\pm$ 7,9                                  | 69            |
| Superficie total (ST)             | ha                   | 222 $\pm$ 21                                    | 65            |
| Superficie agrícola (SA)          | ha                   | 13 $\pm$ 16                                     | 349           |
| Mano de obra (UTA <sup>†</sup> )  | UTA                  | 3,72 $\pm$ 0,32                                 | 59,5          |
| Carga animal (CG)                 | UGM <sup>‡</sup> /ha | 0,66 $\pm$ 0,05                                 | 56            |
| Superficie de praderas por vaca   | ha/vaca              | 0,85 $\pm$ 0,08                                 | 67            |
| Producción láctea total (PL)      | l/año                | 388.074 $\pm$ 54.890                            | 97            |
| Consumo de concentrado (COON)     | kg/día               | 1,66 $\pm$ 0,34                                 | 140           |
| Porcentaje de vacas en ordeño     | %                    | 68,7 $\pm$ 1,4                                  | 14            |
| Producción total de carne (PC)    | kg/año               | 16.411 $\pm$ 2.569                              | 107           |
| Mano de obra familiar (UTAF)      | UTA                  | 2,15 $\pm$ 0,18                                 | 58            |
| Superficie de pasturas temporales | ha                   | 173 $\pm$ 21,5                                  | 85            |

<sup>†</sup>Una unidad de trabajo anual o UTA corresponde a un trabajador dedicado a tiempo completo durante un año a la actividad agraria (Council of the European Union, 2012)

<sup>‡</sup>Se entiende por UGM los toros, vacas y otros animales de la especie bovina de más de dos años y los équidos de más de seis meses (Council of the European Union, 2006)

En una segunda etapa el modelo paramétrico Cobb-Douglas fue linealizado usando una transformación logarítmica, de acuerdo a las ecuaciones (1) y (2) (Pérez *et al.*, 2007):

$$Y_i = \exp^\alpha X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_i^{\beta_i} \exp^{-\mu} \quad (1)$$

$$\ln Y_i = \alpha + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots \beta_i \ln X_i - \mu_i \quad (2)$$

donde  $Y_i$  representa la producción lechera (PL, l/año)  $X_i$  las variables independientes: número de vacas en ordeño (VO) y consumo de concentrado (CCON, kg/vaca en ordeño y día);  $\alpha$  y  $\beta_i$  son parámetros del modelo que representan la tecnología disponible, y  $\mu_i$  el término que recoge los residuos no negativos ( $\mu_i \geq 0$ ).

Una vez estimado el modelo linealizado (2) se analizó el nivel de colinealidad, mediante el coeficiente de correlación simple. Por último, de acuerdo con García *et al.* (2007) se verificó la normalidad en la distribución de los residuos mediante el test de Jarque-Bera y se evaluó la heterocedasticidad y estabilidad de los coeficientes de regresión mediante los test de White y de Chow respectivamente (Anexo)

#### 4.2.4 Eficiencia técnica y clasificación de las explotaciones lecheras

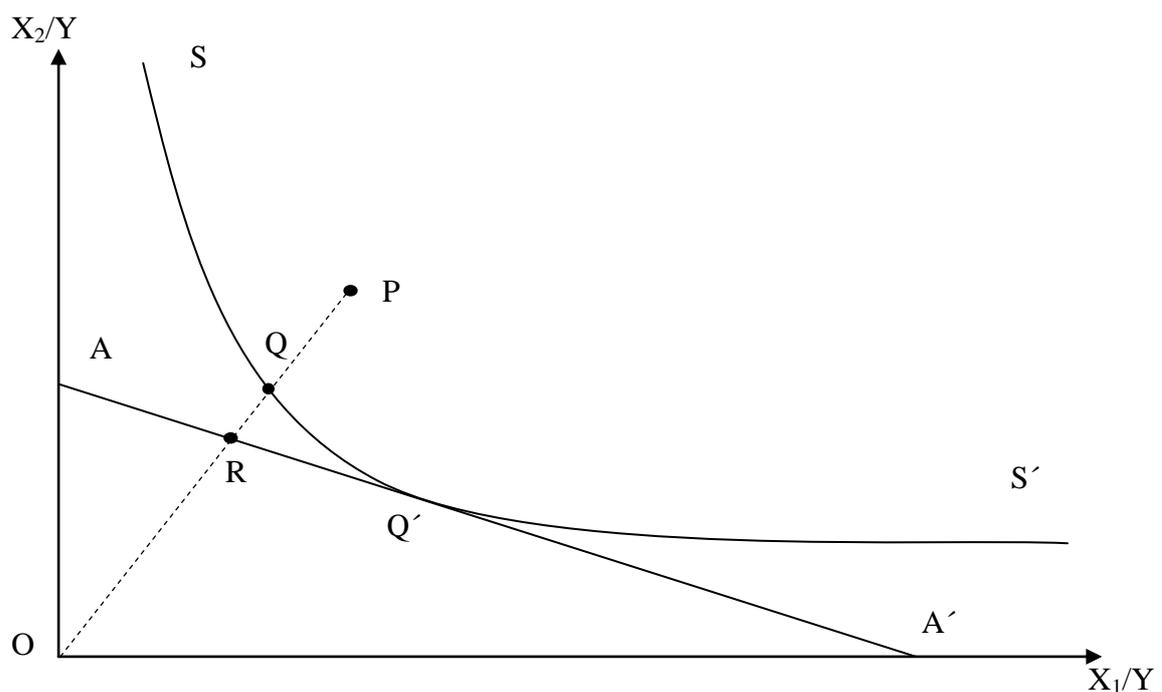
El paso siguiente de la metodología empleada consistió en estimar la frontera paramétrica Cobb-Douglas según la técnica de Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos (MCOC) propuesta por Greene (1980). Con la adición del máximo residuo positivo a la constante del modelo se desplazó la función estimada, obteniéndose la función frontera de producción (Pérez *et al.*, 2007) con la Ecuación (3):

$$PL = \exp^{8,7396} CCON^{0,108671} VO^{1,2659} \quad (3)$$

donde PL = producción de leche (l/año), CCON = consumo de concentrado por vaca en ordeño (kg/vaca en ordeño y día) y VO = número de vacas en ordeño.

La función frontera establece el nivel máximo de output a partir de una combinación dada de inputs (Toro-Mujica *et al.*, 2011). El índice de eficiencia técnica fue calculado con la metodología de Timmer (1971) y se define como la relación entre la producción de leche observada y la estimada por la frontera de producción.

Farrell (1957) establece la isocuanta de producción ( $SS'$ ) como una función tipo Cobb-Douglas que une todas las combinaciones de inputs ( $X_1, X_2$ ) para alcanzar un determinado nivel de producción ( $Y$ ) (**Figura 4.1**). La empresa Q combina los inputs en la misma proporción que la empresa P, aunque obtiene  $OP/OQ$  veces más output que P para cada combinación de inputs, por lo que el ratio  $OP/OQ$  puede considerarse como una medida de la eficiencia técnica de la empresa P. Solo aquellas empresas que se encuentran en la isocuanta de producción ( $SS'$ ) son eficientes desde el punto de vista técnico. Sin embargo, dados unos precios de inputs, sólo existe una combinación de inputs que minimiza el coste de una producción. Solamente las empresas situadas en el punto  $Q'$  de la recta de isocoste  $AA'$ , serán eficientes desde ambos punto de vista, el técnico y el asignativo. La eficiencia asignativa de una empresa P, se define como el cociente  $OR/OP$ .



**Figura 4.1.** Medidas de eficiencia de Farrell

Para categorizar las explotaciones se establecieron tres niveles de eficiencia técnica: bajo, medio y alto. El nivel de eficiencia medio, se fijó en el intervalo  $(\bar{x} - 1/2S, \bar{x} + 1/2S)$  de acuerdo a lo indicado por Pérez *et al.* (2007) y Toro-Mújica *et al.* (2012). Posteriormente, mediante análisis de varianza, se

identificaron las variables que generan diferencias significativas según nivel de eficiencia ( $p < 0,05$ ). Se utilizó un modelo simple con factor fijo (**Ecuación 4**):

$$y_i = \mu + \alpha_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

donde  $y_i$  es cada una de las variables de respuesta;  $\mu$  es la medida de la población;  $\alpha_i$  es el efecto del nivel de eficiencia; y  $\varepsilon_i$  es el error aleatorio relacionado con la observación  $y_i$ .

#### 4.2.5 Viabilidad de las explotaciones

La viabilidad determina la capacidad de la empresa para generar beneficios garantizando una renta adecuada para el mantenimiento de una familia y la continuidad en la actividad ( Zeddies, 1991, Argilés, 2007). Para cada nivel de eficiencia se identificaron las explotaciones viables y no viables mediante el seguimiento periódico de los resultados técnicos y económicos (costes y márgenes) de cada una de las explotaciones, en el intervalo 2007-2009, lo cual se llevó a cabo a través de la Cuenta de Pérdidas y Ganancias.

Se estableció un diagnóstico comparativo según viabilidad y nivel de eficiencia, proponiendo estrategias de mejora de viabilidad para cada nivel de eficiencia. Se aplicó análisis de varianza unifactorial de efectos fijos para identificar las variables responsables de las diferencias entre niveles, según **la Ecuación 5**:

$$y_i = \mu + \alpha_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

donde  $y_i$  es cada una de las variables de respuesta;  $\mu$  es la medida de la población;  $\alpha_i$  es el efecto de la viabilidad; y  $\varepsilon_i$  es el error aleatorio relacionado con la observación  $y_i$ .

## 4.3 Resultados y discusión

### 4.3.1 Descripción del sistema lechero pastoril

La explotación media pampeana es de menor dimensión que la media nacional, con 18 % menor superficie y 44 % menor tamaño del rebaño (Castignani *et al.*, 2005). También es inferior al promedio de las explotaciones de la cuenca de Buenos Aires (524 ha y 246 vacas) que presenta similares condiciones agroecológicas según lo reportado por Zehnder y Gambuzzi (2002). La carga ganadera es inferior al promedio argentino (1,17 UGM/ha) (Zehnder y Gambuzzi, 2002) e inferior a la carga ganadera equivalente al aporte de 170 kg N/ha, establecida en Europa para producción orgánica (Council of European Union, 2007). Los ganaderos son propietarios de 71% de la tierra, situación que favorece el desarrollo de inversiones; 43% de la superficie se destina a praderas permanentes, fundamentalmente de alfalfa, el resto de la superficie corresponde a pasturas temporales compuesta por cereales de invierno (55,6%) y cultivos de verano (12,5%), que pueden ser pastoreados o cosechados para la alimentación del rebaño. Aproximadamente un tercio de las explotaciones (31,9%) se dedican exclusivamente a la actividad lechera y las restantes, combinan agricultura y ganadería.

En el manejo de las explotaciones predomina el pastoreo directo rotativo, observándose distintas estrategias de alimentación (CV=140%); 25,5 % de los productores no suplementa y aquellos que suplementan lo aplican fundamentalmente en el primer tercio de la lactación y en periodos con déficits en las pradera (Perea *et al.*, 2011). No obstante, el aporte de concentrado es escaso (110 g/l); inferior a los 4 kg/día que indican Zehnder y Gambuzzi, (2002) en Buenos Aires con condiciones agroclimáticas más desfavorables y mayor nivel de intensificación. La producción media de 4.372 l/vaca y año, es inferior a la media nacional (Zehnder y Gambuzzi, 2002) y a la de otros sistemas extensivos como los ecológicos europeos (Häring, 2003) o norteamericanos (Sato *et al.*, 2005). La productividad de la mano de obra es de 33,6 vacas/UTA; la mano de obra es predominantemente de carácter familiar (58%), en concordancia con los

resultados de Giorgis *et al.* (2011) en explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina).

#### 4.3.2 Modelización de la producción lechera

El modelo obtenido por regresión lineal se muestra en la **Tabla 4.2**. Las variables que explican la producción lechera (PL, l/año) en la cuenca pampeana son el número de vacas de ordeño (VO) y el consumo de concentrado (COON, kg/vaca en ordeño y día) con niveles de significación de 99% ( $p < 0,001$ ) y un coeficiente de determinación ajustado de 80,4%.

**Tabla 4.2.** Modelo de regresión lineal ajustado

| Parámetros                | Coefficientes  | Error   | T       | P-valor |
|---------------------------|----------------|---------|---------|---------|
| Constante                 | 7,179          | 0,448   | 16,378  | 0,000   |
| Ln (COON)                 | 0,108          | 0,042   | 2,579   | 0,001   |
| Ln (VO)                   | 1,266          | 0,104   | 12,204  | 0,000   |
| R <sup>2</sup>            | 81,272         |         |         |         |
| R <sup>2</sup> (ajustado) | 80,421         |         |         |         |
| ANOVA                     |                |         |         |         |
| Fuente                    | Cuadrado medio | F-ratio | P-Valor |         |
| Modelo                    | 18,183         | 95,47   | 0,000   |         |
| Residual                  | 0,19           |         |         |         |

La suma de los coeficientes del modelo linealizado es superior a la unidad e indica la existencia de rendimientos de escala crecientes. De acuerdo al test de Wald (Pulido y Pérez, 2001) se rechaza la hipótesis nula de rendimientos constantes a escala ( $p = 0,005$ ). La producción láctea presenta rendimientos crecientes respecto a la dimensión del rebaño y existe la posibilidad de incrementar el número de vacas en ordeño. Sin embargo, presenta rendimientos decrecientes respecto al consumo de concentrado, lo que desaconseja, dentro del sistema pastoril, incrementar su aporte como estrategia para lograr aumentar la producción. Un

incremento del aporte de concentrado debe ir acompañado de la modificación del sistema pastoril extensivo a un pastoril intensivo o de transición, tal y como indican Giorgis *et al.* (2011)

### **4.3.3 Eficiencia de los sistemas lecheros pampeanos**

El nivel de eficiencia técnica media fue 34,9% valor inferior al reportado por Arzubi (2003) en la cuenca de Buenos Aires (78%), esto es debido fundamentalmente, a las condiciones desfavorables de los suelos y al sistema de alimentación utilizado. Los productores de la cuenca de Buenos Aires llevan a cabo un sistema intensivo, con grandes aportes de concentrado.

Los límites del nivel de eficiencia medio fueron 23% y 47%, quedando las categorías de niveles de eficiencia técnica definidas como sigue: nivel alto (superior a 47%), nivel medio (entre 23 y 47%) y nivel bajo (inferior a 23%). En la **Tabla 4.3**, se muestran los resultados para cada nivel de eficiencia.

Las explotaciones de eficiencia alta, constituyeron 23% de la muestra, fueron de escasa dimensión, tanto en número de vacas como en superficie, con un modelo pastoril de carácter familiar cuya principal actividad es la lechería. Estas explotaciones respondieron a un sistema ganadero de bajos insumos orientado a una producción a mínimo coste, en el que se ajusta la producción lechera a la capacidad sustentadora de la pradera y al aporte de reservas en forma de heno, ensilado o grano (Perea *et al.*, 2011). Sin embargo, tuvieron la productividad laboral más baja de todos niveles, lo cual pudo deberse a dos motivos, la falta de capacitación de la mano de obra y la baja tecnificación del sistema.

**Tabla 4.3.** Comparación de explotación de acuerdo al nivel de eficiencia técnica.

| Variable  | Nivel de eficiencia técnica |                      |                      |
|---|-----------------------------|----------------------|----------------------|
|   | Alto                        | Medio                | Bajo                 |
| Número de vacas                                       | 67 <sup>a</sup>             | 114 <sup>ab</sup>    | 136 <sup>b</sup>     |
| Número de vacas en ordeño                             | 46 <sup>a</sup>             | 78 <sup>ab</sup>     | 98 <sup>b</sup>      |
| Producción total (L vaca <sup>-1</sup> )              | 4.437,5 <sup>ab</sup>       | 5.202,6 <sup>b</sup> | 3.744,6 <sup>a</sup> |
| Productividad (L vaca <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) | 14,5 <sup>ab</sup>          | 17,5 <sup>b</sup>    | 12,3 <sup>a</sup>    |
| Superficie (ha)                                       | 115 <sup>a</sup>            | 198 <sup>a</sup>     | 295 <sup>b</sup>     |
| Superficie de praderas (%)                            | 46,5 <sup>ab</sup>          | 51,4 <sup>b</sup>    | 36,4 <sup>a</sup>    |
| Superficie de pasturas temporales (ha/vaca)           | 3,6                         | 2,1                  | 1,68                 |
| Cereales de invierno (ha/vaca)                        | 3,22                        | 1,72                 | 1,27                 |
| Cultivos de verano (ha/vaca)                          | 0,4                         | 0,33                 | 0,41                 |
| Consumo de concentrado (g/l)                          | 1,62 <sup>a</sup>           | 99,05 <sup>a</sup>   | 184,93 <sup>b</sup>  |
| Consumo de concentrado (kg/VO y día)                  | 0,038 <sup>a</sup>          | 1,876 <sup>b</sup>   | 2,352 <sup>b</sup>   |
| Producción cárnica (kg/año)                           | 6.373 <sup>a</sup>          | 17.234 <sup>ab</sup> | 21.017 <sup>b</sup>  |
| Productividad laboral (UGM/UTA)                       | 26,58 <sup>a</sup>          | 32,8 <sup>ab</sup>   | 37,89 <sup>b</sup>   |
| Gastos alimentación (US\$/vaca)                       | 15 <sup>a</sup>             | 43 <sup>ab</sup>     | 57 <sup>b</sup>      |
| Gastos alimentación (US\$/l)                          | 0,004 <sup>a</sup>          | 0,01 <sup>a</sup>    | 0,20 <sup>b</sup>    |
| Resultado final (US\$)                                | 880,69                      | 6.873,05             | 2.116,8              |
| Coste total (US\$/l)                                  | 0,18 <sup>a</sup>           | 0,34 <sup>ab</sup>   | 0,38 <sup>b</sup>    |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Las explotaciones con nivel de eficiencia media constituyeron 32% de la muestra (**Tabla 4.3**). Estas explotaciones respondieron a sistemas de doble aptitud; lechería y engorde de bovinos, similares a los sistemas de doble propósito (leche-carne) descritos por Urdaneta *et al.* (2010) en Venezuela. La alimentación se basa en el uso de pasturas (51,4 %), reservas forrajeras en periodos de escasez y en el aporte de concentrado que es próximo a 2 kg/vaca y día; de esta forma, obtienen elevados niveles de producción lechera, superiores a los productores de la cuenca de Buenos Aires (4.910 l/vaca y año) reportados por Arzubi y Schilder (2006) y a la media argentina (16,6 l/vaca y día). El elevado grado de tecnificación e intensificación del sistema, es consistente con lo expresado por Perea *et al.* (2011)

y conlleva el incremento del gasto de alimentación (43 US\$/vaca). A tenor de los resultados obtenidos se establece como objetivo del sistema la maximización del beneficio mediante el incremento de la productividad.

El mayor porcentaje de explotaciones (45%) muestran eficiencia baja y se corresponden con las de mayor dimensión y elevado grado de diversificación de actividades: lechería, engorde y agricultura. Estas explotaciones incorporan mayores cantidades de concentrado y por tanto realizan mayor gasto de alimentación que las del nivel de eficiencia alto; no obstante, debido a la baja utilización de praderas permanentes obtienen baja productividad (12,3 l/día), con valores inferiores a los registrados por Arzubi y Schilder (2006) en la cuenca de Santa Fe, lo cual a su vez se debe, fundamentalmente a la mejor calidad de praderas y aptitud del suelo de la cuenca de Santa Fe. Por otra parte, estas explotaciones engordan novillos, destinando parte de la superficie a esta actividad. En este estudio la eficiencia técnica de la producción lechera disminuyó en la media que las explotaciones diversificaron más su producción; al respecto Viglizzo *et al.* (2011) indican que a medida que se incrementa el grado de diversificación, aumenta la sustentabilidad del agroecosistema. No obstante los resultados obtenidos muestran que las explotaciones con agricultura, engorde y lechería disminuyen la superficie destinada a praderas y en consecuencia disminuyen los resultados de la actividad lechera, aunque incrementan su estabilidad económica ante las turbulencias del mercado.

#### **4.3.4 Viabilidad de explotaciones**

Durante el intervalo 2007-2009, 40,4% de las explotaciones generaron beneficios. Dentro del grupo de explotaciones eficientes (niveles alto y medio), 29% no son viables, en consonancia con Farrell (1957) quien indica que la eficiencia técnica no necesariamente implica a la eficiencia económica (**Figura 4.1**).

a) Nivel de eficiencia alto: poco más de un tercio de las explotaciones de este nivel son viables (**Tabla 4.4**). El resultado final negativo las explotaciones no viables se asoció con menor productividad que la de las empresas viables.

También se detectó diferencia en el suministro de concentrado; sin embargo la magnitud de esa diferencia no permite explicar la mayor productividad de las empresas viables. Las explotaciones no viables de este grupo, no utilizan concentrado y alcanzan una producción inferior a lo reportado por Bargo *et al.* (2002) en sistemas pastoriles. No obstante, los resultados muestran la importancia de la utilización de alimentación suplementaria estratégica en esta fase de la producción que junto con la mejora de la calidad forrajera contribuye a explicar la mejora de los resultados productivos en las explotaciones viables (Yamamoto *et al.*, 2007). Con base a la naturaleza de las diferencias se considera que las propuestas para la mejora de la viabilidad de los productores, incluyan asesoramiento técnico permanente en las fincas y la mejora de la capacitación de los productores. Estas dos acciones son de gran utilidad para el desarrollo e implantación de estrategias nutricionales y pautas de alimentación competitivas (Giorgis *et al.*, 2011).

**Tabla 4.4.** Comparación de explotaciones según eficiencia y viabilidad.

| Eficiencia                           | Alta               |                     | Media              |                     | Baja              |                  |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|                                      | Viables            | No viables          | Viables            | No viables          | Viables           | No viables       |
| Porcentaje de explotaciones          | 36                 | 64                  | 53                 | 46                  | 33                | 66               |
| Vacas en ordeño (VO)                 | 50                 | 43                  | 99                 | 53                  | 137 <sup>b</sup>  | 78 <sup>a</sup>  |
| Productividad (l/vaca y día)         | 18,6 <sup>b</sup>  | 12,2 <sup>a</sup>   | 17,9               | 16                  | 13,5              | 11,6             |
| Producción leche (l/ha)              | 2.794              | 1.655               | 3.042 <sup>b</sup> | 1.600 <sup>a</sup>  | 2.054             | 1.489            |
| Superficie de pastura (%)            | 53,4               | 40,8                | 62,5 <sup>b</sup>  | 38,6 <sup>a</sup>   | 33,16             | 36,8             |
| Consumo de concentrado (kg/VO y día) | 0.102 <sup>b</sup> | 0,001 <sup>a</sup>  | 1,76               | 2,001               | 2,93              | 2,06             |
| Productividad (UGM/UTA)              | 31,72              | 23,65               | 40,55 <sup>b</sup> | 23,96 <sup>a</sup>  | 37,44             | 38,77            |
| Resultado final (US\$/ha)            | 89,7 <sup>b</sup>  | -107,4 <sup>a</sup> | 134,3 <sup>b</sup> | -160,7 <sup>a</sup> | 84,4 <sup>b</sup> | -57 <sup>a</sup> |

Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

b) Nivel de eficiencia medio: poco más de la mitad de las explotaciones de este nivel de eficiencia son viables (**Tabla 4.4**). Diferentes variables se asociaron con

el resultado final negativo de las explotaciones no viables. En primer lugar su menor productividad por hectárea, esta diferencia puede ser debida por su menor porcentaje de pasturas, lo que impide el aumento de la carga ganadera. Por último, destacar una menor productividad laboral de la mano de obra que en las explotaciones viables. La mejora de la viabilidad necesita acciones estructurales como asesoramiento técnico para el incremento en el área con praderas que permita aumentar de manera rentable el número de vacas.

c) Nivel de eficiencia bajo: dos tercios de las explotaciones de este nivel de eficiencia no son viables. El resultado final negativo de las explotaciones no viables se asoció con el menor número de vacas en ordeño. Las explotaciones no viables que mantengan la actividad lechera y busquen la mejora de los resultados, han de incrementar la dimensión y optimizar el uso de los recursos, fundamentalmente las pasturas y la utilización de la suplementación.

#### **4.4 Conclusiones**

La producción lechera en la provincia de La Pampa responde a un sistema pastoril, familiar, con bajo nivel de insumos externos y se ajusta a una función Cobb-Douglas ( $R^2 = 80,4\%$ ). El sistema presenta baja eficiencia y las variables que explican las diferencias existentes entre los tres niveles de eficiencia son: la dimensión, la productividad, el porcentaje de praderas permanentes, la utilización de suplementación, la productividad laboral y el grado de diversificación de las actividades.

Las explotaciones lecheras pastoriles pampeanas viables, con eficiencia media y alta, utilizan las praderas de alfalfa como base de la alimentación y su uso garantiza la viabilidad económica del agrosistema. Los principales factores que inciden en la mejora de la viabilidad son: la mejora de las pautas de alimentación y utilización del concentrado (explotaciones con eficiencia alta); la optimización de la asignación de insumos; tanto el incremento de pasturas a la actividad, la productividad de la mano de obra y el incremento de la dimensión (explotaciones

de eficiencia media) y finalmente las explotaciones de eficiencia baja, tienen un problema de dimensión de las explotaciones.



## **CAPÍTULO 5. Eficiencia técnica de sistemas de pastoreo de vacuno de leche en La Pampa (Argentina) utilizando metodología DEA**

### **Resumen**

Este estudio evalúa el nivel de eficiencia de las explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina), y determina las principales causas de ineficiencia utilizando Análisis Envoltante de Datos (DEA). Los resultados de las explotaciones ineficientes se comparan con los de las mejores prácticas observadas, que forman la frontera. Para el cálculo de la eficiencia se utilizó un modelo con orientación output asumiendo rendimientos variables a escala. La eficiencia técnica pura ( $ET_{VRS}$ ) fue del 77%. La producción podría incrementarse en un 23% mediante modificación en el uso de los recursos, lo que implicaría la modificación de la superficie agrícola, el tamaño del rebaño, la carga ganadera, la alimentación suplementaria y el uso de mano de obra. Las explotaciones eficientes son de alta especialización lechera y dimensión reducida, tanto en superficie como en número de vacas, sin uso de suplementación y con mano de obra familiar. En ellas, la mitad de la superficie se dedica a pastos permanentes (48,8%), y las necesidades de alimentación se ajustan a la capacidad de los recursos forrajeros. Por el contrario, las explotaciones menos eficientes son de gran dimensión, en términos de superficie y rebaño, y diversifican la producción, lo que aumenta la complejidad de las interacciones entre los diferentes elementos del sistema. Para mejorar la eficiencia se deben aplicar diferentes estrategias; por un lado mejorar la organización y gestión de los agrosistemas, y por el otro, aumentar la producción agrícola, ya sea por tamaño de la explotación o por medio de la intensificación del sistema de producción.

### **5.1 Introducción**

La región pampeana de Argentina corresponde a uno de los más grandes pastizales en la tierra y (Bilenca Miñarro, 2004) con más de 52 millones de hectáreas de tierras aptas para la agricultura y la ganadería, que ha tenido históricamente una pradera dominada por gramíneas. Existen 26,408 vacas

lecheras bajo sistemas caracterizados por un limitado uso de insumos, como fertilizantes, plaguicidas, concentrados, maquinaria, etc. (Viglizzo *et al.*, 2001). Según Poggio *et al.* (2012) estos agrosistemas de bajos insumos externos fomentan la sustentabilidad, la biodiversidad y son de gran interés social.

El sector lechero argentino ha experimentado una profunda transformación en la última década; con un incremento de 35% del número de cabezas por explotación, 62% la productividad y 73% la producción global, a la vez que se reduce en 36% el número de explotaciones (Giorgis, 2009).

El sistema pastoril de La Pampa establece, por el uso de la tierra, una relación competitiva y sustitutiva entre las distintas actividades agrícolas y ganaderas; tal y como indica Carreño *et al.* (2012). Por otro lado, los elevados precios internacionales de cereales y oleaginosas, y el incremento de los rendimientos de los cultivos ejercen una fuerte presión sobre la ganadería (leche y carne) que se ha desplazado, en la última década, hacia zonas marginales del oeste pampeano (Perea *et al.*, 2011). Ante la modificación de los márgenes agropecuarios las explotaciones reaccionan de modo heterogéneo y desarrollan distintas estrategias competitivas (Cabrera *et al.*, 2010). Así, es necesario profundizar en el conocimiento del sistema, sus factores limitantes y las posibles estrategias a desarrollar para favorecer su viabilidad desde la dimensión técnica, social, económica y ambiental (Viglizzo *et al.*, 2006; Toro-Mujica *et al.*, 2011).

Un indicador clave del uso de los recursos en las explotaciones ganaderas es la eficiencia técnica, que mide la cantidad de la producción física posible a partir de un conjunto dado de inputs (Barnes *et al.*, 2011). La medida de la eficiencia técnica se lleva a cabo mediante métodos econométricos; fronteras estocásticas (Areal *et al.*, 2012) y determinísticas (Angón *et al.*, en prensa); o mediante técnicas no paramétricas, tal como el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Esta última ha sido ampliamente utilizada para estimar el índice de eficiencia de las explotaciones lecheras (Chang *et al.*, 2011).

DEA se ha utilizado en sistemas trashumantes caprinos de Grecia (Galanopoulos *et al.*, 2011); en porcino, Meensel *et al.*, (2010) lo orientan a la reducción de emisiones de nitrógeno; mientras que Theodoritis *et al.* (2012), mide la eficiencia en rebaños de ovino lechero en Grecia. En vacuno lechero, Iribarren *et al.* (2011) analiza la eficiencia de las explotaciones gallegas del norte de España y Stokes *et al.* (2007) en Pennsylvania, mientras que Hansson *et al.* (2007) define factores estratégicos para la mejora de parámetros económicos y técnicos de explotaciones en Suecia. Por último, Gamarra *et al.* (2004) y Urdaneta *et al.* (2010) centran su estudio en explotaciones de doble propósito bovino en Costa Caribe y Venezuela, respectivamente. En el sector lechero argentino destacan los trabajos de Arzubi *et al.* (2003) y Arzubi y Schilder (2006) que estudia la eficiencia técnica y económica de las tres principales cuencas lecheras argentinas. La cuenca pampeana responde a un agrosistema multifuncional con gran diversificación, donde compiten las diferentes actividades: agricultura, engorde de bovinos y ganado lechero. En la cuenca lechera Pampeana destacan los estudios de Giorgis *et al.* (2009) y Perea *et al.* (2011) que caracterizan las explotaciones y posteriormente establecen la tipología y su nivel eficiencia técnica mediante fronteras paramétricas (Angón *et al.*, en prensa). No obstante, es necesario profundizar en el conocimiento de las trade-offs inter-relaciones del agrosistema, determinar las causas de la ineficiencia de las explotaciones y avanzar en la propuesta de mejoras. En este contexto la metodología DEA se presenta como una herramienta de gran utilidad para su determinación. El estudio desarrollado se complementa con los existentes en otras provincias argentinas y podría utilizarse en posteriores meta-análisis, tal y como proponen Bravo-Ureta *et al.* (2007).

En consecuencia, los objetivos de este estudio son evaluar la eficiencia técnica y las causas de la ineficiencia de las explotaciones lecheras pastoriles en La Pampa, utilizando un método no paramétrico (DEA). Además, se determinan los factores que afectan a la eficiencia mediante el estudio de las holguras y se proponen medidas destinadas a mejorar la viabilidad de las explotaciones desde la perspectiva de la sustentabilidad de los agrosistemas.

## 5.2 Metodología y especificación del modelo

### 5.2.1 Área de estudio

El área de estudio fue la cuenca lechera de la provincia de la Pampa, con una población de 172 explotaciones lecheras y un censo de 26.408 cabezas en ordeño, distribuidos en 8 departamentos. En consonancia con la metodología utilizada por Giorgis *et al.* (2011) y Angón *et al.* (en prensa) se utilizó un muestreo estratificado por departamentos con asignación proporcional. La muestra incluye 47 explotaciones lecheras (27% de la población) y la metodología fue similar a la de Milán *et al.* (2011) y Mata *et al.* (2010). El cuestionario incluyó información tanto cuantitativa como cualitativa, de los siguientes aspectos: 27% en relación con el sistema de producción, el 26% de las instalaciones, la gestión y la alimentación, el 34% de reproductivo y productivo y, finalmente, el 13% se refiere a los aspectos sociales, económicos, ambientales, y los aspectos comerciales, de acuerdo con la metodología propuesta por la FAO (1989) y utilizada por Toro-Mujica *et al.* (2011). La recogida de información se realizó a través de encuestas directas en 2008, que fue actualizado en los periodos de 2009 y 2010 (García y Pacheco, 2011).

### 5.2.2 Variables seleccionadas

En la **Tabla 5.1** se muestran las variables seleccionadas para el modelo. Se utiliza como output la producción anual de leche (L), de acuerdo al criterio establecido por D'Haese *et al.* (2009) en explotaciones lecheras de la Isla de la Reunión (Francia). Los inputs considerados para este estudio fueron el tamaño del rebaño, superficie de pasturas (ha), mano de obra y el consumo de concentrado por vaca (g/d). Estas variables representan al sistema lechero pastoril de la Pampa y coinciden con las utilizadas por D'Haese *et al.* (2009), Stokes *et al.* (2007) y Balcombe *et al.* (2006).

**Tabla 5.1.** Variables utilizadas en el modelo DEA

| Variables                       | Unidad | Media   | D.E.   | Mínimo | Máximo    | CV (%) |
|---------------------------------|--------|---------|--------|--------|-----------|--------|
| <i>Output</i>                   |        |         |        |        |           |        |
| Producción anual de leche       | L      | 388.074 | 54.890 | 18.409 | 1.657.247 | 96,9   |
| <i>Inputs</i>                   |        |         |        |        |           |        |
| Consumo de concentrado por vaca | g/d    | 1.148,3 | 239,1  | 0      | 5.850,1   | 142,7  |
| Tamaño del rebaño (vacas)       | n°     | 112,9   | 10,04  | 28,5   | 293,5     | 60,9   |
| Mano de obra                    | UTA    | 3,75    | 0,32   | 0,87   | 12,9      | 59,5   |
| Área de pastos                  | ha     | 88,7    | 10,01  | 5      | 372,8     | 77,4   |

### 5.2.3 Modelo teórico DEA

La metodología DEA se ha convertido en una herramienta popular para medir la eficiencia técnica de las explotaciones (DMU) y tiene sus orígenes en el trabajo de Charnes *et al.* (1978). Este enfoque no paramétrico mide estimadores de eficiencia técnica como soluciones óptimas a problemas de programación matemática. DEA define una frontera no paramétrica y mide la eficiencia de cada explotación en relación a la frontera, atribuyendo todas las desviaciones de la frontera a las ineficiencias (Theodoridis *et al.*, 2012).

La Unión Europea mantiene su política de cuotas lecheras, que limitan el incremento de la oferta, en consecuencia, los análisis de eficiencia se orientan al inputs, dado que se mantiene fija la producción y se busca minimizar el uso de recursos (Iribarren *et al.*, 2011). Por el contrario, los países en vías de desarrollo donde no existen restricciones, orientan el estudio a maximizar la producción. Frecuentemente se orienta desde una doble perspectiva; por una parte los sistemas intensificados que conllevan problemas medioambientales (Figueroa-Viramontes *et al.*, 2012), y por otra parte los sistemas pastoriles, ya sean de leche o de doble propósito, que buscan incrementar la producción a partir de los recursos internos del sistema, con el propósito de mantener la biodiversidad y reducir la dependencia de insumos externos (Altieri, 2009; Viglizzo *et al.*, 2011). El agrosistema lechero pampeano es de carácter pastoril extensivo y en consecuencia

la metodología DEA más apropiada se orienta al output (Urdaneta *et al.*, 2010; Theodoridis *et al.*, 2012).

La eficiencia técnica global ( $TE_{CRS}$ ) para cada DMU, se descompone en eficiencia técnica pura ( $TE_{VRS}$ ) y eficiencia de escala (EE). La eficiencia de escala de cada unidad viene dada por la relación  $TE_{CRS}/TE_{VRS}$  (Latruffe *et al.*, 2005; Mousavi-Avval *et al.* 2012), donde: si  $EE = 1$  indica rendimientos constantes de escala, y  $EE < 1$  indica ineficiencias de escala.

El programa utilizado para el cálculo del modelo fue DEAP Versión 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, cuyo funcionamiento en detalle aparece en Coelli (1996).

#### **5.2.4 Análisis en segunda etapa y *benchmarking***

Establecida la existencia de ineficiencias se determinan las causas de la mismas, tal y como indica Gaspar *et al.* (2009), con el objetivo de descubrir por qué algunas explotaciones (DMU) son más eficientes que otras. Para ello se estudia la influencia de otras variables en el nivel de eficiencia técnica (tamaño de explotación, diversificación de la producción, etc.). Debido a que la eficiencia no se ajustó a una distribución normal, se utilizó el test no paramétrico de de Mann-Whitey para determinar diferencias entre los dos niveles de explotaciones, eficientes frente a no eficientes.

Finalmente, una vez identificas las explotaciones eficientes, se utilizó la técnica *benchmarking* para determinar las mejores prácticas de manejo que pueden inferirse a explotaciones semejantes (Stokes *et al.*, 2007; Gaspar *et al.*, 2009).

## 5.3 Resultados y discusión

### 5.3.1 El sistema lechero pastoral en La Pampa

En la **Tabla 5.2** se muestra las variables que representan la explotación tipo de la Cuenca Pampeana. Con una superficie de 222 ha y 113 vacas y una carga ganadera de 0,66 LU/ha, similar a lo indicado por Gambuzzi *et al.* (2003) en Argentina e inferior a las 1,6 LU/ha, establecidas en Europa en producción orgánica (Council of European Union, 2007).

**Tabla 5.2.** Resumen estadístico de las explotaciones lecheras de La Pampa

| Variable                              | Media   | SE    | CV (%) | Q <sub>1</sub> | Q <sub>3</sub> |
|---------------------------------------|---------|-------|--------|----------------|----------------|
| Tamaño del rebaño (n° vacas)          | 113     | 10    | 61     | 55             | 130            |
| Vacas en ordeño (%)                   | 68,7    | 1,4   | 14     | 60             | 77             |
| Producción de leche (L/vaca)          | 3.037,1 | 213,6 | 48,2   | 2.061,3        | 4.089,3        |
| Producción de leche (L/vaca y día)    | 7,9     | 0,6   | 50,3   | 5,1            | 10,6           |
| Superficie total (ha)                 | 222     | 21    | 65     | 100            | 298            |
| Área de pastura (ha)                  | 13      | 6,6   | 349    | 0              | 8              |
| Pasturas (ha/vaca)                    | 0,85    | 0,08  | 67     | 0,37           | 1,13           |
| Total verdeos <sup>1</sup> (ha)       | 173     | 21,5  | 85     | 77             | 206            |
| Carga ganadera (UGM <sup>2</sup> /ha) | 0,66    | 0,05  | 56     | 0,41           | 0,75           |
| Consumo de concentrado (g/vaca y día) | 1.148,3 | 239,1 | 142,7  | 2,49           | 1.786,4        |
| Producción de carne anual (kg)        | 16.411  | 2.569 | 107    | 3.450          | 22.100         |
| Mano de obra (UTA <sup>3</sup> )      | 3,72    | 0,32  | 59,5   | 1,82           | 4,7            |
| Productividad laboral (UGM/UTA)       | 33,6    | 2,4   | 48,6   | 22             | 43,6           |
| Mano de obra familiar (%)             | 66,3    | 4,7   | 47,9   | 40             | 100            |

Los ganaderos son propietarios del 71% de la tierra, situación que favorece el desarrollo de inversiones y el 43% de la superficie se destina a pastos permanentes, fundamentalmente alfalfa, aunque existe gran variabilidad entre

explotaciones (CV= 349%); así un 31,9% de las explotaciones se dedican exclusivamente a la actividad lechera, mientras que el resto combinan agricultura y ganadería.

La alimentación es de carácter pastoril, aunque existe alta variabilidad (CV=140%). Así, un 25% de las explotaciones no suplementa y el aporte de concentrado medio es 1.148 g/vaca y día (110 g/L); inferior a 4 kg/vaca y día, que establece Gambuzzi *et al.* (2005) en Argentina. Asimismo la producción es de 3.037 L por vaca, inferior a los datos de Gambuzzi *et al.*, (2003) y a los sistemas ecológicos de Gales y Dinamarca con producciones de 5.583 y 6.672 L respectivamente (Häring, 2003). La productividad de la mano de obra es de 33,6 UGM/UTA y es mayoritariamente de carácter familiar (66%), en concordancia con los resultados de Lager *et al.* (2001) en tambos del norte de La Pampa (Argentina)

### **5.3.2 Eficiencia técnica y de escala**

Los resultados obtenidos mediante el modelo output orientado se presentan en la **Tabla 5.3**. La eficiencia técnica global fue 71,7%, calculado con rendimientos constantes a escala, y la eficiencia técnica pura 77% con rendimientos variables a escala. Cuando se consideran los valores máximo y mínimo de esta tabla, se puede observar que hay gran variabilidad en el nivel de eficiencia de los sistemas lecheras en pastoreo (Gaspar *et al.*, 2009). Valores de 77% en  $ET_{VRS}$  sugieren que 23% de aumento de la producción lechera es posible, dado el nivel de inputs y la tecnologías de producción, siempre que las explotaciones adopten la mejor práctica observada (Theodoridis *et al.*, 2012). El 25% de las explotaciones son técnicamente eficientes a rendimientos constantes a escala; mientras que lo son el 46,8% a rendimientos variables a escala. Esta diferencia se debe a la ineficiencia de escala.

**Tabla 5.3.** Estadística descriptiva de los índices de eficiencia técnica

|                                  | <b>TE<sub>CRS</sub></b><br><b>Eficiencia</b><br><b>técnica global</b> | <b>TE<sub>VRS</sub></b><br><b>Eficiencia</b><br><b>técnica pura</b> | <b>SE</b><br><b>Eficiencia de</b><br><b>escala</b> |
|----------------------------------|---|---|--|
| Media                            | 71,7  | 77  | 93,4   |
| Error estándar                   | 3,4   | 3,6   | 1,16   |
| Mínimo                           | 14,2  | 14,3  | 70,4   |
| Máximo                           | 100   | 100   | 100  |
| % de explotaciones<br>eficientes | 25,5  | 40,4  | 29,8   |
| Número de explotaciones<br>DRS   |   |   | 11 (23,4%)   |
| Número de explotaciones<br>IRS   |   |   | 22 (46,8%)   |

DRS: rendimientos decrecientes de escala; IRS: rendimientos crecientes de escala

La eficiencia de escala, que es la ratio entre  $ET_{CRS}$  y  $TE_{VRS}$  mide el aumento de la productividad operando en una escala óptima (D'Haese *et al.*, 2009). La eficiencia de escala media es 93,4% y la mitad de las explotaciones operan en la zona de rendimientos crecientes. Por el contrario, el 23,4% operan a rendimientos decrecientes. El aumento de la eficiencia de la escala implica la mejora en el uso de los factores tales como el tamaño del rebaño y el área de pastura (Urdaneta *et al.*, 2010)

### 5.3.3 Análisis en segunda etapa y *benchmarking*

En la **Tabla 5.4** se muestra la comparación de las explotaciones de acuerdo a su nivel de eficiencia pura ( $ET_{CRS}$ ), tal como indica D'Haese *et al.* (2009) que establece dos grupos: explotaciones eficientes (40,4%) y explotaciones menos eficientes (59,6%).

Las explotaciones eficientes muestran menor dimensión, 53% menos de superficie ( $p < 0,001$ ) y reducen el tamaño del rebaño en 27% ( $p < 0,01$ ), consecuentemente las explotaciones eficientes alcanzan mayor carga ganadera (0,85 UGM/ha), aunque con valores muy inferiores a los recogidos por la normativa europea de

producción ecológica (Council of the European Union, 2007). Estos sistemas pastoriles utilizan bajos niveles de suplementación, y es prácticamente nula en las explotaciones eficientes (50 g/l) frente a los 150 g/L de las menos eficientes ( $p < 0,001$ ). La utilización de otros factores, tales como la mano de obra también permite encontrar diferencias entre ambos grupos ( $p < 0,05$ ). Así las explotaciones eficientes requieren de 1 UTA menos, aunque al referir los valores en términos monetarios por ha y corregir el efecto de escala, es mayor el gasto en las explotaciones eficientes ( $p < 0,01$ ).

Las principales características económicas de los dos grupos se presentan en la **Tabla 5.5**. Las explotaciones ineficientes son de mayor dimensión y en consecuencia muestran mayor nivel de inversión y amortizaciones en valores absolutos ( $p < 0,05$ ); sin embargo las explotaciones eficientes presentan mayores gastos estructurales y totales por ha ( $p < 0,05$ ). Se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los costes unitarios por litro; así la explotaciones eficientes reducen en un 17% sus costes fijos por litro, un 44% sus costes variables unitarios y de modo conjunto se reduce el coste unitario un 32%.

Finalmente, los resultados económicos muestran valores superiores en las explotaciones eficientes (margen bruto, margen neto, resultado operativo y resultado neto), aunque sin determinar la existencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), explicado en parte por la gran variabilidad de los valores obtenidos ( $CV > 100\%$  para todos los resultados económicos). No obstante sí encontramos diferencias significativas cuando referimos por hectárea cada una de las variables económicas anteriormente mencionadas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 5.4.** Comparación de la eficiencia técnica pura en explotaciones eficientes y menos eficientes

| Variable   | Explotaciones eficientes<br>(n=19) |          |          | Explotaciones menos<br>eficientes (n=28) |         |         | P-valor |
|--|------------------------------------|----------|----------|--|---------|---------|---------|
|  | Media                              | Mediana  | D.E      | Media                                    | Mediana | D.E     |         |
| <i>Distribución de la tierra</i>                       |                                    |          |          |  |         |         |         |
| Superficie total (ha)                                  | 132,1                              | 100      | 104,2    | 282,4                                    | 245,5   | 136,6   | p<0,001 |
| Superficie en<br>propiedad (%)                         | 66,2                               | 73,1     | 38,9     | 71,8                                     | 100     | 38,5    | NS      |
| Superficie ganadera<br>(%)                             | 96,9                               | 100      | 9,04     | 95,4                                     | 100     | 10,3    | NS      |
| Pastos (%)   | 48,8                               | 57,1     | 24,2     | 40,1                                     | 35,3    | 16,3    | NS      |
| Verdeos <sup>1</sup> (ha/vaca)                         | 3,1                                | 1,6      | 3,8      | 1,75                                     | 1,14    | 1,4     | NS      |
| Coste laboreo (\$/ha)                                  | 12,16                              | 7,3      | 15,1     | 10,6                                     | 5,83    | 13,9    | NS      |
| <i>Tamaño del rebaño y características productivas</i> |                                    |          |          |  |         |         |         |
| Nº vacas (UGM)   | 92,1                               | 62       | 70,2     | 127,1                                    | 120     | 65,5    | p<0,01  |
| Vacas en ordeño<br>(%)                                 | 70,9                               | 72,7     | 9,9      | 67,2                                     | 67,96   | 9,78    | NS      |
| Producción leche<br>(L/vaca y día)                     | 8,5                                | 7,3      | 4,6      | 7,5                                      | 7,8     | 3,5     | NS      |
| Producción leche<br>(L/año)                            | 357.588                            | 200.980  | 441.757  | 408.761                                  | 314.466 | 331.761 | NS      |
| Producción leche<br>(L/vaca y año)                     | 3.270,2                            | 2.686,2  | 1.715    | 2.878,8                                  | 3.067,5 | 1.275,8 | NS      |
| Producción de carne<br>(kg/vaca)                       | 116,2                              | 68       | 120,8    | 176,7                                    | 115,7   | 187,7   | NS      |
| <i>Intensificación y alimentación suplementaria</i>    |                                    |          |          |  |         |         |         |
| Carga ganadera<br>(UGM/ha)                             | 0,85                               | 0,71     | 0,46     | 0,53                                     | 0,47    | 0,23    | p<0,5   |
| Pastos (ha/vaca)                                       | 0,79                               | 0,56     | 0,72     | 0,87                                     | 0,75    | 0,45    | NS      |
| Cereales de<br>invierno (ha/vaca)                      | 2,6                                | 1,6      | 3,8      | 1,36                                     | 0,74    | 1,26    | NS      |
| Cultivos de verano<br>(ha/vaca)                        | 0,34                               | 0,23     | 0,32     | 0,18                                     | 0,13    | 0,19    | NS      |
| Concentrado (g/d)                                      | 674,7                              | 3,83     | 1.536,2  | 1.469,7                                  | 790,9   | 1.654,6 | p<0,01  |
| Concentrado (g/L)                                      | 51,4                               | 0,47     | 105,5    | 157,5                                    | 91,4    | 146,9   | p<0,005 |
| <i>Estructura de la mano de obra</i>                   |                                    |          |          |  |         |         |         |
| Mano de obra<br>(UTA)                                  | 3,06                               | 2,42     | 1,86     | 4,17                                     | 3,9     | 2,3     | p<0,05  |
| Mano de obra<br>familiar (%)                           | 77,3                               | 100      | 34,4     | 58,8                                     | 50,7    | 28,1    | NS      |
| Productividad<br>(UGM/UTA)                             | 34,2                               | 27,7     | 19,9     | 33,2                                     | 31,1    | 13,8    | NS      |
| Productividad<br>(L/UTA)                               | 111.194                            | 87.531,3 | 82.217,8 | 93.150,9                                 | 88.815  | 51.123  | NS      |
| Coste mano de obra<br>(\$/ha)                          | 162,7                              | 141,4    | 104,1    | 87,4                                     | 88,5    | 43,8    | p<0,01  |
| Edad ganadero  | 53,6                               | 56       | 14,1     | 49,4                                     | 53      | 10,5    | NS      |

**Tabla 5.5.** Comparación de la eficiencia técnica pura en explotaciones eficientes y menos eficientes

| Variable                                     | Explotaciones eficientes<br>(n=19) |         |         | Explotaciones menos<br>eficientes (n=28) |         |         | P -<br>valor |
|--|------------------------------------|---------|---------|--|---------|---------|--------------|
|  | Media                              | Mediana | D.E     | Media                                    | Mediana | D.E     |              |
| <i>Indicadores económicos</i>                |                                    |         |         |  |         |         |              |
| Inversión (\$)                               | 182.246                            | 148.515 | 188.085 | 348.058                                  | 312.765 | 222.645 | p<0,01       |
| Inversión (\$/ha)                            | 1.321                              | 1.203   | 471,9   | 1.283                                    | 1.235   | 515,4   | NS           |
| Amortización (\$)                            | 5.386                              | 4.434   | 4.046   | 8.809                                    | 7.741   | 5.355   | p<0,05       |
| Amortización (\$/ha)                         | 46,8                               | 43,1    | 26,9    | 34,1                                     | 31,4    | 18,8    | p<0,05       |
| Ingresos totales (\$)                        | 66.740                             | 41,41   | 8.804   | 78.894                                   | 56.362  | 57.357  | NS           |
| Ingresos totales (\$)                        | 429,1                              | 347,4   | 246,1   | 298,7                                    | 296,2   | 171,1   | NS           |
| Venta de leche (% del total de ingresos)     | 70,9                               | 76,4    | 18,4    | 68,25                                    | 76,8    | 23,5    | NS           |
| Venta de grano (% del total de ingresos)     | 3,1                                | 0       | 13,4    | 4,5                                      | 0       | 12,9    | NS           |
| Venta de terneros (% del total de ingresos)  | 16,2                               | 8,5     | 17,6    | 21,1                                     | 13,9    | 23,1    | NS           |
| Costes directos (\$/ha)                      | 173,5                              | 122,1   | 135,5   | 164,8                                    | 152,4   | 122,9   | NS           |
| Costes estructurales (\$/ha)                 | 96,9                               | 82,5    | 55,2    | 59,6                                     | 59,5    | 29,8    | p<0,05       |
| Gastos totales (\$)                          | 54.851                             | 34.355  | 51.871  | 80.285                                   | 61.839  | 51.553  | p<0,05       |
| Gastos totales (\$/ha)                       | 438,2                              | 417,9   | 199,3   | 303,4                                    | 321,7   | 147,9   | p<0,05       |
| Suministros (\$/vaca)                        | 82,9                               | 60,5    | 60,8    | 92,7                                     | 69,5    | 108,8   | NS           |
| Coste en alimentación suplementaria(\$/vaca) | 32,9                               | 19,4    | 37,6    | 49,5                                     | 29,4    | 50,8    | NS           |
| Veterinario (\$/vaca)                        | 39,5                               | 25      | 32,2    | 34,1                                     | 31,6    | 19,9    | NS           |
| Otros costes (\$/vaca)                       | 23,9                               | 6       | 34,4    | 35,4                                     | 12,7    | 42,6    | NS           |
| Coste unitario fijo (\$/L)                   | 0,15                               | 0,12    | 0,11    | 0,18                                     | 0,17    | 0,08    | p<0,05       |
| Coste unitario variable (\$/L)               | 0,1                                | 0,06    | 0,13    | 0,18                                     | 0,12    | 0,17    | p<0,05       |
| Coste unitario total (\$/L)                  | 0,25                               | 0,16    | 0,24    | 0,37                                     | 0,28    | 0,24    | p<0,05       |
| <i>Resultados económicos</i>                 |                                    |         |         |  |         |         |              |
| Margen bruto (\$)                            | 39.887                             | 23.209  | 52.354  | 33.865                                   | 21.162  | 28.838  | NS           |
| Margen bruto (\$/ha)                         | 255,6                              | 225,3   | 132,4   | 133,9                                    | 117,56  | 106,2   | p<0,01       |
| Margen neto (\$)                             | 22.420                             | 12.918  | 39.183  | 9.180                                    | 5.702   | 23.459  | NS           |
| Margen neto (\$/ha)                          | 111,8                              | 117,55  | 135,9   | 40,2                                     | 24,3    | 85,4    | p<0,05       |
| Beneficio operativo (\$)                     | 27.806                             | 16.201  | 42.584  | 17.990                                   | 11.268  | 24.370  | NS           |
| Beneficio operativo (\$/ha)                  | 158,7                              | 138,1   | 122,2   | 74,3                                     | 77,4    | 90,4    | p<0,05       |
| Beneficio neto (\$)                          | 11.334                             | 1,078   | 40,804  | -2.075                                   | -4.479  | 21.382  | NS           |

### 5.3.4 Estudio de las holguras

Uno de los usos de las técnicas DEA es disponer de información de cada DMU o explotación, de manera individual, identificando en cada una de ellas, las fuentes de la ineficiencia (Galanopoulos *et al.*, 2006; Gaspar *et al.*, 2009).

Se toma como ejemplo la DMU 33 con una  $TE_{VRS}$  de 59% (**Tabla 5.6**). Esta explotación, para mejorar su eficiencia con la misma dimensión, debe aumentar la producción en un 69%, disminuir el uso de la mano de obra en un 26%, la superficie de pasturas en un 27% y reducir la alimentación suplementaria en un 74%. No está especializada en la producción lechera y combina diferentes actividades productivas, así sus estructura de ingresos es la siguiente: lechería (52%), engorde (27%), agricultura (12%) y otros (9%). Destina la mayor parte de la producción agrícola al mercado; y tienen elevada dependencia de insumos externos, incluida la alimentación. La mayor parte de la alimentación que consumen las vacas durante todo el año se adquiere fuera de la explotación. Asimismo, la alimentación suplementaria se administra sin un racionamiento adecuado, situación que genera un incremento de costes y una escasa producción. La mejora de los resultados precisa de mayor capacitación y asesoramiento externo, tal y como indica Altieri *et al.*, 2011 en países en vías de desarrollo.

**Tabla 5.6.** Nivel de inputs y output, pares de referencia y objetivos de producción de la explotación o DMU 33

|                                       | DMU 33  | Pares de referencia |           | Objetivo |
|---------------------------------------|---------|---------------------|-----------|----------|
|                                       |         | DMU 32              | DMU 46    |          |
| <i>Output</i>                         |         |                     |           |          |
| Producción leche (L/año)              | 466.699 | 442.445             | 1.403.508 | 790.656  |
| <i>Inputs</i>                         |         |                     |           |          |
| Mano de obra (UTA)                    | 4,18    | 2,21                | 4.68      | 3,1      |
| Tamaño del rebaño                     | 120     | 57,5                | 230       | 120      |
| Área de pasto (ha)                    | 201     | 156                 | 130       | 146,6    |
| Consumo de concentrado por vaca (g/d) | 3.476,7 | 322,9               | 1.882,5   | 888,1    |

## 5.4 Discusión e implicaciones

El estudio de la eficiencia técnica de las explotaciones lecheras de la Pampa se orienta al output tal y como propone Arzubi y Berbel (2002) y Urdaneta *et al.* (2010). El 40,4% de las explotaciones son eficientes a rendimientos variables de escala, y muestran elevada especialización lechera, marcado carácter familiar y baja dimensión; tanto en número de vacas (92,1 vacas) como en superficie (132,1 ha). El 66,2% de la superficie es propiedad del ganadero y el 48,8% lo dedican a praderas permanentes, principalmente *Medicago sativa*, el resto lo dedican a cultivos de verano (0,34 ha/vaca) y a cereales de invierno (2,6 ha/vaca). Los sistemas de producción son de base pastoril, con pequeños aportes de concentrado en épocas de escasez y de mayores necesidades nutritivas (674,7 g/d), ajustando la producción lechera a la capacidad sustentadora del pastizal (Angón *et al.*, en prensa). La mano de obra supone el 37% de los costes, similar a lo indicado por Castignani *et al.* (2005) para las Cuencas Argentinas de Santa Fe y Córdoba, en tanto que la alimentación no alcanza el 6% de los costes; valor inferior al 33% que presenta Perea *et al.* (2009) en explotaciones lecheras ecológicas del norte de España.

A medida que las explotaciones lecheras incrementan su dimensión aumenta la complejidad del agrosistema y se transforman en sistemas de producción múltiple (leche, carne y agricultura) con interrelaciones entre las actividades (trade-offs); donde generalmente se disminuye la superficie de pastos y se incrementa el aporte de alimentación suplementaria, la inversión por animal y por hectárea. Los ganaderos deberían combinar los recursos, como la tierra, la mano de obra, las vacas, y el capital para alcanzar un nivel eficiente de producción, que de hecho puede ser menor que el nivel máximo de producción del grupo (Stokes *et al.*, 2010). Asimismo y como indican Toro-Mújica *et al.* (2011), que la eficiencia técnica no implica necesariamente la eficiencia económica, mientras que el logro de la eficiencia económica sí que implica eficiencia técnica. En otras palabras, algunas explotaciones técnicamente eficientes, a pesar de un uso eficiente de sus entradas, no funciona con la mejor relación de los precios, por ser económicamente no eficiente y, por lo tanto, no son viables.

Existen múltiples estrategias productivas para corregir las ineficiencias existentes, y tal y como indica Jeroen *et al.* (2012), pequeñas modificaciones del manejo y la organización de la explotación y de sus indicadores clave se traducen en una mejora considerable del rendimiento y por ende, de la utilización de los recursos.

Contrariamente a lo indicado por Theodoridis *et al.* (2012), en la Pampa mayor dimensión no se correlaciona con mayor nivel de eficiencia técnica; es decir, que el uso de la economía de escala no es beneficioso para la productividad. Otra vía de incrementar la producción es mediante la intensificación del sistema; así Shomo *et al.* (2010) afirma que mediante un proceso de intensificación se alcanza mayor rentabilidad económica, contrariamente a los resultados obtenidos en la Cuenca Pampeana. Esto es debido, en parte, a que la intensificación del sistema requiere mayor nivel de asesoramiento donde se contemplen las distintas dimensiones del sistema y las interacciones entre las distintas actividades que lo conforman (Toro-Mújica *et al.*, 2011; Viglizzo *et al.*, 2011).

Las explotaciones lecheras eficientes de la Pampa se comportan de modo similar a las explotaciones lecheras ecológicas descritas por Sauer *et al.*, 2009 y Ousdhoorn *et al.* 2011 que responden a un modelo pastoril de bajos insumos. Las explotaciones eficientes siguen una estrategia de mínimo coste, donde se ajusta la producción lechera a la oferta forrajera y se busca la sustentabilidad del sistema (Toro-Mujica *et al.* 2011) y su viabilidad dependerá de que los animales sean capaces de convertir eficientemente el forraje en pasto en producto (Buckley *et al.*, 2005). Por otra parte los resultados obtenidos son acordes con Funes *et al.* (2012) que indica que la diversificación de la producción (agrícola-ganadero), la mejora de las estrategias de cultivo y la implementación de las "mejores prácticas"; puede potencialmente conducir a un fuerte impacto positivo en la productividad de la tierra, la autosuficiencia alimentaria, así como mejorar los resultados socioeconómicos.

En este contexto de turbulencias en los mercados y la progresiva intensificación de los sistemas lecheros, aparecen en la Pampa, sistemas lecheros, familiares, de baja dimensión y alta especialización, que son técnicamente viables, estables

económicamente y en equilibrio con los recursos del agrosistema (Perea *et al.*, 2010; Angón *et al.*, en prensa y Toro-Mujica *et al.*, 2011). En concordancia con los resultados obtenidos por Rotz *et al* (2007) las explotaciones pastoriles eficientes de la Pampa muestran ventajas sobre las que tienen alta intensificación. Por lo tanto, aunque el rendimiento de las explotaciones intensivas sea superior, el desempeño económico resultó ser superior en las explotaciones lecheras en pastoreo, debido a que el costo de producción es mucho menor y su mayor eficiencia técnica.

En la Cuenca pampeana se desarrolla un sistema lechero multifuncional con elevado grado de biodiversidad donde se combinan diferentes actividades productivas (agricultura, engorde de bovino y lechería) en equilibrio con la capacidad del agrosistema, esto le confiere unas ventajas competitivas que favorecen su viabilidad en el largo plazo: a) utilizan bajos insumos externos por lo que amortiguan las oscilaciones/turbulencias de precios de inputs/outputs; b) el riesgo se distribuyen entre varias actividades (implica menor varianza) y se incrementa la estabilidad del sistema; c) la estrategia de mínimo coste y alta eficiencia permite obtener los mayores resultados económicos; d) la producción de leche en condiciones pastoriles es la base de obtención de producto de alta calidad y seguridad que se podrían orientar a mercados de alto valor.

La búsqueda de alternativas vía mayor dimensión e intensificación deben ser detenidamente estudiadas ya que cualquier modificación de uno de los elementos provoca graves desequilibrios del sistema y lleva a situaciones de ineficiencia y pérdidas económicas.

## **5.5 Conclusiones**

El presente estudio reveló información sobre las explotaciones lecheras de la Cuenca Pampeana, estudiada desde el punto de vista de la eficiencia técnica a través de la metodología no paramétrica DEA. Esta técnica permite manejar múltiples outputs e inputs, pudiendo identificar las ineficiencias de cada uno de ellos para cada explotación lechera.

Los resultados dieron a conocer los niveles medios de eficiencia técnica global, pura y de escala con que están produciendo las explotaciones lecheras, estos fueron del 71,7 %, 77 % y 93,9 % respectivamente. Esto indica que si las explotaciones operaran en la frontera eficiente, se obtendría un 28,3 % más en producción lechera. La existencia de ineficiencia de escala, muestra que las explotaciones no operan en la escala óptima de producción.

Las explotaciones eficientes se caracterizan por ser de pequeño tamaño en número de animales y número de hectáreas, son especializadas en la actividad lechera y de carácter familiar; mientras que las explotaciones ineficientes diversifican la producción en tres actividades: la lechería, el engorde de bovinos y la agricultura. Las explotaciones eficientes presentan mejores resultados de productividad láctea por hectárea, con menores dependencias de recursos externos, ajustando la producción láctea a la disponibilidad de los pastos y de las reservas alimenticias en forma de rollos, silos, etc. Además, las explotaciones eficientes logran los mejores indicadores económicos, siendo estas referentes o *benchmarking* como modelos de producción de las explotaciones ineficientes de la Cuenca Pampeana.



## **IV. DISCUSIÓN GLOBAL**

---



#### IV. DISCUSIÓN GLOBAL

En este apartado de la tesis se procede a la evaluación de las distintas etapas recorridas, señalando las fortalezas y debilidades del trabajo desarrollado así como las futuras líneas de investigación que se derivan a partir del mismo. En el Capítulo 1 se realizó una revisión en profundidad de las diferentes metodologías existentes para establecer la eficiencia de los agrosistemas. En el Capítulo 2 se analizó la competitividad de la empresa con el objetivo de mejorar tanto su viabilidad técnica como la económica y se utiliza como herramienta el *benchmarking*. Una vez realizado el recorrido metodológico se generan los resultados, que se muestran en los Capítulos 3 al 5.

Con el objetivo de avanzar en el conocimiento del sistema lechero pastoril de La Pampa, se estableció la tipología de explotaciones que conformaban la muestra (Capítulo 3). Mediante análisis clúster se obtuvieron cinco subsistemas. Hubiera sido recomendable continuar las distintas fases del trabajo con cada uno de los grupos obtenidos. Esto no ha sido posible debido al escaso número de explotaciones pertenecientes a tres subsistemas. En trabajos posteriores se recomienda clarificar y simplificar los indicadores utilizados en la tipología de modo que se reduzca el número de grupos a la vez que incrementen las diferencias entre los mismos. Por otro lado, sería recomendable un incremento del tamaño muestral. Estos cambios facilitarían la determinación de la eficiencia técnica para cada subsistema, observando cada comportamiento de modo independiente y proponiendo líneas de mejora para cada grupo (Valerio, 2009).

En el Capítulo 4 se determinó la eficiencia técnica paramétrica. Se inicia con la determinación de la función de producción del sistema pastoril mediante diferentes formas funcionales; y se establece la forma funcional Cobb-Douglas como la más adecuada al sistema ganadero (Álvarez y Arias, 2004). El modelo propuesto explica la producción láctea (PL), respecto al consumo de concentrado por vaca en ordeño y día (CCON) y el número de vacas en ordeño (VO); la producción láctea (PL) presenta rendimientos crecientes respecto a VO y decrecientes respecto a CCON. Posteriormente se establece la frontera absoluta,

mediante los modelos lineal y transformado. A partir de la frontera se calculó el índice de eficiencia de Timmer, respecto al output, y de Koop respecto al input de cada explotación. Se opta por el modelo Coob-Douglas transformado, con un nivel de eficiencia de 35% frente a 91% del linealizado. El modelo transformado se acerca en mayor medida a la realidad del sistema; y por otro lado, el índice de eficiencia de Timmer muestra mayor homogeneidad de los datos.

Posteriormente, tal y como se indica en la **Tabla IV.1**, se clasificaron las explotaciones en tres niveles a fin de establecer recomendaciones específicas para cada grupo. Las variables que establecen diferencias entre grupos se corresponden con: dimensión, productividad lechera, aporte de concentrado, productividad laboral y grado de diversificación de actividades. Tradicionalmente las explotaciones se clasifican según su nivel de eficiencia en tres niveles; según sea alto, medio o bajo y utilizando diversos criterios para establecer los límites de cada rango (Pérez *et al.*, 2007; Gaspar *et al.*, 2009). Tal y como manifiestan Farrell (1957) y Toro-Mujica *et al.* (2011) eficiencia técnica no implica eficiencia económica ni una mejora de la viabilidad de las explotaciones. De este modo se pueden proponer distintas recomendaciones que favorecen la mejora técnica de las explotaciones y no garantizan la supervivencia de la explotación en el largo plazo. Ante este dilema se plantea la utilización del concepto de viabilidad económica. En el trabajo de investigación realizado se clasifican las explotaciones según su nivel de viabilidad (Sineiro *et al.*, 2004) ya sean viables o no viables dentro de cada nivel de eficiencia. Las medidas de mejora se proponen para las explotaciones no viables dentro de cada isocuanta o nivel de eficiencia; cualquier incremento del nivel de eficiencia a otro rango (alto-medio-bajo), conlleva un cambio de estructura, tecnológico y de dimensión con las consiguientes dificultades. Al mismo tiempo, se observa que el porcentaje de explotaciones viables (resultado de explotación positivo) no aumenta con el nivel de eficiencia, en consonancia con lo señalado por Farrell (1957).

**Tabla IV.1.** Comparación entre niveles de eficiencia y viabilidad.

|            | NIVEL DE EFICIENCIA (35%)                  |                |  |                |  |                |
|------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|            | BAJA                                       |                | MEDIA  |                | ALTA   |                |
| Eficiencia | < 23%                                      |                | 23-47%   |                | > 47%  |                |
| Población  | 45%  |                | 32%  |                | 23%  |                |
| Dimensión  | 136 vacas y 295 ha                         |                | 114 vacas y 198 ha   |                | 67 vacas y 115 ha                                  |                |
| Manejo     | Semipastoril                               |                | Pastoril con uso de concentrado  |                | Pastoril sin uso de concentrado                    |                |
| Actividad  | Múltiple (agricultura, lechería y engorde) |                | Mixta (lechería y engorde)   |                | Lechera  |                |
| Objetivo   | Multi-objetivo (agricultura + ganadería)   |                | Máximo beneficio   |                | Mínimo coste                                       |                |
|            | <b>NO VIABLES</b>                          | <b>VIABLES</b> | <b>NO VIABLES</b>  | <b>VIABLES</b> | <b>NO VIABLES</b>                                  | <b>VIABLES</b> |
|            | 66%  | 33%            | 46%  | 54%            | 63%  | 36%            |
|            | Menor dimensión                            |                | Menor productividad<br>Menor sup. praderas<br>Menor productividad de la mano de obra |                | Menor productividad<br>Menor aporte de concentrado |                |
|            | ANALISIS MULTIPRODUCTO                     |                | REORIENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, ASESORAMIENTO TÉCNICO                                |                | PAUTAS DE ALIMENTACIÓN Y MEJORA DE PASTOS          |                |

El grupo de explotaciones de **eficiencia alta** constituye el 23% de la población y presenta un nivel de eficiencia superior al 47%. Son explotaciones de escasa dimensión (60 vacas y 115 ha), de carácter familiar y que orientan el sistema a una estrategia de mínimo coste. Responden a un sistema pastoril de bajos insumos externos, especializado en lechería, que ajustan la producción lechera (4.437 l/vaca) a la capacidad forrajera de la explotación sin uso de concentrado.

Dentro de este grupo el 64% de las explotaciones no son viables y las diferencias con las viables se asocian con las variables producción lechera (12,2 l/vaca y día en las no viables vs 18,6 l/vaca y día en las viables) y uso de concentrado (0 g/vaca y día en las no viables vs 102 g/vaca y día en las viables). En concordancia con Yamamoto *et al.* (2007), las explotaciones eficientes no viables han de revisar las **estrategias de alimentación** que están desarrollando y actualmente y con el apoyo de un **asesoramiento externo** especializado establecer nuevas **pautas de alimentación** y de uso de las praderas que faciliten la consecución de la mejora de los resultados económicos.

El nivel de **eficiencia media** agrupa el 32% de la población y presenta un nivel de eficiencia entre el 23 y el 47%. Muestran una dimensión intermedia (114 vacas y 198 ha). Mantienen el carácter pastoril aunque incrementando el aporte de concentrado (1,8 kg por vaca y día) con el objetivo de maximizar la producción. Son explotaciones mixtas donde se combina la lechería con el engorde y compiten dichas actividades por el uso del suelo.

En este grupo el 46% de las explotaciones no son viables y las diferencias con las viables vienen marcadas por una menor productividad (3.042 l/ha en las viables vs 1.600 l/ha en las no viables), una menor proporción de superficie destinada a las praderas de alfalfa (62,5% en las viables vs 38,6% en las no viables) y menor productividad de la mano de obra laboral (40,5 UGM/UTA en las viables vs 23,96 UGM/UTA en las no viables). Las explotaciones viables muestran mayor dimensión (99 vs 53 vacas en ordeño), responden a un sistema mixto con especialización en lechería; en tanto que las no viables bajan la dimensión del hato, reducen a la mitad la superficie destinada a pasturas e incrementan la

suplementación. Las no viables tienden a intensificar el uso del suelo combinando las dos actividades (engorde-leche), aunque sin conseguir que esto revierta en una mejora de los resultados empresariales. Las explotaciones no viables han de definir su estrategia empresarial y en consecuencia trazar las pautas de acción. Si se opta por un sistema de engorde donde subsidiariamente se hace lechería o por el contrario por un sistema de especialización lechera, donde los excedentes se engordan. En el caso de optar por la especialización lechera habría que dotar tecnológicamente el sistema, de modo que se incrementase significativamente la productividad de la mano de obra laboral. Asimismo mediante el **asesoramiento técnico especializado** habría que mejorar el uso de los insumos y reorientar la producción hacia un objetivo de máximo beneficio.

Las explotaciones del grupo denominando de **eficiencia baja** constituyen el 45% de la población objeto de estudio y su eficiencia es inferior al 23%. Responde a un sistema de uso múltiple donde se combinan actividades (agricultura y ganadería) y dentro de la ganadería el engorde con la producción lechera. Viglizzo *et al.* (2011) afirman que el aumento de la diversificación incide positivamente en la sustentabilidad del sistema; sin embargo, los resultados obtenidos muestran que explotaciones que diversifican la producción disminuyen la superficie destinada a praderas y en consecuencia, disminuyen los resultados de la actividad lechera.

Este grupo está integrado por explotaciones de gran dimensión, 136 vacas y 295 ha, que se destinan mayoritariamente a la actividad agrícola que es el eje principal de la empresa; en tanto que el 36% de la superficie se destina a praderas. Aunque se incrementa el uso de la suplementación (2,3 kg/vaca y día) y se reduce la productividad a 12 l/día.

El 66% de las explotaciones de baja eficiencia no son viables, y la diferencia con las viables se asocia fundamentalmente a la dimensión; 137 vacas en ordeño frente a 78 vacas en ordeño en las no viables.

En este grupo se recomienda realizar de modo exploratorio un **análisis multiproducto de la eficiencia**, valorando la contribución de cada actividad al

beneficio así como la incidencia del grado de diversificación de las actividades en la sustentabilidad del sistema (trade-off positivo). En caso de optar por la potenciación de la actividad lechera habría que incrementar la dimensión del rebaño y optimizar la asignación del uso de la tierra.

En una segunda etapa (Capítulo 5), descartando formas funcionales preestablecidas, se utilizó el método no paramétrico Análisis Envolvente de Datos (DEA) obteniendo una eficiencia media del sistema de 77% donde se incorporan a las anteriores otras variables de gran interés en el sistema, tales como: superficie de pasto (ha) y mano de obra (UTA). Una de las ventajas que presenta la aproximación DEA es la posterior utilización de técnicas benchmarking, para asociar cada explotación con su par de referencia y posteriormente favorecer la aplicación de las mejores prácticas de manejo. Las extensiones del método DEA para el cálculo de la eficiencia de costes y de ingresos, dan la oportunidad de conocer la eficiencia económica de cada una de las explotaciones. De esta manera se abre una vía de estudio, para establecer la asignación adecuada de los recursos así como combinación de factores que permite alcanzar la eficiencia económica de cada explotación. Asimismo la utilización de la metodología DEA abre nuevas líneas de investigación desde la perspectiva ambiental. Por una parte, la cuantificación de la **eco-eficiencia** del agrosistema pampeano, uno de los más grandes pastizales de la tierra (Bilenca Miñarro, 2004), como instrumento para analizar la sustentabilidad del agrosistema (Zhang *et al.*, 2008). Por otro lado, la determinación de la **eficiencia ambiental** que cuantifica el impacto ambiental de los residuos procedentes de estas explotaciones (Iribarren *et al.*, 2011; Dios-Palomares y Martínez-Paz, 2011).

Se clasificaron las explotaciones en dos grupos; eficientes (las mejores prácticas) y no eficientes (**Tabla IV.2**). Las explotaciones eficientes (40% de la población) responden a un sistema pastoril de especialización lechera, con bajos niveles de suplementación, escasa dimensión y bajos costes unitarios, similares resultados a los obtenidos mediante las técnicas paramétricas. Las explotaciones eficientes de La Pampa se comportan de modo similar a las explotaciones lecheras ecológicas descritas por Sauer *et al.* (2009). Por el contrario las explotaciones ineficientes

(60%), son la mayoría y conviven varios modelos productivos; mixtas con engorde y lechería y otras que combinan agricultura y ganadería. En este grupo se incorporan las de mayor dimensión, menor nivel de tecnificación (menor carga ganadera, productividad, amortización por ha, costes estructurales por ha, etc.) y mayor nivel de suplementación. Las diferencias entre las explotaciones eficientes e ineficientes son del 32% en los costes de producción (0,25 \$/l en las eficientes vs 0,37 \$/l en las ineficientes) y del 53% en el resultado operativo (158,7 \$/ha en las eficientes vs 74,3 \$/ha en las ineficientes).

A tenor de los resultados obtenidos al enfrentar ambos grupos (eficientes y no eficientes) y la información generada en la comparación de pares se recomiendan líneas de actuación para la mejora de la eficiencia de las explotaciones. En cada explotación hay que **definir su objetivo estratégico**; ya sea agricultura o ganadería (engorde y lechería) o la combinación óptima de actividades. Aquellas explotaciones donde la lechería desempeñe un papel prioritario deben intensificar la producción atendiendo a diversos indicadores llave: mejora de la productividad, que es propia de un sistema netamente extensivo sin uso de concentrado (alrededor de 2.800 l), mejora del nivel de tecnificación, incremento de las inversiones por ha, mejora del uso del suelo y asignación a las distintas actividades y definir las pautas de alimentación. Algunas de las recomendaciones habría que implementarlas en todo el sistema con el objeto de incrementar los resultados.

En el desarrollo de la Tesis se clasifican las explotaciones de la cuenca pampeana en función de su nivel de producción, sin embargo, estos resultados habría que contextualizarlos en relación al análisis de sistemas existentes en otros estudios de la bibliografía. Así en la **Tabla IV.3** se presenta la eficiencia técnica de diferentes sistemas lecheros estimada mediante DEA. Van't Hooft *et al.* (2012) clasifica los sistemas de producción respecto a dos ejes. Por una parte, en el eje de abscisas el nivel de uso de la tierra y en el de ordenadas la mayor o menor dependencia de insumos externos al sistema. Además se podrían incorporar otras dimensiones tales como el grado de diversificación, el carácter familiar, etc.

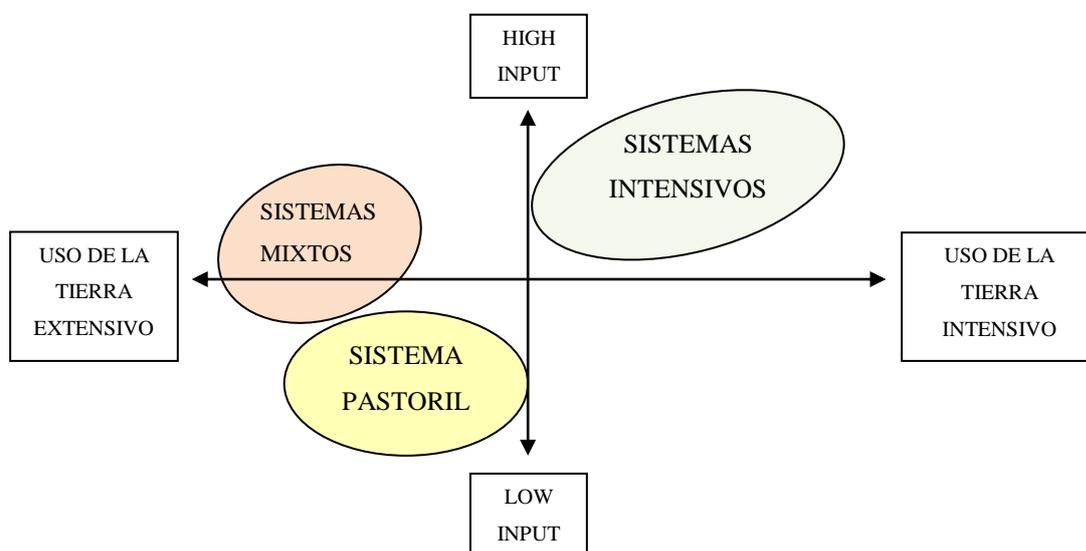
**Tabla IV.2.** Comparación entre explotaciones eficientes e ineficientes (DEA)

|                       | NIVEL DE EFICIENCIA (77%)  |   |
|-----------------------|--|---|
|                       | INEFICIENTES   | EFICIENTES  |
| Población             | 59,6%  | 40,4%   |
| Dimensión             | 127 vacas y 284 ha   | 92 vacas y 132 ha   |
| Manejo                | Semipastoril con aporte de concentrado (1,47 kg/día)                   | Pastoril con bajo aporte de concentrado (0,674 kg/día)                  |
| Actividad             | Múltiple (agricultura, lechería y engorde) o Mixta (engorde, lechería) | Lechera   |
| Objetivo              | Multi objetivo (agricultura + ganadería)                               | Mínimo coste, ajustando la producción de leche a la capacidad forrajera |
| Carga ganadera        | ↓ 0,53 UGM/ha  | ↑ 0,85 UGM/ha   |
| Amortizaciones        | ↑↑ 8.809 \$/ha   | ↓↓5.386 \$/ha   |
| Costes unitarios      | ↓↓ 32% menores en explotaciones eficientes                             |   |
| Resultados económicos | Peores resultados económicos (MB/ha; MN/ha, RO/ha)                     | Mejores resultados económicos   |

**Tabla IV.3.** Comparación del nivel de eficiencia según sistema productivo.

| <b>Sistema y Localización</b>         | <b>Eficiencia</b> | <b>% expl. eficientes</b> | <b>Output</b>                                      | <b>Inputs</b>  | <b>Recomendaciones</b>  | <b>Autores y año</b>  |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|--|--|---|-----------------------|
| Intensivo<br>(Islas Reunión, Francia) | 95%               | 55                        | Producción láctea                                  | Número de vacas, vacas en lactación, tierra, mano de obra, costes ganaderos y operacionales, características del ganadero. | Mejor uso de la tierra. Mejoras de los sistemas de alimentación. Mejora de la genética. | D'Haese et al., 2009  |
| Intensivo<br>(Navarra, España)        | 93,7%             | 59,4                      | Producción láctea                                  | Mano de obra, tierra, capital, gastos ganaderos, costes de mantenimiento   | Disminución del 10% inputs  | Iráizoz, 2001         |
| Intensivo (Suecia)                    | 86,5%             | -                         | Producción láctea, carne, forraje, cultivos        | Mano de obra, capital, semillas, fertilizantes   | Mayor reposición e incremento de forraje  | Hansson et al., 2008  |
| Intensivo<br>(Pensilvania, EEUU)      | 78%               | 28                        | Producción láctea<br>Producción grasa leche        | Mano de obra, tierra, número de vacas  | Excesivo uso mano de obra e alta inversión de la tierra                                 | Stokes et al., 2007   |
| Intensivo (Abasto Sur, Argentina)     | 83%               | 17,1                      | Producción láctea                                  | Tierra, número de vacas, coste (\$/día)  | Aumentar la productividad láctea  | Arzubi, 2003          |
| Mixto (Colombia)                      | 72,2%             | 25                        | Producción láctea<br>Ingreso por venta de terneros | Número de vacas, tierra (ha de pasto), costes maquinaria y mantenimiento   | Aumento de la superficie destinada a pasto  | Gamarra et al., 2004  |
| Mixto (Venezuela)                     | 61%               | 7                         | Producción láctea<br>Producción carne              | Tierra, número de animales, mano de obra, capital fijo, capital circulante   | Corregir sobredimensionamiento  | Urdaneta et al., 2010 |
| Ecológico<br>(Alemania)               | 77%               | -                         | Producción láctea                                  | Coste de producción, capital, mano de obra, tierra   | -   | Lakner, 2001          |

En la **Figura IV.1** se clasifican diferentes niveles de eficiencia técnica observados en la **Tabla IV.3**, según el nivel de uso de la tierra y la dependencia de insumos externos al sistema. Se observa la agrupación en el cuadrante superior derecho de los lecheros intensivos y en el cuadrante opuesto los pastoriles extensivos. Los sistemas con uso intensivo de la tierra y alta dependencia de insumos externos muestran una eficiencia técnica media en torno al 87%; en tanto que los sistemas mixtos, se sitúan en niveles inferiores, entre el 61-72%. El sistema pastoril pampeano muestra una eficiencia de 77% y un comportamiento similar a los ecológicos estudiados en Alemania (Lakner, 2001).



**Figura IV.1.** Representación del nivel de eficiencia según la dependencia de insumos y el uso de la tierra.

Por otro lado al proyectar los datos de eficiencia técnica de distintos sistemas y especies ganaderas se aprecia cómo se repite el mismo comportamiento que se muestra en la **Figura IV.1**. Caso del porcino, con valores de eficiencia que fluctúan entre el 90 y 75% según sea el sistema (Sharma *et al.*, 1999; Oude Lansink *et al.*, 2004; Galanoapoulus *et al.*, 2006); y del vacuno de carne descrito por Ruiz *et al.* (1999) y Gaspar *et al.* (2009).

Finalmente al revisar los resultados de eficiencia económica en estudios de vacuno de leche y relacionarlos con la eficiencia técnica, se observa como los

sistemas de alta eficiencia técnica (superior al 85%), con alta dependencia de insumos externos y alta intensificación del factor tierra presentan unas eficiencias económicas entre el 60 y el 75%, por lo que verifica lo señalado por Toro-Mujica *et al.* (2011), la eficiencia técnica no implica eficiencia económica ni garantiza la viabilidad en el largo plazo. Por el contrario los resultados económicos del estudio realizado favorecen el mantenimiento de los sistemas pastoriles, con baja dependencia de insumos externos, uso extensivo de la tierra y carácter familiar, que responde a sistemas de “pequeños ganaderos” o *smallholder* descritos por Van't Hooft *et al.*, 2012.

### **Recomendaciones y líneas de actuación para la mejora del sistema productivo lechero pampeano:**

Finalmente, como información relevante en la medición de la competitividad, surgen como vías de estudio un **análisis estratégico** a nivel empresa, sector y país; analizando las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades. Giorgis (2009), Mena *et al.* (2005) presentan distintas metodologías para el desarrollo de análisis de prospectiva estratégica en explotaciones ganaderas, a partir de los fundamentos de estrategia competitiva de Porter (1982). Por otro lado, Pariani (2004) y Colom *et al.* (1996) desarrollan la simulación de escenarios exploratorios; y se analizan las posibles decisiones que conducen a futuros verosímiles. Por otro lado, diversos autores afirman que aspectos de la gestión, como el modo de tomar decisiones, y la existencia de un plan de trabajo constituyen importantes condicionantes en los sistemas de producción y participan de manera determinante en los resultados, y por ende en la viabilidad y competitividad de la empresa ganadera (Giorgis, 2009).

#### a. A nivel de sistema productivo

- Mejora del asesoramiento en lo relativo a la gestión del uso del suelo, la combinación de actividades y la sustitución de inputs; de modo que se aumente la racionalidad del proceso en la búsqueda del óptimo económico, a partir de la implementación de medidas técnicas.

- Mejora de la calidad forrajera, así como de las estrategias y pautas alimentarias para mejorar los indicadores técnico-económicos. Para ello, necesitan de asesoramiento regular especializado y la mejora de la capacitación de los trabajadores.
- La diversificación de la producción reduce el riesgo empresarial, que se distribuye entre las diferentes actividades y al mismo tiempo favorece la sustentabilidad del agrosistema. No obstante, según los resultados obtenidos el grado de diversificación afecta al nivel de eficiencia y se propone realizar una evaluación de la eficiencia multi-output incluyendo el engorde de bovino y la actividad agrícola para evaluar las interacciones y el grado de mejora que proporciona la diversificación de la producción.

b. A nivel sectorial

- Las distintas empresas que articulan el sector; han de incrementar el grado de cooperación e innovación, de modo que los productores tengan facilidad de accesos a insumos, nuevas tecnologías e incorporen nuevas técnicas de gestión de procesos.
- A nivel de precios, se observa que los productores lecheros generan un producto de calidad diferenciada que se consume íntegramente en la zona. Otra de las vías para mejorar la viabilidad económica y así mejorar la competitividad de las explotaciones, es mediante el incremento de precio final. Los sistemas lecheros pampeanos, se caracterizan por responder a un sistema de bajos insumos externos con alimentación pastoril y que obtienen un producto final de gran valor nutricional. En concordancia con los estudios de Avilez (2012) en Chile, la leche cruda procedente de sectores con sistemas de alimentación a base de pastoreo, en relación con sistemas más estabulados, presentan mayores contenidos de Ácido Linoleico Conjugado (CLA). Estos contenidos de CLA dan un valor añadido a la leche, del cual el ganadero podría verse beneficiado mejorando sus resultados económicos. Sería una línea de investigación analizar la calidad de la leche que se genera en la cuenca pampeana, ácidos grasos, perfil de los ácidos grasos, etc, de modo que se cuantifique el

posicionamiento estratégico del producto de cada a su introducción de mercados de calidad, ya sean nacionales o internacionales (EEUU) que están demandando productos funcionales.

c. A nivel de país:

- Por último, las administraciones públicas competentes deben favorecer la reordenación del sector, y de la cadena de producción de leche de calidad, promocionando y favoreciendo el acceso de este tipo de productos a mercados de calidad, ya sea a nivel nacional e internacional.

Finalmente, indicar que la realización del estudio ha permitido conocer en profundidad el comportamiento de un sistema lechero de base pastoril, desde la perspectiva de su eficiencia como herramienta para evaluar y mejorar la competitividad de las explotaciones dentro del sector. Esto favorece a una visión global del sistema, que en el futuro se podría acompañar de otras líneas de actuación por parte de los ganaderos, cooperativas y del resto de actores sociales que participan en el sector lácteo argentino.



## **V. CONCLUSIONES**

---



## V. CONCLUSIONES

1. El estudio del sistema lechero pampeano desde la perspectiva de la eficiencia, la competitividad y la viabilidad muestra la gran complejidad del mismo, y el elevado número de factores que determinan el proceso productivo. Los análisis realizados tienen un carácter complementario y la visión global de los resultados facilita el conocimiento del sistema y la propuesta de medidas. El desarrollo de una tipología de explotaciones, la concreción de la función de producción, la cuantificación del nivel de eficiencia, la viabilidad y no viabilidad de las explotaciones, y la determinación de las mejores prácticas de manejo son herramientas clave en la racionalización económica del proceso de toma de decisiones.
2. Mediante análisis clúster se identificaron cinco subsistemas; que se diferencian en variables relacionadas con la dimensión, intensificación, productividad y la especialización. Los cinco tipos se denominan: (I) Explotaciones de dimensión intermedia especializadas en la producción lechera, (II) Explotaciones familiares diversificadas, (III) Explotaciones familiares de alta especialización lechera, (IV) Explotaciones no familiares diversificadas y (V) Explotaciones de gran dimensión especializadas en la actividad lechera. El **grupo I** concentra el 27% de las explotaciones y se caracteriza por una dimensión intermedia con baja tecnología, intensificación y productividad. El **grupo II** (18%) consiste en explotaciones familiares de baja productividad e ineficiencia reproductiva. En el **grupo III** se encuentran el 29% de la población, y consiste en explotaciones familiares de pequeña dimensión y con los peores rendimientos productivos y económicos. El **grupo IV**, agrupa el 12% de la población y se conforma por explotaciones no familiares y con una actividad lechera de mayor tamaño, productividad y eficiencia reproductiva. Y finalmente, el **grupo V** (14%) son explotaciones de gran tamaño y elevado nivel tecnológico, que utilizan altos niveles de suplementación y obtienen una elevada productividad física y económica.
3. La producción lechera en la provincia de La Pampa se ajusta a una función Cobb-Douglas ( $R^2 = 80.4 \%$ ). El sistema presenta una eficiencia determinística del 35%

y las variables asociadas son la dimensión, la productividad, el porcentaje de praderas permanentes, la utilización de suplementación, la productividad laboral y el grado de diversificación de las actividades.

4. Las explotaciones viables, con eficiencia media y alta, utilizan las praderas de alfalfa como base de la alimentación y su uso garantiza la viabilidad económica del agrosistema. Los principales factores que inciden en la mejora de la viabilidad son: la mejora de las pautas de alimentación y utilización del concentrado (explotaciones con eficiencia alta); la optimización de la asignación de insumos; tanto el incremento de pasturas a la actividad, la productividad de la mano de obra y el incremento de la dimensión (explotaciones de eficiencia media) y finalmente las explotaciones de eficiencia baja, tienen un problema de dimensión de las explotaciones y de asignación por el uso de la tierra.
5. La aproximación a la metodología DEA cuantifica la eficiencia técnica media en un 77%, y tan solo el 28% de las explotaciones se encuentran en la frontera eficiente. Las explotaciones eficientes se caracterizan por ser de pequeño tamaño en número de animales y número de hectáreas, son especializadas en la actividad lechera y de carácter familiar; mientras que las explotaciones ineficientes diversifican la producción en tres actividades: la lechería, el engorde de bovinos y la agricultura. Las explotaciones eficientes presentan mejores resultados de productividad láctea por hectárea, con menores dependencias de recursos externos, ajustando la producción láctea a la disponibilidad de los pastos y a las reservas alimenticias de la propia explotación. Además, las explotaciones eficientes logran los mejores indicadores económicos, siendo estas referentes o *benchmarking* como modelos de producción de las explotaciones ineficientes de la cuenca de La Pampa.
6. Cada técnica utilizada aporta un grado de conocimiento del sistema lechero pastoril de bajos insumos; actúan de modo complementario y sinérgico y no de modo competitivo. No obstante para una mayor aproximación a la competitividad del agrosistema habría que profundizar en el conocimiento de las restantes dimensiones; la económica y financiera, la social y la ambiental. Actualmente hay

un gran desconocimiento de la eficiencia del sistema lechero pastoril, de modo que los estudios son prácticamente inexistentes y el trabajo desarrollado supone un gran avance en el mismo. Al posicionar los resultados obtenidos con los sistemas intensivo (87%), ecológico (77%) y mixto (66%), se observa niveles similares al sistema ecológico aunque muy inferiores al sistema intensivo (10 puntos). Previo a propuestas de incremento de eficiencia, intensificación o inversión habría que completar el estudio con las otras dimensiones de la competitividad y en corto plazo con la eficiencia económica, ambiental y el grado de diversificación de las actividades.



## **VI. RESUMEN**

---



## VI. RESUMEN

La Tesis aborda el estudio de la eficiencia técnica, desde el punto de vista de la mejora de la competitividad y la viabilidad de los sistemas de vacuno de leche pastoriles localizados en La Pampa (Argentina). Los datos utilizados proceden de encuestas directas realizadas durante 2007 a ganaderos de 57 explotaciones. En primer lugar se establece una tipología de sistemas mediante una secuencia analítica multivariante. El análisis de componentes principales reveló 4 factores que explican el 76,41% de la variabilidad original. El análisis cluster identificó cinco sistemas lecheros. Los grupos I, III y V se dedican exclusivamente a la producción de leche y se diferencian en la dimensión, productividad, mano de obra familiar e intensificación. Los grupos II y IV son explotaciones de gran superficie, que diversifican la producción, combinando la actividad lechera con el engorde bovino y la agricultura. La producción lechera se modelizó respecto a la dimensión del rebaño y el consumo de concentrado. Mediante la utilización de técnicas paramétricas se estimó una eficiencia técnica media de 35% y se establecieron tres niveles de eficiencia. Las variables que explican las diferencias según el nivel de eficiencia son la dimensión, la productividad, el porcentaje de praderas permanentes, la utilización de suplementación, la productividad laboral y el grado de diversificación de las explotaciones. El 59,6% de las explotaciones no son viables económicamente. Los principales factores que inciden en la mejora de la viabilidad son: la mejora de las pautas de alimentación y utilización del concentrado; la optimización de la asignación de insumos y la dimensión de las explotaciones. A continuación se estudió el nivel de eficiencia utilizando la técnica no paramétrica, Análisis Envolvente de Datos (DEA); y los resultados de las explotaciones ineficientes se compararon con los de las mejores prácticas observadas, que forman la frontera. Para el cálculo de la eficiencia se utilizó un modelo con orientación output asumiendo rendimientos variables a escala. La eficiencia técnica pura fue del 77%. La producción podría incrementarse en un 23% mediante la modificación en el uso de los recursos, lo que implicaría la modificación de la superficie agrícola, el tamaño del rebaño, la carga ganadera, la alimentación suplementaria y el uso de mano de obra. Las explotaciones eficientes son de alta especialización lechera y dimensión reducida, sin uso de

suplementación y con mano de obra familiar. Las explotaciones menos eficientes son de gran dimensión y diversifican la producción, lo que aumenta la complejidad de las interacciones entre los diferentes elementos del sistema. Finalmente, en base a la información generada se recomiendan líneas de actuación para la mejora de la eficiencia del sistema que impliquen una mejora de la competitividad en el sector lechero. Aquellas explotaciones donde la actividad lechera desempeñe un papel prioritario deben intensificar la producción atendiendo a diversos indicadores llave: mejora de la productividad, que es propia de un sistema netamente extensivo sin uso de concentrado, mejora del nivel de tecnificación, incremento de las inversiones por ha, mejora del uso del suelo y asignación a las distintas actividades y definir las pautas de alimentación.

## SUMMARY

The Thesis deals with the study of technical efficiency from the point of view of improving the competitiveness and viability of the systems of grazing dairy cattle located in La Pampa (Argentina). The data used comes from direct surveys carried out in 2007 to farmers from 57 farms. Firstly, a typology of systems was established through a multivariate analytical sequence. The principal component analysis revealed four factors explaining 76.41% of the original variability. Cluster analysis identified five dairy systems. Groups I, III and V are dedicated exclusively to the production of milk and differ in size, productivity, family labor and intensification. Groups II and IV are large-area farms, diversified production, dairy farming combined with fattening cattle and agriculture. Milk production was modeled with respect to the size of the herd and concentrate intake by using parametric techniques, estimated average technical efficiency of 35% and set three levels of efficiency. The variables that explain the differences by level of efficiency are the size, productivity, the percentage of permanent pastures, the use of supplementation, labor productivity and the degree of diversification of the farms. 59.6% of farms are not economically viable. The main factors that affect the improvement of viability are: improving feeding patterns, use of the concentrate, the optimization of the allocation of inputs and farm size. Then we studied the level of technical efficiency using nonparametric Data Envelopment Analysis (DEA) and the results of inefficient farms was compared with those of the best practices observed, forming the frontier. The efficiency model was calculated assuming an output-oriented variable returns to scale. Pure technical efficiency was 77%. The production could increase by 23% by modifying the use of resources, which would imply the modification of agricultural land, herd size, stocking density, supplementary feeding and the use of labor. Efficient farms are highly specialized in dairy and are small in size, without supplementation and the use of family labor. Less efficient farms are large-scale and diversified production, which increases the complexity of the interactions between the different elements of the system. Finally, based on the information generated, courses of action are recommended to improve system efficiency, which will enhance competitiveness in the dairy sector. Farms where the dairy industry plays

a prominent role in the production should step function based on several key indicators: improving productivity, which is characteristic of a purely extensive unused concentrate, increasing the degree of automation, increasing investment per hectare, improving land use and allocation to various activities and defining feeding patterns.

## **VII. ANEXO**

---



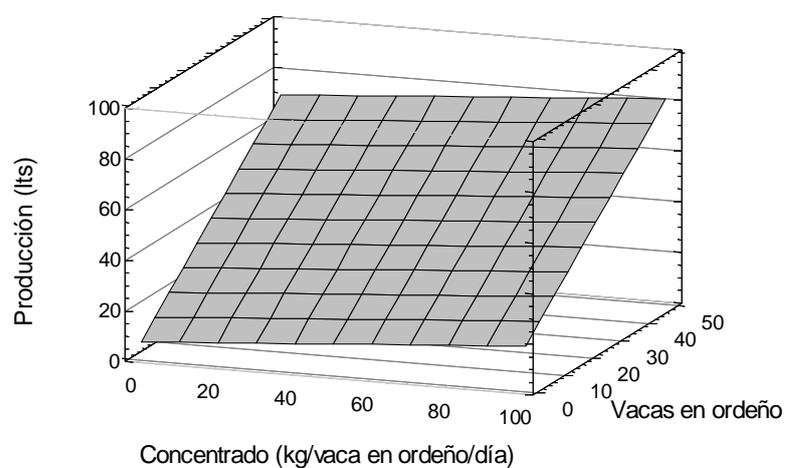
## VI. ANEXO

### MODELO COBB DOUGLAS LINEALIZADO Y TRANSFORMADO

---

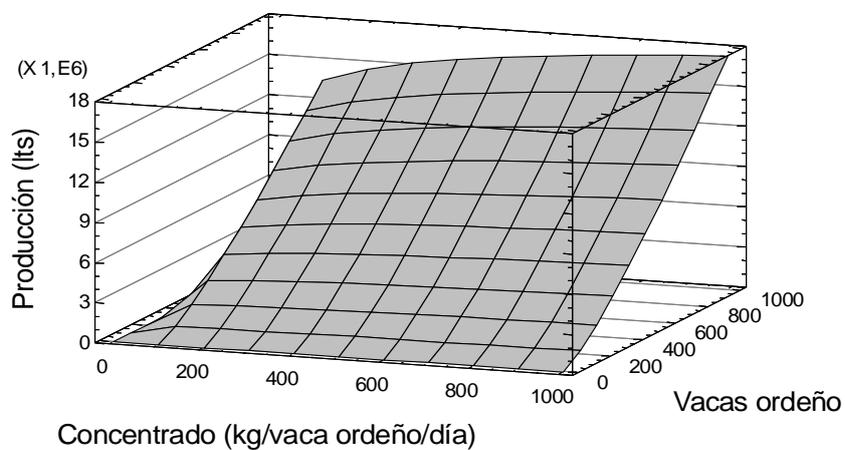
$$\ln PL = 7,1796 + 0,108071 \ln CCON + 1,265 \ln VO$$

#### A) Función Cobb Douglas Linealizada



$$PL = e^{7,1796} \ln CCON^{0,108071} \ln VO^{1,2659}$$

#### B) Modelo Cobb Douglas Transformado

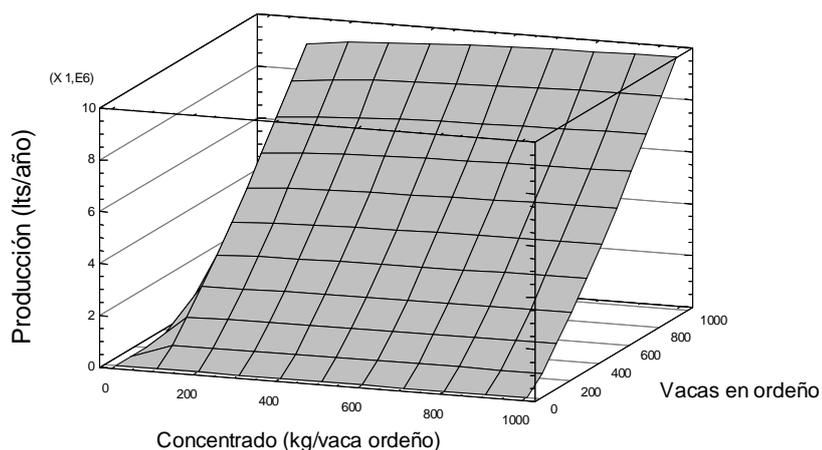


## MODELO NO LINEAL

---

$$PL = 1922,09 VO^{1,20658} CCON^{0,0284289}$$

### C) Modelo Cobb Douglas No Lineal



## MODELO OBTENIDO MEDIANTE EL SOFTWARE EVIEW

---

### Dependent Variable: LNNLC

Method: Least Squares

Date: 09/14/11 Time: 12:01

Sample: 1 47

Included observations: 47

LNNLC=C(1)+C(2)\*LNCCON\_VO+C(3)\*LNVO

|                    | Coefficient     | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-----------------|-----------------------|-------------|----------|
| C(1)               | 7.179605        | 0.438365              | 16.37816    | 0.0000   |
| C(2)               | 0.108071        | 0.041898              | 2.579395    | 0.0133   |
| C(3)               | 1.265898        | 0.103721              | 12.20482    | 0.0000   |
| R-squared          | 0.812723        | Mean dependent var    |             | 12.43851 |
| Adjusted R-squared | <b>0.804210</b> | S.D. dependent var    |             | 0.986275 |
| S.E. of regression | 0.436408        | Akaike info criterion |             | 1.241225 |
| Sum squared resid  | 8.379903        | Schwarz criterion     |             | 1.359320 |
| Log likelihood     | -26.16880       | Durbin-Watson stat    |             | 2.079781 |

## CONTRASTES DE VALIDACIÓN DEL MODELO LINEALIZADO

---

### Test de Wald para contrastar restricciones en los coeficientes del modelo

Wald Test:

Equation: F\_LNNLC

| Test Statistic | Value    | df      | Probability |
|----------------|----------|---------|-------------|
| F-statistic    | 7561.619 | (2, 44) | 0.0000      |
| Chi-square     | 15123.24 | 2       | 0.0000      |

Null Hypothesis Summary:

| Normalized Restriction (= 0) | Value     | Std. Err. |
|------------------------------|-----------|-----------|
| <b>C(1)</b>                  | 7.179605  | 0.438365  |
| <b>C(2) - 2*C(3)</b>         | -2.423725 | 0.223450  |

Restrictions are linear in coefficients.

Wald Test:

Equation: EQ01

| Test Statistic | Value    | df      | Probability |
|----------------|----------|---------|-------------|
| F-statistic    | 14.06629 | (1, 44) | 0.0005      |
| Chi-square     | 14.06629 | 1       | 0.0002      |

Null Hypothesis Summary:

| Normalized Restriction (= 0) | Value    | Std. Err. |
|------------------------------|----------|-----------|
| <b>-1 + C(2) + C(3)</b>      | 0.373969 | 0.099712  |

Restrictions are linear in coefficients.

### Test de Chow para la estabilidad de regresores.

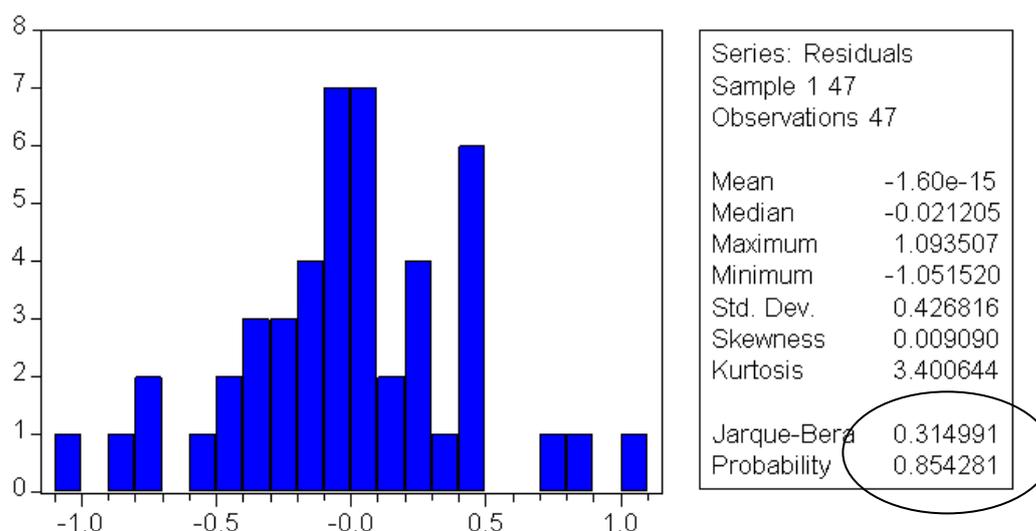
Como se aprecia en la tabla la probabilidad asociada al estadístico F es mayor a 0,01, por lo tanto la hipótesis nula de igualdad de coeficientes debe ser aceptada.

|                      |          |             |          |
|----------------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic          | 1.078111 | Probability | 0,369007 |
| Log likelihood ratio | 3,568675 | Probability | 0,311964 |

### Test Jarque Bera para normalidad de los residuos.

Mediante este test se determinan dos propiedades de la distribución de los residuos: la asimetría y la curtosis. La utilización de estos coeficientes permite calcular el índice de Jarque Bera A medida que estos coeficientes se aproximan a 0 y 3 respectivamente, la probabilidad de normalidad de los residuos aumenta.

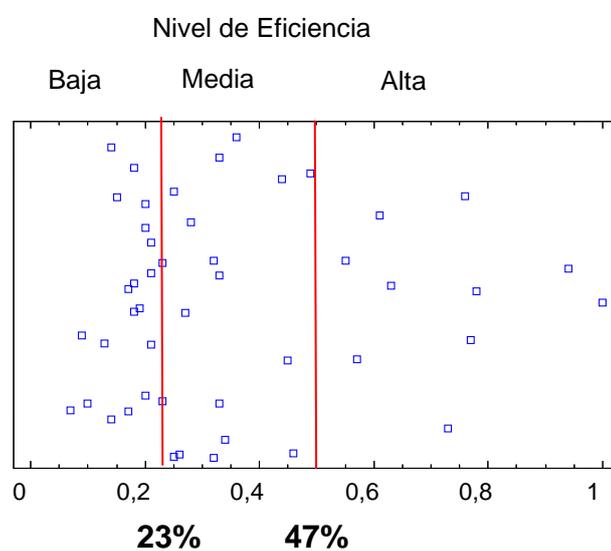
Como se indica en la tabla la probabilidad asociada a JB es mayor a 0,05 lo que indica normalidad de los residuos.



### Test de White para detectar heterocedasticidad.

Como se observa en la tabla, la probabilidad asociada a F y a Obs R-squared son mayores de 0,05, por lo tanto no hay presencia de heterocedasticidad.

|               |          |             |        |
|---------------|----------|-------------|--------|
| F-statistic   | 5,208937 | Probability | 0,2036 |
| Osb R-Squared | 15,3835  | Probability | 0,2156 |



**Figura Anexo 1.** Gráfico de dispersión para la eficiencia técnica de Timmer

**Tabla Anexo 1. Matriz de correlación entre variables del sistema**

|             | CAR   | CCNLC | CCVD  | CCVOD | DISGU | GBHVT | GBSGU | GB_T  | KGCA  | NHA   | NHAPP | NVAC  | NVO   | NVOP  | SAU   | SGU   | SGUV  | SPA   | SPV   | UTHH  | UTHV  | UTHF  | UTHT  | VERN  | VERP  | VET   | VEI   | VEIP  | VEV  | VEVP |      |      |      |  |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|--|
| CARGA       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| CCONNLC     | -0,14 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| CCONNVACDIA | -0,10 | 0,94  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| CCONVODIA   | -0,12 | 0,95  | 0,98  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| DIFINVSGU   | 0,50  | 0,12  | 0,20  | 0,14  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| GRASANHAVT  | 0,53  | 0,23  | 0,39  | 0,29  | 0,56  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| GRASASGU    | 0,69  | 0,10  | 0,23  | 0,16  | 0,57  | 0,94  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| GRASAT      | 0,10  | 0,49  | 0,63  | 0,53  | 0,33  | 0,74  | 0,65  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| KGCARVEN    | -0,22 | 0,31  | 0,38  | 0,31  | 0,36  | 0,26  | 0,09  | 0,50  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| NHA         | -0,53 | 0,50  | 0,47  | 0,45  | -0,12 | -0,05 | -0,17 | 0,49  | 0,52  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| NHAPROPPOR  | -0,27 | -0,09 | -0,11 | -0,09 | -0,15 | -0,29 | -0,31 | -0,17 | -0,02 | 0,06  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| NVAC        | 0,10  | 0,57  | 0,63  | 0,57  | 0,28  | 0,57  | 0,52  | 0,92  | 0,50  | 0,58  | -0,15 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| NVACORDENO  | 0,10  | 0,55  | 0,64  | 0,55  | 0,30  | 0,63  | 0,56  | 0,96  | 0,53  | 0,57  | -0,18 | 0,98  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| NVOPORC     | 0,04  | 0,08  | 0,20  | 0,08  | 0,19  | 0,44  | 0,37  | 0,41  | 0,31  | 0,14  | -0,14 | 0,24  | 0,40  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| SAU         | -0,18 | 0,03  | -0,03 | -0,03 | -0,18 | -0,11 | -0,10 | 0,03  | -0,05 | 0,49  | 0,16  | 0,01  | 0,04  | 0,16  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| SGU         | -0,53 | 0,55  | 0,54  | 0,51  | -0,07 | -0,02 | -0,16 | 0,54  | 0,60  | 0,95  | 0,02  | 0,65  | 0,62  | 0,11  | 0,19  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| SGUNVACTOT  | -0,47 | 0,47  | 0,44  | 0,44  | -0,15 | -0,08 | -0,12 | 0,49  | 0,33  | 0,88  | 0,02  | 0,62  | 0,58  | 0,05  | 0,23  | 0,90  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| SPASTURAS   | -0,32 | 0,52  | 0,61  | 0,56  | 0,11  | 0,31  | 0,12  | 0,68  | 0,66  | 0,69  | 0,05  | 0,69  | 0,70  | 0,30  | -0,02 | 0,78  | 0,63  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| SPASTURANVA | -0,59 | 0,03  | 0,06  | 0,06  | -0,30 | -0,25 | -0,39 | -0,11 | 0,25  | 0,26  | 0,25  | -0,18 | -0,13 | 0,25  | -0,03 | 0,30  | 0,17  | 0,46  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| UTH100HA    | 0,45  | -0,25 | -0,19 | -0,21 | 0,21  | 0,24  | 0,33  | -0,09 | -0,27 | -0,53 | -0,17 | -0,20 | -0,17 | -0,13 | 0,18  | -0,53 | -0,49 | -0,37 | -0,34 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| UTH100VA    | -0,23 | -0,23 | -0,21 | -0,21 | -0,23 | -0,20 | -0,21 | -0,23 | -0,11 | -0,17 | 0,06  | -0,38 | -0,32 | 0,02  | 0,08  | -0,22 | -0,23 | -0,18 | 0,27  | 0,63  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| UTHFAM      | -0,13 | 0,05  | 0,01  | 0,03  | -0,19 | -0,11 | -0,05 | 0,11  | -0,02 | 0,19  | -0,07 | 0,16  | 0,12  | -0,13 | 0,08  | 0,18  | 0,27  | 0,07  | -0,10 | 0,23  | 0,35  |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| UTHT        | -0,09 | 0,40  | 0,48  | 0,42  | 0,12  | 0,39  | 0,36  | 0,77  | 0,42  | 0,56  | -0,05 | 0,73  | 0,77  | 0,33  | 0,17  | 0,56  | 0,57  | 0,54  | -0,03 | 0,13  | 0,18  | 0,48  |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| VERDEOSNVAC | -0,10 | -0,28 | -0,29 | -0,27 | -0,21 | -0,29 | -0,27 | -0,39 | -0,26 | -0,34 | 0,14  | -0,45 | -0,42 | -0,11 | -0,05 | -0,36 | -0,35 | -0,40 | -0,12 | 0,14  | 0,22  | -0,20 | -0,36 |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| VERDEOSPOR  | 0,24  | -0,29 | -0,28 | -0,27 | -0,06 | -0,10 | -0,04 | -0,33 | -0,32 | -0,49 | 0,03  | -0,39 | -0,37 | -0,08 | 0,09  | -0,52 | -0,48 | -0,47 | -0,33 | 0,31  | 0,15  | -0,21 | -0,36 | 0,92  |       |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| VERDEOST    | -0,07 | -0,10 | -0,12 | -0,10 | -0,19 | -0,17 | -0,14 | -0,14 | -0,15 | -0,13 | 0,17  | -0,11 | -0,13 | -0,13 | 0,05  | -0,13 | -0,08 | -0,21 | -0,23 | -0,11 | -0,11 | -0,20 | -0,23 | 0,86  | 0,79  |       |       |       |      |      |      |      |      |  |
| VERDEOSINV  | -0,07 | -0,12 | -0,13 | -0,12 | -0,14 | -0,14 | -0,13 | -0,13 | -0,13 | -0,15 | 0,16  | -0,12 | -0,13 | -0,09 | 0,07  | -0,14 | -0,09 | -0,18 | -0,19 | -0,11 | -0,10 | -0,23 | -0,23 | 0,86  | 0,79  | 0,99  |       |       |      |      |      |      |      |  |
| VINPORC     | 0,17  | -0,27 | -0,25 | -0,25 | -0,05 | -0,11 | -0,06 | -0,29 | -0,27 | -0,43 | 0,05  | -0,35 | -0,33 | -0,05 | 0,08  | -0,46 | -0,42 | -0,41 | -0,29 | 0,25  | 0,13  | -0,21 | -0,33 | 0,94  | 0,99  | 0,83  | 0,84  |       |      |      |      |      |      |  |
| VERDEOSVERA | 0,04  | 0,14  | 0,06  | 0,10  | -0,26 | -0,10 | -0,05 | -0,04 | -0,11 | 0,08  | 0,06  | 0,04  | -0,01 | -0,20 | 0,15  | 0,04  | 0,03  | -0,18 | -0,23 | -0,02 | -0,05 | 0,23  | 0,06  | -0,09 | -0,06 | 0,00  | -0,17 | -0,16 |      |      |      |      |      |  |
| VVERAPORC   | 0,56  | -0,22 | -0,25 | -0,23 | -0,06 | 0,01  | 0,11  | -0,33 | -0,41 | -0,54 | -0,12 | -0,35 | -0,34 | -0,17 | -0,07 | -0,58 | -0,55 | -0,52 | -0,38 | 0,47  | 0,13  | -0,02 | -0,30 | 0,13  | 0,35  | -0,01 | -0,11 | 0,21  | 0,59 |      |      |      |      |  |
|             | 1,00  | 2,00  | 5,00  | 0,00  | 0,00  | 3,00  | 1,00  | 4,00  | 1,00  | 3,00  | 0,00  | 5,00  | 3,00  | 0,00  | 0,00  | 2,00  | 1,00  | 0,00  | 0,00  | 1,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 4,00  | 3,00  | 2,00  | 1,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |

## SALIDA SOFTWARE DEAP 2.1.

### MODELO DEA VRS- OUTPUT ORIENTADO

---

Results from DEAP Version 2.1                   ok4-out  
Instruction file = ok4-ins.txt  
Data file        = ok4-dta.txt  
  
Output orientated DEA  
Scale assumption: VRS  
Slacks calculated using multi-stage method

#### EFFICIENCY SUMMARY:

| firm | crste | vrste | scale |     |
|------|-------|-------|-------|-----|
| 1    | 0.142 | 0.143 | 0.997 | -   |
| 2    | 0.392 | 0.399 | 0.982 | irs |
| 3    | 0.873 | 1.000 | 0.873 | irs |
| 4    | 0.292 | 0.307 | 0.951 | irs |
| 5    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 6    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 7    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 8    | 0.736 | 1.000 | 0.736 | irs |
| 9    | 0.315 | 0.322 | 0.978 | irs |
| 10   | 0.741 | 1.000 | 0.741 | irs |
| 11   | 0.463 | 0.522 | 0.888 | irs |
| 12   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 13   | 0.704 | 1.000 | 0.704 | irs |
| 14   | 0.507 | 0.566 | 0.896 | irs |
| 15   | 0.585 | 0.585 | 1.000 | -   |
| 16   | 0.387 | 0.392 | 0.988 | drs |
| 17   | 0.822 | 1.000 | 0.822 | irs |
| 18   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 19   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 20   | 0.523 | 0.654 | 0.799 | irs |
| 21   | 0.343 | 0.357 | 0.961 | irs |
| 22   | 0.646 | 0.815 | 0.792 | irs |
| 23   | 0.820 | 0.859 | 0.955 | irs |
| 24   | 0.872 | 1.000 | 0.872 | irs |
| 25   | 0.460 | 0.526 | 0.874 | irs |
| 26   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 27   | 0.447 | 0.520 | 0.860 | drs |
| 28   | 0.518 | 0.569 | 0.912 | irs |
| 29   | 0.747 | 0.813 | 0.919 | drs |
| 30   | 0.567 | 0.572 | 0.991 | irs |
| 31   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 32   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 33   | 0.562 | 0.590 | 0.951 | drs |
| 34   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 35   | 0.696 | 0.731 | 0.952 | irs |
| 36   | 0.850 | 0.856 | 0.994 | drs |
| 37   | 0.708 | 0.740 | 0.957 | irs |
| 38   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 39   | 0.736 | 0.801 | 0.919 | drs |
| 40   | 0.698 | 0.707 | 0.987 | irs |
| 41   | 0.734 | 0.772 | 0.950 | drs |
| 42   | 0.528 | 0.546 | 0.969 | drs |
| 43   | 0.810 | 0.814 | 0.995 | irs |
| 44   | 0.684 | 0.748 | 0.914 | drs |
| 45   | 0.946 | 0.974 | 0.971 | drs |
| 46   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 47   | 0.852 | 1.000 | 0.852 | drs |
| mean | 0.717 | 0.770 | 0.934 |     |

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA  
vrste = technical efficiency from VRS DEA

$$\text{scale} = \text{scale efficiency} = \frac{\text{ok4-out}}{\text{crste/vrste}}$$

Note also that all subsequent tables refer to VRS results

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

| firm | output: | 1     |
|------|---------|-------|
| 1    |         | 0.000 |
| 2    |         | 0.000 |
| 3    |         | 0.000 |
| 4    |         | 0.000 |
| 5    |         | 0.000 |
| 6    |         | 0.000 |
| 7    |         | 0.000 |
| 8    |         | 0.000 |
| 9    |         | 0.000 |
| 10   |         | 0.000 |
| 11   |         | 0.000 |
| 12   |         | 0.000 |
| 13   |         | 0.000 |
| 14   |         | 0.000 |
| 15   |         | 0.000 |
| 16   |         | 0.000 |
| 17   |         | 0.000 |
| 18   |         | 0.000 |
| 19   |         | 0.000 |
| 20   |         | 0.000 |
| 21   |         | 0.000 |
| 22   |         | 0.000 |
| 23   |         | 0.000 |
| 24   |         | 0.000 |
| 25   |         | 0.000 |
| 26   |         | 0.000 |
| 27   |         | 0.000 |
| 28   |         | 0.000 |
| 29   |         | 0.000 |
| 30   |         | 0.000 |
| 31   |         | 0.000 |
| 32   |         | 0.000 |
| 33   |         | 0.000 |
| 34   |         | 0.000 |
| 35   |         | 0.000 |
| 36   |         | 0.000 |
| 37   |         | 0.000 |
| 38   |         | 0.000 |
| 39   |         | 0.000 |
| 40   |         | 0.000 |
| 41   |         | 0.000 |
| 42   |         | 0.000 |
| 43   |         | 0.000 |
| 44   |         | 0.000 |
| 45   |         | 0.000 |
| 46   |         | 0.000 |
| 47   |         | 0.000 |
| mean |         | 0.000 |

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

| firm | input: | 1     | 2     | 3      | 4     |
|------|--------|-------|-------|--------|-------|
| 1    |        | 0.177 | 0.000 | 50.946 | 0.000 |
| 2    |        | 0.000 | 0.000 | 18.061 | 0.000 |
| 3    |        | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 |
| 4    |        | 0.346 | 0.000 | 4.114  | 0.000 |
| 5    |        | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 |

|      |       | ok4-out |        |          |          |
|------|-------|---------|--------|----------|----------|
| 6    | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 7    | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 8    | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 9    | 0.000 | 8.823   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 10   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 11   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 12   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 13   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 14   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 15   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 16   | 0.000 | 11.810  | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 17   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 18   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 19   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 20   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 21   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 398.331  |
| 22   | 0.282 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 906.227  |
| 23   | 0.655 | 18.650  | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 24   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 25   | 0.000 | 0.475   | 1.151  | 0.000    | 0.000    |
| 26   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 27   | 0.000 | 55.704  | 54.719 | 0.000    | 0.000    |
| 28   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 1259.195 |
| 29   | 0.000 | 27.759  | 40.512 | 0.000    | 0.000    |
| 30   | 2.763 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 31   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 32   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 33   | 1.075 | 0.000   | 54.420 | 2588.677 | 0.000    |
| 34   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 35   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 36   | 1.990 | 6.667   | 0.000  | 25.190   | 0.000    |
| 37   | 2.625 | 0.000   | 0.000  | 2505.980 | 0.000    |
| 38   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 39   | 3.035 | 0.000   | 47.540 | 0.000    | 0.000    |
| 40   | 1.189 | 0.000   | 0.000  | 4277.194 | 0.000    |
| 41   | 0.380 | 0.000   | 26.114 | 0.000    | 0.000    |
| 42   | 0.924 | 0.000   | 31.880 | 2487.711 | 0.000    |
| 43   | 0.000 | 37.389  | 31.873 | 0.000    | 0.000    |
| 44   | 0.725 | 18.593  | 0.000  | 2887.805 | 0.000    |
| 45   | 8.233 | 61.778  | 0.000  | 1521.602 | 0.000    |
| 46   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| 47   | 0.000 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    |
| mean | 0.519 | 5.269   | 7.688  | 401.232  |          |

SUMMARY OF PEERS:

| firm | peers: |    |    |    |    |  |
|------|--------|----|----|----|----|--|
| 1    | 12     | 8  | 34 |    |    |  |
| 2    | 12     | 18 | 7  |    |    |  |
| 3    | 3      |    |    |    |    |  |
| 4    | 34     | 31 | 12 |    |    |  |
| 5    | 5      |    |    |    |    |  |
| 6    | 6      |    |    |    |    |  |
| 7    | 7      |    |    |    |    |  |
| 8    | 8      |    |    |    |    |  |
| 9    | 19     | 46 | 32 | 13 |    |  |
| 10   | 10     |    |    |    |    |  |
| 11   | 46     | 5  | 31 | 32 | 7  |  |
| 12   | 12     |    |    |    |    |  |
| 13   | 13     |    |    |    |    |  |
| 14   | 46     | 7  | 13 | 19 | 32 |  |
| 15   | 38     | 19 | 32 | 46 | 31 |  |
| 16   | 31     | 46 | 38 | 19 |    |  |
| 17   | 17     |    |    |    |    |  |
| 18   | 18     |    |    |    |    |  |
| 19   | 19     |    |    |    |    |  |

```

20 46 5 32 24 7
21 46 24 32 5
22 46 5 32
23 31 3 5
24 24
25 13 46 24
26 26
27 38 46 32
28 32 5 46 24
29 19 34 38
30 32 46 31 5
31 31
32 32
33 46 32
34 34
35 5 46 7 32 24
36 46 26
37 46 5 32
38 38
39 38 32 46
40 5 46 32
41 38 46 32
42 46 47
43 24 46 13
44 47 46
45 26 46
46 46
47 47

```

ok4-out

SUMMARY OF PEER WEIGHTS:  
(in same order as above)

```

firm peer weights:
1 0.998 0.002 0.000
2 0.353 0.194 0.452
3 1.000
4 0.057 0.104 0.839
5 1.000
6 1.000
7 1.000
8 1.000
9 0.569 0.078 0.235 0.119
10 1.000
11 0.027 0.256 0.084 0.296 0.338
12 1.000
13 1.000
14 0.088 0.079 0.427 0.312 0.095
15 0.017 0.788 0.155 0.037 0.004
16 0.595 0.117 0.013 0.276
17 1.000
18 1.000
19 1.000
20 0.090 0.099 0.140 0.445 0.227
21 0.229 0.214 0.505 0.052
22 0.069 0.650 0.281
23 0.672 0.280 0.048
24 1.000
25 0.579 0.234 0.187
26 1.000
27 0.448 0.079 0.473
28 0.124 0.409 0.329 0.139
29 0.266 0.642 0.092
30 0.144 0.265 0.471 0.119
31 1.000
32 1.000
33 0.362 0.638
34 1.000

```

|    |       |       |       |       |       |         |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|    |       |       |       |       |       | ok4-out |
| 35 | 0.108 | 0.451 | 0.406 | 0.028 | 0.007 |         |
| 36 | 0.333 | 0.667 |       |       |       |         |
| 37 | 0.472 | 0.323 | 0.206 |       |       |         |
| 38 | 1.000 |       |       |       |       |         |
| 39 | 0.221 | 0.517 | 0.262 |       |       |         |
| 40 | 0.104 | 0.437 | 0.460 |       |       |         |
| 41 | 0.606 | 0.342 | 0.052 |       |       |         |
| 42 | 0.921 | 0.079 |       |       |       |         |
| 43 | 0.064 | 0.897 | 0.039 |       |       |         |
| 44 | 0.101 | 0.899 |       |       |       |         |
| 45 | 0.028 | 0.972 |       |       |       |         |
| 46 | 1.000 |       |       |       |       |         |
| 47 | 1.000 |       |       |       |       |         |

PEER COUNT SUMMARY:  
(i.e., no. times each firm is a peer for another)

| firm | peer count: |
|------|-------------|
| 1    | 0           |
| 2    | 0           |
| 3    | 1           |
| 4    | 0           |
| 5    | 10          |
| 6    | 0           |
| 7    | 5           |
| 8    | 1           |
| 9    | 0           |
| 10   | 0           |
| 11   | 0           |
| 12   | 3           |
| 13   | 4           |
| 14   | 0           |
| 15   | 0           |
| 16   | 0           |
| 17   | 0           |
| 18   | 1           |
| 19   | 5           |
| 20   | 0           |
| 21   | 0           |
| 22   | 0           |
| 23   | 0           |
| 24   | 6           |
| 25   | 0           |
| 26   | 2           |
| 27   | 0           |
| 28   | 0           |
| 29   | 0           |
| 30   | 0           |
| 31   | 6           |
| 32   | 16          |
| 33   | 0           |
| 34   | 3           |
| 35   | 0           |
| 36   | 0           |
| 37   | 0           |
| 38   | 6           |
| 39   | 0           |
| 40   | 0           |
| 41   | 0           |
| 42   | 0           |
| 43   | 0           |
| 44   | 0           |
| 45   | 0           |
| 46   | 23          |
| 47   | 2           |

## ok4-out

## SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

| firm | output: | 1           |
|------|---------|-------------|
| 1    |         | 129123.397  |
| 2    |         | 119107.955  |
| 3    |         | 48242.000   |
| 4    |         | 172593.808  |
| 5    |         | 67300.000   |
| 6    |         | 75600.000   |
| 7    |         | 76170.000   |
| 8    |         | 84735.000   |
| 9    |         | 348585.999  |
| 10   |         | 117907.000  |
| 11   |         | 241155.102  |
| 12   |         | 129067.000  |
| 13   |         | 156210.000  |
| 14   |         | 301815.518  |
| 15   |         | 293302.799  |
| 16   |         | 439986.096  |
| 17   |         | 181859.000  |
| 18   |         | 200980.000  |
| 19   |         | 206157.000  |
| 20   |         | 317702.772  |
| 21   |         | 599445.883  |
| 22   |         | 264674.848  |
| 23   |         | 256038.281  |
| 24   |         | 237976.000  |
| 25   |         | 463697.524  |
| 26   |         | 297177.000  |
| 27   |         | 578574.395  |
| 28   |         | 577110.628  |
| 29   |         | 414747.710  |
| 30   |         | 612003.367  |
| 31   |         | 356295.000  |
| 32   |         | 442445.000  |
| 33   |         | 790656.232  |
| 34   |         | 477921.000  |
| 35   |         | 684915.533  |
| 36   |         | 665954.000  |
| 37   |         | 774742.261  |
| 38   |         | 577375.000  |
| 39   |         | 724015.086  |
| 40   |         | 823378.656  |
| 41   |         | 852887.367  |
| 42   |         | 1423487.449 |
| 43   |         | 1280257.191 |
| 44   |         | 1429108.649 |
| 45   |         | 1372776.583 |
| 46   |         | 1403508.000 |
| 47   |         | 1657247.000 |

## SUMMARY OF INPUT TARGETS:

| firm | input: | 1     | 2      | 3      | 4       |
|------|--------|-------|--------|--------|---------|
| 1    |        | 2.423 | 45.000 | 49.054 | 0.010   |
| 2    |        | 1.820 | 50.000 | 51.939 | 0.001   |
| 3    |        | 1.820 | 45.500 | 9.500  | 0.001   |
| 4    |        | 2.774 | 55.000 | 50.886 | 0.500   |
| 5    |        | 4.160 | 30.000 | 5.000  | 39.460  |
| 6    |        | 1.560 | 50.000 | 13.000 | 0.001   |
| 7    |        | 1.210 | 33.500 | 25.000 | 0.001   |
| 8    |        | 3.640 | 28.500 | 68.000 | 3.830   |
| 9    |        | 1.850 | 91.177 | 63.000 | 253.500 |
| 10   |        | 1.690 | 55.000 | 17.000 | 1.230   |
| 11   |        | 2.600 | 50.500 | 62.500 | 155.990 |
| 12   |        | 2.420 | 45.000 | 49.000 | 0.001   |

|    |       | ok4-out |         |          |  |
|----|-------|---------|---------|----------|--|
| 13 | 0.870 | 80.000  | 22.000  | 254.800  |  |
| 14 | 1.560 | 90.000  | 45.000  | 305.040  |  |
| 15 | 1.820 | 90.000  | 50.000  | 121.780  |  |
| 16 | 3.510 | 112.690 | 45.330  | 222.200  |  |
| 17 | 3.190 | 62.000  | 23.000  | 1.770    |  |
| 18 | 2.150 | 97.500  | 120.000 | 0.001    |  |
| 19 | 1.520 | 88.500  | 24.000  | 2.490    |  |
| 20 | 1.820 | 61.500  | 65.000  | 1786.440 |  |
| 21 | 2.600 | 94.000  | 121.000 | 1350.429 |  |
| 22 | 3.648 | 51.500  | 56.000  | 246.033  |  |
| 23 | 3.505 | 81.350  | 27.750  | 2.890    |  |
| 24 | 0.910 | 50.000  | 57.000  | 3526.610 |  |
| 25 | 1.770 | 109.525 | 53.849  | 1248.340 |  |
| 26 | 3.120 | 130.000 | 22.000  | 867.230  |  |
| 27 | 3.900 | 114.296 | 138.281 | 327.540  |  |
| 28 | 3.640 | 102.000 | 72.000  | 1164.315 |  |
| 29 | 4.420 | 114.741 | 84.488  | 9.980    |  |
| 30 | 4.017 | 120.000 | 75.000  | 551.360  |  |
| 31 | 4.160 | 100.000 | 37.000  | 1.460    |  |
| 32 | 2.210 | 57.500  | 156.000 | 322.970  |  |
| 33 | 3.105 | 120.000 | 146.580 | 888.013  |  |
| 34 | 5.460 | 120.000 | 104.330 | 6.110    |  |
| 35 | 3.120 | 122.500 | 74.000  | 885.980  |  |
| 36 | 3.640 | 163.333 | 58.000  | 1205.650 |  |
| 37 | 4.005 | 130.000 | 95.000  | 967.160  |  |
| 38 | 5.550 | 154.000 | 121.000 | 58.750   |  |
| 39 | 3.595 | 124.000 | 141.460 | 673.180  |  |
| 40 | 3.491 | 130.000 | 129.000 | 974.806  |  |
| 41 | 5.080 | 175.000 | 125.886 | 696.010  |  |
| 42 | 4.926 | 235.000 | 149.120 | 2194.899 |  |
| 43 | 4.290 | 212.611 | 121.127 | 1925.620 |  |
| 44 | 4.995 | 236.407 | 154.500 | 2282.795 |  |
| 45 | 4.637 | 227.222 | 127.000 | 1854.288 |  |
| 46 | 4.680 | 230.000 | 130.000 | 1882.490 |  |
| 47 | 7.800 | 293.500 | 372.830 | 5850.080 |  |

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1  
 Technical efficiency = 0.143  
 Scale efficiency = 0.997 (crs)  
 PROJECTION SUMMARY:  

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 18409.000      | 110714.397      | 0.000          | 129123.397      |
| input 1  | 2.600          | 0.000           | -0.177         | 2.423           |
| input 2  | 45.000         | 0.000           | 0.000          | 45.000          |
| input 3  | 100.000        | 0.000           | -50.946        | 49.054          |
| input 4  | 0.010          | 0.000           | 0.000          | 0.010           |

 LISTING OF PEERS:  

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 12   | 0.998         |
| 8    | 0.002         |
| 34   | 0.000         |

Results for firm: 2  
 Technical efficiency = 0.399  
 Scale efficiency = 0.982 (irs)  
 PROJECTION SUMMARY:  

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 47525.000      | 71582.955       | 0.000          | 119107.955      |
| input 1  | 1.820          | 0.000           | 0.000          | 1.820           |
| input 2  | 50.000         | 0.000           | 0.000          | 50.000          |

|       |   |        |         |         |        |
|-------|---|--------|---------|---------|--------|
| input | 3 | 70.000 | ok4-out |         |        |
| input | 4 | 0.001  | 0.000   | -18.061 | 51.939 |
|       |   |        | 0.000   | 0.000   | 0.001  |

LISTING OF PEERS:

|      |               |
|------|---------------|
| peer | lambda weight |
| 12   | 0.353         |
| 18   | 0.194         |
| 7    | 0.452         |

Results for firm: 3  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 0.873 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|---|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output   | 1 | 48242.000      | 0.000           | 0.000          | 48242.000       |
| input    | 1 | 1.820          | 0.000           | 0.000          | 1.820           |
| input    | 2 | 45.500         | 0.000           | 0.000          | 45.500          |
| input    | 3 | 9.500          | 0.000           | 0.000          | 9.500           |
| input    | 4 | 0.001          | 0.000           | 0.000          | 0.001           |

LISTING OF PEERS:

|      |               |
|------|---------------|
| peer | lambda weight |
| 3    | 1.000         |

Results for firm: 4  
 Technical efficiency = 0.307  
 Scale efficiency = 0.951 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|---|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output   | 1 | 52963.000      | 119630.808      | 0.000          | 172593.808      |
| input    | 1 | 3.120          | 0.000           | -0.346         | 2.774           |
| input    | 2 | 55.000         | 0.000           | 0.000          | 55.000          |
| input    | 3 | 55.000         | 0.000           | -4.114         | 50.886          |
| input    | 4 | 0.500          | 0.000           | 0.000          | 0.500           |

LISTING OF PEERS:

|      |               |
|------|---------------|
| peer | lambda weight |
| 34   | 0.057         |
| 31   | 0.104         |
| 12   | 0.839         |

Results for firm: 5  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|---|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output   | 1 | 67300.000      | 0.000           | 0.000          | 67300.000       |
| input    | 1 | 4.160          | 0.000           | 0.000          | 4.160           |
| input    | 2 | 30.000         | 0.000           | 0.000          | 30.000          |
| input    | 3 | 5.000          | 0.000           | 0.000          | 5.000           |
| input    | 4 | 39.460         | 0.000           | 0.000          | 39.460          |

LISTING OF PEERS:

|      |               |
|------|---------------|
| peer | lambda weight |
| 5    | 1.000         |

Results for firm: 6  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|---|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output   | 1 | 75600.000      | 0.000           | 0.000          | 75600.000       |
| input    | 1 | 1.560          | 0.000           | 0.000          | 1.560           |
| input    | 2 | 50.000         | 0.000           | 0.000          | 50.000          |

|       |   |        |         |       |        |
|-------|---|--------|---------|-------|--------|
|       |   |        | ok4-out |       |        |
| input | 3 | 13.000 | 0.000   | 0.000 | 13.000 |
| input | 4 | 0.001  | 0.000   | 0.000 | 0.001  |

LISTING OF PEERS:  
peer    lambda weight  
6       1.000

Results for firm: 7  
Technical efficiency = 1.000  
Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original<br>value | radial<br>movement | slack<br>movement | projected<br>value |
|----------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| output   | 1 | 76170.000         | 0.000              | 0.000             | 76170.000          |
| input    | 1 | 1.210             | 0.000              | 0.000             | 1.210              |
| input    | 2 | 33.500            | 0.000              | 0.000             | 33.500             |
| input    | 3 | 25.000            | 0.000              | 0.000             | 25.000             |
| input    | 4 | 0.001             | 0.000              | 0.000             | 0.001              |

LISTING OF PEERS:  
peer    lambda weight  
7       1.000

Results for firm: 8  
Technical efficiency = 1.000  
Scale efficiency = 0.736 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original<br>value | radial<br>movement | slack<br>movement | projected<br>value |
|----------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| output   | 1 | 84735.000         | 0.000              | 0.000             | 84735.000          |
| input    | 1 | 3.640             | 0.000              | 0.000             | 3.640              |
| input    | 2 | 28.500            | 0.000              | 0.000             | 28.500             |
| input    | 3 | 68.000            | 0.000              | 0.000             | 68.000             |
| input    | 4 | 3.830             | 0.000              | 0.000             | 3.830              |

LISTING OF PEERS:  
peer    lambda weight  
8       1.000

Results for firm: 9  
Technical efficiency = 0.322  
Scale efficiency = 0.978 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original<br>value | radial<br>movement | slack<br>movement | projected<br>value |
|----------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| output   | 1 | 112167.000        | 236418.999         | 0.000             | 348585.999         |
| input    | 1 | 1.850             | 0.000              | 0.000             | 1.850              |
| input    | 2 | 100.000           | 0.000              | -8.823            | 91.177             |
| input    | 3 | 63.000            | 0.000              | 0.000             | 63.000             |
| input    | 4 | 253.500           | 0.000              | 0.000             | 253.500            |

LISTING OF PEERS:  
peer    lambda weight  
19      0.569  
46      0.078  
32      0.235  
13      0.119

Results for firm: 10  
Technical efficiency = 1.000  
Scale efficiency = 0.741 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original<br>value | radial<br>movement | slack<br>movement | projected<br>value |
|----------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| output   | 1 | 117907.000        | 0.000              | 0.000             | 117907.000         |
| input    | 1 | 1.690             | 0.000              | 0.000             | 1.690              |
| input    | 2 | 55.000            | 0.000              | 0.000             | 55.000             |
| input    | 3 | 17.000            | 0.000              | 0.000             | 17.000             |

```

input      4      1.230      ok4-out      0.000      0.000      1.230
LISTING OF PEERS:
peer      lambda weight
10      1.000

```

```

Results for firm: 11
Technical efficiency = 0.522
Scale efficiency = 0.888 (irs)

```

```

PROJECTION SUMMARY:
variable      original      radial      slack      projected
               value      movement      movement      value
output      1      125831.000      115324.102      0.000      241155.102
input      1      2.600      0.000      0.000      2.600
input      2      50.500      0.000      0.000      50.500
input      3      62.500      0.000      0.000      62.500
input      4      155.990      0.000      0.000      155.990

```

```

LISTING OF PEERS:
peer      lambda weight
46      0.027
5      0.256
31      0.084
32      0.296
7      0.338

```

```

Results for firm: 12
Technical efficiency = 1.000
Scale efficiency = 1.000 (crs)

```

```

PROJECTION SUMMARY:
variable      original      radial      slack      projected
               value      movement      movement      value
output      1      129067.000      0.000      0.000      129067.000
input      1      2.420      0.000      0.000      2.420
input      2      45.000      0.000      0.000      45.000
input      3      49.000      0.000      0.000      49.000
input      4      0.001      0.000      0.000      0.001

```

```

LISTING OF PEERS:
peer      lambda weight
12      1.000

```

```

Results for firm: 13
Technical efficiency = 1.000
Scale efficiency = 0.704 (irs)

```

```

PROJECTION SUMMARY:
variable      original      radial      slack      projected
               value      movement      movement      value
output      1      156210.000      0.000      0.000      156210.000
input      1      0.870      0.000      0.000      0.870
input      2      80.000      0.000      0.000      80.000
input      3      22.000      0.000      0.000      22.000
input      4      254.800      0.000      0.000      254.800

```

```

LISTING OF PEERS:
peer      lambda weight
13      1.000

```

```

Results for firm: 14
Technical efficiency = 0.566
Scale efficiency = 0.896 (irs)

```

```

PROJECTION SUMMARY:
variable      original      radial      slack      projected
               value      movement      movement      value
output      1      170738.000      131077.518      0.000      301815.518
input      1      1.560      0.000      0.000      1.560
input      2      90.000      0.000      0.000      90.000
input      3      45.000      0.000      0.000      45.000

```

|       |   |         |         |       |       |         |
|-------|---|---------|---------|-------|-------|---------|
| input | 4 | 305.040 | ok4-out | 0.000 | 0.000 | 305.040 |
|-------|---|---------|---------|-------|-------|---------|

LISTING OF PEERS:

|      |               |
|------|---------------|
| peer | lambda weight |
| 46   | 0.088         |
| 7    | 0.079         |
| 13   | 0.427         |
| 19   | 0.312         |
| 32   | 0.095         |

Results for firm: 15  
 Technical efficiency = 0.585  
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 171701.000     | 121601.799      | 0.000          | 293302.799      |
| input 1  | 1.820          | 0.000           | 0.000          | 1.820           |
| input 2  | 90.000         | 0.000           | 0.000          | 90.000          |
| input 3  | 50.000         | 0.000           | 0.000          | 50.000          |
| input 4  | 121.780        | 0.000           | 0.000          | 121.780         |

LISTING OF PEERS:

|      |               |
|------|---------------|
| peer | lambda weight |
| 38   | 0.017         |
| 19   | 0.788         |
| 32   | 0.155         |
| 46   | 0.037         |
| 31   | 0.004         |

Results for firm: 16  
 Technical efficiency = 0.392  
 Scale efficiency = 0.988 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 172518.000     | 267468.096      | 0.000          | 439986.096      |
| input 1  | 3.510          | 0.000           | 0.000          | 3.510           |
| input 2  | 124.500        | 0.000           | -11.810        | 112.690         |
| input 3  | 45.330         | 0.000           | 0.000          | 45.330          |
| input 4  | 222.200        | 0.000           | 0.000          | 222.200         |

LISTING OF PEERS:

|      |               |
|------|---------------|
| peer | lambda weight |
| 31   | 0.595         |
| 46   | 0.117         |
| 38   | 0.013         |
| 19   | 0.276         |

Results for firm: 17  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 0.822 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 181859.000     | 0.000           | 0.000          | 181859.000      |
| input 1  | 3.190          | 0.000           | 0.000          | 3.190           |
| input 2  | 62.000         | 0.000           | 0.000          | 62.000          |
| input 3  | 23.000         | 0.000           | 0.000          | 23.000          |
| input 4  | 1.770          | 0.000           | 0.000          | 1.770           |

LISTING OF PEERS:

|      |               |
|------|---------------|
| peer | lambda weight |
| 17   | 1.000         |

Results for firm: 18  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

ok4-out

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 200980.000     | 0.000           | 0.000          | 200980.000      |
| input 1  | 2.150          | 0.000           | 0.000          | 2.150           |
| input 2  | 97.500         | 0.000           | 0.000          | 97.500          |
| input 3  | 120.000        | 0.000           | 0.000          | 120.000         |
| input 4  | 0.001          | 0.000           | 0.000          | 0.001           |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 18   | 1.000         |

Results for firm: 19  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 206157.000     | 0.000           | 0.000          | 206157.000      |
| input 1  | 1.520          | 0.000           | 0.000          | 1.520           |
| input 2  | 88.500         | 0.000           | 0.000          | 88.500          |
| input 3  | 24.000         | 0.000           | 0.000          | 24.000          |
| input 4  | 2.490          | 0.000           | 0.000          | 2.490           |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 19   | 1.000         |

Results for firm: 20  
 Technical efficiency = 0.654  
 Scale efficiency = 0.799 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 207896.000     | 109806.772      | 0.000          | 317702.772      |
| input 1  | 1.820          | 0.000           | 0.000          | 1.820           |
| input 2  | 61.500         | 0.000           | 0.000          | 61.500          |
| input 3  | 65.000         | 0.000           | 0.000          | 65.000          |
| input 4  | 1786.440       | 0.000           | 0.000          | 1786.440        |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 46   | 0.090         |
| 5    | 0.099         |
| 32   | 0.140         |
| 24   | 0.445         |
| 7    | 0.227         |

Results for firm: 21  
 Technical efficiency = 0.357  
 Scale efficiency = 0.961 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 213713.000     | 385732.883      | 0.000          | 599445.883      |
| input 1  | 2.600          | 0.000           | 0.000          | 2.600           |
| input 2  | 94.000         | 0.000           | 0.000          | 94.000          |
| input 3  | 121.000        | 0.000           | 0.000          | 121.000         |
| input 4  | 1748.760       | 0.000           | -398.331       | 1350.429        |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 46   | 0.229         |
| 24   | 0.214         |
| 32   | 0.505         |
| 5    | 0.052         |

ok4-out

Results for firm: 22  
Technical efficiency = 0.815  
Scale efficiency = 0.792 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 215755.000     | 48919.848       | 0.000          | 264674.848      |
| input 1  | 3.930          | 0.000           | -0.282         | 3.648           |
| input 2  | 51.500         | 0.000           | 0.000          | 51.500          |
| input 3  | 56.000         | 0.000           | 0.000          | 56.000          |
| input 4  | 1152.260       | 0.000           | -906.227       | 246.033         |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 46   | 0.069         |
| 5    | 0.650         |
| 32   | 0.281         |

Results for firm: 23  
Technical efficiency = 0.859  
Scale efficiency = 0.955 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 219852.000     | 36186.281       | 0.000          | 256038.281      |
| input 1  | 4.160          | 0.000           | -0.655         | 3.505           |
| input 2  | 100.000        | 0.000           | -18.650        | 81.350          |
| input 3  | 27.750         | 0.000           | 0.000          | 27.750          |
| input 4  | 2.890          | 0.000           | 0.000          | 2.890           |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 31   | 0.672         |
| 3    | 0.280         |
| 5    | 0.048         |

Results for firm: 24  
Technical efficiency = 1.000  
Scale efficiency = 0.872 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 237976.000     | 0.000           | 0.000          | 237976.000      |
| input 1  | 0.910          | 0.000           | 0.000          | 0.910           |
| input 2  | 50.000         | 0.000           | 0.000          | 50.000          |
| input 3  | 57.000         | 0.000           | 0.000          | 57.000          |
| input 4  | 3526.610       | 0.000           | 0.000          | 3526.610        |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 24   | 1.000         |

Results for firm: 25  
Technical efficiency = 0.526  
Scale efficiency = 0.874 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 244110.000     | 219587.524      | 0.000          | 463697.524      |
| input 1  | 1.770          | 0.000           | 0.000          | 1.770           |
| input 2  | 110.000        | 0.000           | -0.475         | 109.525         |
| input 3  | 55.000         | 0.000           | -1.151         | 53.849          |
| input 4  | 1248.340       | 0.000           | 0.000          | 1248.340        |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 13   | 0.579         |
| 46   | 0.234         |
| 24   | 0.187         |

Results for firm: 26  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 1.000 (crs)  
 PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 297177.000     | 0.000           | 0.000          | 297177.000      |
| input 1  | 3.120          | 0.000           | 0.000          | 3.120           |
| input 2  | 130.000        | 0.000           | 0.000          | 130.000         |
| input 3  | 22.000         | 0.000           | 0.000          | 22.000          |
| input 4  | 867.230        | 0.000           | 0.000          | 867.230         |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 26   | 1.000         |

Results for firm: 27  
 Technical efficiency = 0.520  
 Scale efficiency = 0.860 (drs)  
 PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 300736.000     | 277838.395      | 0.000          | 578574.395      |
| input 1  | 3.900          | 0.000           | 0.000          | 3.900           |
| input 2  | 170.000        | 0.000           | -55.704        | 114.296         |
| input 3  | 193.000        | 0.000           | -54.719        | 138.281         |
| input 4  | 327.540        | 0.000           | 0.000          | 327.540         |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 38   | 0.448         |
| 46   | 0.079         |
| 32   | 0.473         |

Results for firm: 28  
 Technical efficiency = 0.569  
 Scale efficiency = 0.912 (irs)  
 PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 328195.000     | 248915.628      | 0.000          | 577110.628      |
| input 1  | 3.640          | 0.000           | 0.000          | 3.640           |
| input 2  | 102.000        | 0.000           | 0.000          | 102.000         |
| input 3  | 72.000         | 0.000           | 0.000          | 72.000          |
| input 4  | 2423.510       | 0.000           | -1259.195      | 1164.315        |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
| 32   | 0.124         |
| 5    | 0.409         |
| 46   | 0.329         |
| 24   | 0.139         |

Results for firm: 29  
 Technical efficiency = 0.813  
 Scale efficiency = 0.919 (drs)  
 PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 337035.000     | 77712.710       | 0.000          | 414747.710      |
| input 1  | 4.420          | 0.000           | 0.000          | 4.420           |
| input 2  | 142.500        | 0.000           | -27.759        | 114.741         |
| input 3  | 125.000        | 0.000           | -40.512        | 84.488          |
| input 4  | 9.980          | 0.000           | 0.000          | 9.980           |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda weight |
|------|---------------|
|------|---------------|

ok4-out

19 0.266  
34 0.642  
38 0.092

Results for firm: 30  
Technical efficiency = 0.572  
Scale efficiency = 0.991 (irs)

PROJECTION SUMMARY:  
variable original radial slack projected  
value movement movement value  
output 1 350093.000 261910.367 0.000 612003.367  
input 1 6.780 0.000 -2.763 4.017  
input 2 120.000 0.000 0.000 120.000  
input 3 75.000 0.000 0.000 75.000  
input 4 551.360 0.000 0.000 551.360

LISTING OF PEERS:  
peer lambda weight  
32 0.144  
46 0.265  
31 0.471  
5 0.119

Results for firm: 31  
Technical efficiency = 1.000  
Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:  
variable original radial slack projected  
value movement movement value  
output 1 356295.000 0.000 0.000 356295.000  
input 1 4.160 0.000 0.000 4.160  
input 2 100.000 0.000 0.000 100.000  
input 3 37.000 0.000 0.000 37.000  
input 4 1.460 0.000 0.000 1.460

LISTING OF PEERS:  
peer lambda weight  
31 1.000

Results for firm: 32  
Technical efficiency = 1.000  
Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:  
variable original radial slack projected  
value movement movement value  
output 1 442445.000 0.000 0.000 442445.000  
input 1 2.210 0.000 0.000 2.210  
input 2 57.500 0.000 0.000 57.500  
input 3 156.000 0.000 0.000 156.000  
input 4 322.970 0.000 0.000 322.970

LISTING OF PEERS:  
peer lambda weight  
32 1.000

Results for firm: 33  
Technical efficiency = 0.590  
Scale efficiency = 0.951 (drs)

PROJECTION SUMMARY:  
variable original radial slack projected  
value movement movement value  
output 1 466699.000 323957.232 0.000 790656.232  
input 1 4.180 0.000 -1.075 3.105  
input 2 120.000 0.000 0.000 120.000  
input 3 201.000 0.000 -54.420 146.580  
input 4 3476.690 0.000 -2588.677 888.013

LISTING OF PEERS:

```

ok4-out
peer  lambda weight
46    0.362
32    0.638

```

```

Results for firm: 34
Technical efficiency = 1.000
Scale efficiency = 1.000 (crs)

```

```

PROJECTION SUMMARY:
variable      original      radial      slack      projected
              value      movement movement movement value
output 1      477921.000  0.000      0.000      477921.000
input 1       5.460      0.000      0.000      5.460
input 2      120.000     0.000      0.000      120.000
input 3      104.330     0.000      0.000      104.330
input 4       6.110      0.000      0.000      6.110

```

```

LISTING OF PEERS:
peer  lambda weight
34    1.000

```

```

Results for firm: 35
Technical efficiency = 0.731
Scale efficiency = 0.952 (irs)

```

```

PROJECTION SUMMARY:
variable      original      radial      slack      projected
              value      movement movement movement value
output 1      500943.000  183972.533  0.000      684915.533
input 1       3.120      0.000      0.000      3.120
input 2      122.500     0.000      0.000      122.500
input 3      74.000      0.000      0.000      74.000
input 4      885.980     0.000      0.000      885.980

```

```

LISTING OF PEERS:
peer  lambda weight
5     0.108
46    0.451
7     0.406
32    0.028
24    0.007

```

```

Results for firm: 36
Technical efficiency = 0.856
Scale efficiency = 0.994 (drs)

```

```

PROJECTION SUMMARY:
variable      original      radial      slack      projected
              value      movement movement movement value
output 1      569868.000  96086.000  0.000      665954.000
input 1       5.630      0.000     -1.990      3.640
input 2      170.000     0.000     -6.667      163.333
input 3      58.000      0.000     0.000      58.000
input 4      1230.840    0.000    -25.190     1205.650

```

```

LISTING OF PEERS:
peer  lambda weight
46    0.333
26    0.667

```

```

Results for firm: 37
Technical efficiency = 0.740
Scale efficiency = 0.957 (irs)

```

```

PROJECTION SUMMARY:
variable      original      radial      slack      projected
              value      movement movement movement value
output 1      573000.000  201742.261  0.000      774742.261
input 1       6.630      0.000     -2.625      4.005
input 2      130.000     0.000     0.000      130.000
input 3      95.000      0.000     0.000      95.000

```

|       |   |          |         |       |           |         |
|-------|---|----------|---------|-------|-----------|---------|
| input | 4 | 3473.140 | ok4-out | 0.000 | -2505.980 | 967.160 |
|-------|---|----------|---------|-------|-----------|---------|

LISTING OF PEERS:

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| peer | lambda | weight |
| 46   | 0.472  |        |
| 5    | 0.323  |        |
| 32   | 0.206  |        |

Results for firm: 38  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 577375.000     | 0.000           | 0.000          | 577375.000      |
| input 1  | 5.550          | 0.000           | 0.000          | 5.550           |
| input 2  | 154.000        | 0.000           | 0.000          | 154.000         |
| input 3  | 121.000        | 0.000           | 0.000          | 121.000         |
| input 4  | 58.750         | 0.000           | 0.000          | 58.750          |

LISTING OF PEERS:

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| peer | lambda | weight |
| 38   | 1.000  |        |

Results for firm: 39  
 Technical efficiency = 0.801  
 Scale efficiency = 0.919 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 579903.000     | 144112.086      | 0.000          | 724015.086      |
| input 1  | 6.630          | 0.000           | -3.035         | 3.595           |
| input 2  | 124.000        | 0.000           | 0.000          | 124.000         |
| input 3  | 189.000        | 0.000           | -47.540        | 141.460         |
| input 4  | 673.180        | 0.000           | 0.000          | 673.180         |

LISTING OF PEERS:

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| peer | lambda | weight |
| 38   | 0.221  |        |
| 32   | 0.517  |        |
| 46   | 0.262  |        |

Results for firm: 40  
 Technical efficiency = 0.707  
 Scale efficiency = 0.987 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 582247.000     | 241131.656      | 0.000          | 823378.656      |
| input 1  | 4.680          | 0.000           | -1.189         | 3.491           |
| input 2  | 130.000        | 0.000           | 0.000          | 130.000         |
| input 3  | 129.000        | 0.000           | 0.000          | 129.000         |
| input 4  | 5252.000       | 0.000           | -4277.194      | 974.806         |

LISTING OF PEERS:

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| peer | lambda | weight |
| 5    | 0.104  |        |
| 46   | 0.437  |        |
| 32   | 0.460  |        |

Results for firm: 41  
 Technical efficiency = 0.772  
 Scale efficiency = 0.950 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 658734.000     | 194153.367      | 0.000          | 852887.367      |
| input 1  | 5.460          | 0.000           | -0.380         | 5.080           |

|       |   |         |         |         |         |
|-------|---|---------|---------|---------|---------|
| input | 2 | 175.000 | ok4-out | 0.000   | 175.000 |
| input | 3 | 152.000 | 0.000   | -26.114 | 125.886 |
| input | 4 | 696.010 | 0.000   | 0.000   | 696.010 |

LISTING OF PEERS:

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| peer | lambda | weight |
| 38   | 0.606  |        |
| 46   | 0.342  |        |
| 32   | 0.052  |        |

Results for firm: 42  
 Technical efficiency = 0.546  
 Scale efficiency = 0.969 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 776708.000     | 646779.449      | 0.000          | 1423487.449     |
| input 1  | 5.850          | 0.000           | -0.924         | 4.926           |
| input 2  | 235.000        | 0.000           | 0.000          | 235.000         |
| input 3  | 181.000        | 0.000           | -31.880        | 149.120         |
| input 4  | 4682.610       | 0.000           | -2487.711      | 2194.899        |

LISTING OF PEERS:

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| peer | lambda | weight |
| 46   | 0.921  |        |
| 47   | 0.079  |        |

Results for firm: 43  
 Technical efficiency = 0.814  
 Scale efficiency = 0.995 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 1042188.000    | 238069.191      | 0.000          | 1280257.191     |
| input 1  | 4.290          | 0.000           | 0.000          | 4.290           |
| input 2  | 250.000        | 0.000           | -37.389        | 212.611         |
| input 3  | 153.000        | 0.000           | -31.873        | 121.127         |
| input 4  | 1925.620       | 0.000           | 0.000          | 1925.620        |

LISTING OF PEERS:

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| peer | lambda | weight |
| 24   | 0.064  |        |
| 46   | 0.897  |        |
| 13   | 0.039  |        |

Results for firm: 44  
 Technical efficiency = 0.748  
 Scale efficiency = 0.914 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 1068953.000    | 360155.649      | 0.000          | 1429108.649     |
| input 1  | 5.720          | 0.000           | -0.725         | 4.995           |
| input 2  | 255.000        | 0.000           | -18.593        | 236.407         |
| input 3  | 154.500        | 0.000           | 0.000          | 154.500         |
| input 4  | 5170.600       | 0.000           | -2887.805      | 2282.795        |

LISTING OF PEERS:

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| peer | lambda | weight |
| 47   | 0.101  |        |
| 46   | 0.899  |        |

Results for firm: 45  
 Technical efficiency = 0.974  
 Scale efficiency = 0.971 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|

|                   |   |               |           |         |             |
|-------------------|---|---------------|-----------|---------|-------------|
| output            | 1 | 1336835.000   | ok4-out   | 0.000   | 1372776.583 |
| input             | 1 | 12.870        | 35941.583 | 0.000   | 4.637       |
| input             | 2 | 289.000       | 0.000     | -8.233  | 227.222     |
| input             | 3 | 127.000       | 0.000     | -61.778 | 127.000     |
| input             | 4 | 3375.890      | 0.000     | 0.000   | 1854.288    |
| LISTING OF PEERS: |   |               |           |         |             |
| peer              |   | lambda weight |           |         |             |
| 26                |   | 0.028         |           |         |             |
| 46                |   | 0.972         |           |         |             |

Results for firm: 46  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

|                     |   |             |          |          |             |
|---------------------|---|-------------|----------|----------|-------------|
| PROJECTION SUMMARY: |   |             |          |          |             |
| variable            |   | original    | radial   | slack    | projected   |
|                     |   | value       | movement | movement | value       |
| output              | 1 | 1403508.000 | 0.000    | 0.000    | 1403508.000 |
| input               | 1 | 4.680       | 0.000    | 0.000    | 4.680       |
| input               | 2 | 230.000     | 0.000    | 0.000    | 230.000     |
| input               | 3 | 130.000     | 0.000    | 0.000    | 130.000     |
| input               | 4 | 1882.490    | 0.000    | 0.000    | 1882.490    |

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| LISTING OF PEERS: |               |
| peer              | lambda weight |
| 46                | 1.000         |

Results for firm: 47  
 Technical efficiency = 1.000  
 Scale efficiency = 0.852 (drs)

|                     |   |             |          |          |             |
|---------------------|---|-------------|----------|----------|-------------|
| PROJECTION SUMMARY: |   |             |          |          |             |
| variable            |   | original    | radial   | slack    | projected   |
|                     |   | value       | movement | movement | value       |
| output              | 1 | 1657247.000 | 0.000    | 0.000    | 1657247.000 |
| input               | 1 | 7.800       | 0.000    | 0.000    | 7.800       |
| input               | 2 | 293.500     | 0.000    | 0.000    | 293.500     |
| input               | 3 | 372.830     | 0.000    | 0.000    | 372.830     |
| input               | 4 | 5850.080    | 0.000    | 0.000    | 5850.080    |

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| LISTING OF PEERS: |               |
| peer              | lambda weight |
| 47                | 1.000         |



## **VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramo, G., Cicero, T. and D'Angelo, C., 2011. A field-standardized application of DEA to national-scale research assessment of universities. *Journal of Informetrics*, 5: 618-628.
- Ahmad, M. and Bravo-Ureta, B.E., 1996. Technical efficiency measures for dairy farms using panel data: A comparison of alternative model specifications. *Journal of productivity Analysis*, 7: 399-415.
- Aigner, D. and Chu, F., 1968. On estimating the industry production function. *American Economic Review*, 58: 826-839.
- Aigner, D., Lovell, C. and Schmidt, P., 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6: 462-473.
- Altieri, M., and Toledo, V., 2011. The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *Journal Peasant Studies*, 38:587-612.
- Altieri, M. y Nicholls, C., 2012. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. 21 p.
- Álvarez, A., 1991. Análisis económico de la eficiencia de las explotaciones lecheras en Asturias. Universidad de Oviedo, Oviedo.
- Álvarez, A., 2001. Concepto y medición de la eficiencia productiva. In: Álvarez, A. Ed., La medición de la eficiencia la productividad. Ediciones Pirámide Grupo Anaya, S.A., Madrid. pp. 17-34.
- Álvarez, A., Belknap, J. y Saupe, W., 1988. Eficiencia técnica de explotaciones lecheras. *Revista de estudios Agro-Sociales*, 145: 143-156.

- Álvarez, A., and Arias, C., 2004. Technical efficiency and farm size: a conditional analysis. *Agricultural Economics*, 30: 241-250.
- Álvarez, A., del Corral, J., Solís, D. and Pérez, A., 2008. Does intensification improve the economic efficiency of dairy farms? *Dairy of Dairy Science*, 91: 3693-3698.
- Álvarez, H., Dichio, L., Pece, M., Cangiano, C. y Galli, J., 2006. Producción de leche bovina con distintos niveles de asignación de pastura y suplementación energética. *Ciencia e Investigación Agraria*, 33: 99-107.
- Andersen, A. /APQC, 1995. Report of the Knowledge Imperative Symposium, Houston. American Productivity & Quality Center.
- Anderberg, M., 1973. Cluster Analysis for Applications. Academic Press, New York, United States. 359 p.
- Angón, E., García, A., Perea, J., Acero, A., Toro-Mújica, P. Pacheco, H. y González, A. (En prensa), 2013. *Agrociencia*.
- Anuario Estadístico de La Pampa, 2012. Ministerio de la Producción Gobierno de La Pampa. <http://www.estadisticalapampa.gov.ar/> (15/01/2013)
- Areal, F., Tiffin, R. and Balcombe, K., 2012. Farm technical efficiency under a tradable milk quota system. *Journal of Dairy Science*, 95:50-62.
- Argilés, J., 2007. La información contable en el análisis y predicción de viabilidad de las explotaciones agrícolas. *Revista de Economía Aplicada*, XV: 109-135.
- Arzubi, A., 2003. Análisis de eficiencia sobre explotaciones lecheras de la Argentina. Departamento de Economía Sociología y Política Agraria. Universidad de Córdoba, Córdoba. 255 p.

- Arzubi, A. y Schilder, E., 2006. Una observación de los sistemas de producción de leche realizada desde la eficiencia. XXXVI Reunión Anual Asociación Argentina de Economía Agraria. Buenos Aires, Argentina. 17 p.
- Arzubi, A. y Berbel, J., 2002. Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires. *Investigación Agraria*, 17:103-123.
- Arzubi, A., Schilder, E. and Costas, A., 2003. Análisis de la eficiencia en explotaciones que sobrevivieron a la crisis de la lechería Argentina XXIV. Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Río Cuarto. Argentina.
- Avilez, J. P., 2012. Caracterización de la producción bovina lechera en la IX y X Región (Chile). Desarrollo estratégico de la producción láctea con alto contenido en ácido linoleico conjugado (CLA). Universidad de Córdoba, Córdoba 120 p.
- Balcombe, K., Fraser, I. and Kim, J., 2006. Estimating technical efficiency of Australian dairy farms using alternative frontier methodologies. *Application Economics*, 38: 2221-2236
- Banker, R., Charnes, A. and Cooper, W., 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30: 1078-1092
- Bargo, F., Muller, L. Delahoy, J. and Cassidy, T., 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science*, 85: 1777-1792.
- Barnard, C.S. y Nix, J.S., 1984. Planeamiento y Control Agropecuarios. Ed. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 527 p.
- Barnes, A., Rutherford, K., Langford, F. and Haskell, M., 2011. The effect of lameness prevalence on technical efficiency at the dairy farm level: An

adjusted data envelopment analysis approach. *Journal of Dairy Science*, 94: 5449-5457

Battese, G. and Tessema, G., 1993. Estimation of stochastic frontier production function with time-varying parameters and technical efficiencies using panel-data from Indian Villages. *Agricultural Economics*, 9: 313-333

BCRA, 1981. Banco Central de la República Argentina. Ensayos económicos.

Bejarano, J., 1998. Elementos para un Enfoque de la Competitividad en el Sector Agropecuario. Colección de Documentos IICA. Serie Competitividad N°2 República de Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia.

Berdegú, J. y Escobar, G., 1990. Metodología para la tipificación de sistemas de finca. RIMISP. Santiago de Chile. pp. 13-43.

Bilenca, D. and Miñarro, F., 2004. Identificación de áreas valiosas de pastizal en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil. Fundación vida silvestre. Buenos Aires. Argentina.

Botero, A. y De la Ossa, J., 2010. Estudio de caso: un sistema de producción con enfoque agroecológico, Departamento del Magdalena, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 2: 225-241.

Bradshaw, C., Davis, L., Purvis, M., Zhou, Q. and Benwell, G., 2002. Using artificial neural networks to model the suitability of coastline for breeding by New Zealand fur seals (*Arctocephalus forsteri*). *Ecological Modelling*, 148: 111-131.

Bravo-Ureta, B.E., and Rieger, L., 1990. Alternative production frontier methodologies and dairy farm efficiency. *Journal of Agricultural Economics*, 41: 215-226.

- Bravo-Ureta, B. E., Solís, D. Moreira, V. H. Maripani, J. F., Thiam A. and Rivas, T., 2007. Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 27: 57-72.
- Breustedl, G., Latacz-Lohmann, and Tiedemann, T., 2012. Organic or conventional? Optimal dairy farming technology under the EU milk quota system and organic subsidies. *Food Policy*, 36: 223-229.
- Buckley, F., Horan, B. López-Villalobos, N. and Dillon, P., 2007. Milk production efficiency of varying dairy cow genotypes under grazing conditions. pp 74–83 in Meeting the Challenges for Pasture-Based Dairying. Proc. 3rd Dairy Science. Symp., University of Melbourne, Victoria, Australia
- Cabrera, V., Solís, D. and del Corral, J., 2010. Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin. *Journal of dairy Science*, 93:387-393
- Carreño, L., Frank, F. and Viglizzo, E., 2012. Tradeoffs between economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154:68-77
- Castel, J. M., Mena Y., Delgado-Pertíñez, M., Camúñez, J., Basalto, J., Caravaca F., Guzmán-Guerrero, J. L. and Alcalde, M. J. 2003. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research*, 47:133-143.
- Castignani, H., Castignani, M. I., Gastaldi, L., Osan, O. A., Cursack, M. and Zehnder, R., 2005. Competitividad relativa en empresas predominantemente lecheras de la Cuenca Central Santa Fe-Córdoba. XXXVI. Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Mar del Plata. Argentina.
- Castignani, H., R. Zehnder, E. Gambuzzi y J. Chimicz, J., 2005. Caracterización de los sistemas de producción lechero argentinos, y de sus principales

- cuencas. XXXVI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Mar del Plata, Argentina. pp 1-14.
- Castignani, H., Engler, P., Cuatrín, A., Suero, M. y Litwin, G., 2007. Tambos referenciales para el análisis de los sistemas lecheros en las cuencas de la región centro. XXXVIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Mendoza, Argentina. 70 p.
- Castignani, M.I., Cursack, A. M., Rossler, N., Castignani, H., Osan, O. y Maina M., 2008. Tecnología y escala: un análisis de umbrales de rentabilidad en empresas predominantemente lecheras de la cuenca central santafesina. XXXIX Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Montevideo, Uruguay. 16 p.
- Castillo-Quero, M., 2007. Eficiencia técnica de la producción de vacuno carne en la dehesa. *Revista española de estudios Agrosociales y Pesqueros*, 212: 139-154.
- Chang, H. and Mishra, A., 2011. Does the milk income loss contract program improve technical efficiency of US dairy farms? *Journal of Dairy Science*, 94: 2945-2951.
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E., 1978. Measuring the efficiency of decision market unit. *European Journal Operational Research*, 2: 429-444.
- Chiang, F., Sun, C. and Yu, J., 2004. Technical efficiency analysis of milkfish Chanos chanos production in Taiwan - an application of the stochastic frontier production function. *Aquaculture*, 230: 99-116.
- Cobb, C., Douglas, P., 1928. A theory of production. *American Economic Review* 18 Supplement: 139-165.
- Coelli, T., Prasada, D., O'Donnell, C. and Battese, G., 2005. An introduction to efficiency and productivity analysis. Springer, Printed in the United States of America. 350 p.

Council of the European Union, 2006. Council Regulation (EC) N° 1974/2006 de 15 de diciembre de 2006 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) N° 1698/2005 del Consejo relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). *Diario Oficial de la Unión Europea*, 368: 15-73.

Council of the European Union, 2007. Council Regulation (EC) N° 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labeling of organic products and repealing Regulation (EEC) N° 2092/91. *Official Journal European Union*, 189:1-23.

Council of the European Union, 2012. Commission implementing Regulation (EU) N° 385/2012 of 30 April 2012 on the farm return to be used for determining the incomes of agricultural. *Official Journal of the European Union*, 127: 1-55.

Cursack, A. M., Travadelo, M., Osan, O., Castignani M. I. y Suero, M., 2001. La competitividad de las actividades microeconómicas de las actividades agropecuarias en la Cuenca Central Santafesina: un análisis microeconómico. *FAVE* Vol. 15, N° 2. pp. 29-45.

Dirección General de Catastro, 2009. Gobierno de la Provincia de La Pampa. Argentina. <http://www.catastro.lapampa.gov.ar/> (20/4/2012)

D'Haese, M., Speelmen, S., Alary, V., Tillard, E. and D'Haese, L., 2009. Efficiency in milk production on Reunion Island: Dealing with land scarcity. *Journal of Dairy Science*, 92: 3676-3683.

DEAP V2.1. A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. CEPA. Brisbane, Australia.

DEA-Solver Professional version 9.0. Saitech. New Jersey, United States

- Diniz-Gil, E., 2001. Análisis multicriterio de la eficiencia económica de las explotaciones agroganaderas de las Azores (Portugal). Universidad de Córdoba, Córdoba. 295 p.
- Dios-Palomares, R. and Martínez-Paz, J., 2011. Technical, quality and environmental efficiency of the olive oil industry. *Food Policy*, 36: 526-534.
- Durán, G. y García, M., 2000. Caracterización de la producción lechera de 30 fincas en Valle de Aroa, Estado Yaracuy. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” Decanato de Ciencias Veterinarias. Departamento de Producción Animal e Industria Animal. Barquisimeto. Venezuela. 12 p.
- Fall, N., Forslund, K. and Emanuelson, U., 2008. Reproductive performance, general health, and longevity of dairy cows at a Swedish research farm with both organic and conventional production. *Livestock Science*, 118: 11-19
- Färe, R. and Lovell, C., 1978. Measuring the technical efficiency of production. *Journal of Economic Theory*, 19: 150-162.
- Färe, R., Grosskopf, S. and Lovell, C., 1985. The measurement of efficiency of productivity. Boston-Dordrecht-Lancaster: Kluwer-Nijhoff Publishing.
- Färe, R., Grosskopf, S., and Lovell, C., 1994. Production Frontiers. Cambridge University Press, Cambridge.
- Farrell, M. J., 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. 120: 253-281.
- Flaten, O. and Lien, G., 2009. Organic dairy farming in Norway under the 100% organically produced feed requirement. *Livestock Science*. 126: 28-37.
- Fousekis, P., Spathis, P. and Tsimboukas, K., 2001. Assessing the efficiency of sheep farming in mountainous areas of Greece. A non parametric approach. *Agricultural Economics Review*, 2: 5-15.

- Freeman, J., and Skapura, D., 1991. Neural networks: algorithms, applications and programming techniques.
- Frontier Analysis. Efficiency Analysis Software. Banxia Software Ltd, Glasgow, Scotland.
- Funes-Monzote, F., Bello, R., Alvarez, A., Hernández, A., Lantinga, E. and Van Keulen, H., 2012. Identifying agroecological mixed farming strategies for local conditions in San Antonio de Los Baños, Cuba. *Int. Journal of Sustainable Agriculture*, 10: 208-229.
- Galanopoulos, K., Aggelopoulos, S., Kamenidou, I. and Mattas, K., 2006. Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming. *Agricultural Systems*, 88:125-141.
- Galanopoulos, K., Abas, Z., Laga, V., Hatziminaoglou, I. and Boyazoglu, J., 2011. The technical efficiency of transhumance sheep and goat farms and the effect of UE subsidies: Do small farms benefit more than large farms? *Small Ruminant Research*, 100: 1-7.
- Gamarra, J., 2004. Eficiencia técnica relativa de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe, *In: Documentos de trabajo sobre economía regional*. Banco de la República. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER), N° 53. Cartagena, Colombia.
- Gambuzzi, E., Zehnder, R. and Chimicz, J., 2003. Análisis de sistemas de producción lechera. Resultados encuesta 2001-2002. INTA Rafaela. Buenos Aires. Argentina. pp. 1-63
- García, A., Rodríguez, J., Acero, R y Peinado, J., 1995. Análisis del punto de equilibrio de las explotaciones de vacuno de aptitud lechera de la campiña baja cordobesa. *Archivos de Zootecnia*, 44: 31-38.
- García, A. Ceular, N., Caridad, J., Acero, R., Perea, J. y Martín, M., 2007. Determinación de funciones de producción y análisis de eficiencia de la invernada argentina. *Archivos de Zootecnia*, 56: 23-32.

- García, A., Perea, J., Acero, R., Peña, F., Rodríguez, V. y Gómez, A.G., 2009. Structural characterization of extensive farms in an Andalusian Mediterranean Silvopastoral system (Dehesa). *Archivos de Zootecnia*, 59: 577-588.
- García A. y Pacheco. H., 2011. Gestión económica de la ganadería de doble propósito. Toma de decisiones. *In: Innovación & Tecnología en la Ganadería Doble Propósito*. 2011. C. González-Stagnaro, N. Madrid-Bury, E. Soto Beloso (eds). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Cap. V: 48 - 60.
- Gaspar, P., 2007. Evaluación técnico-económica y caracterización de sistemas ganaderos extensivos en dehesas de Extremadura. Universidad de Extremadura, Badajoz. 327 p.
- Gaspar, P., Mesías, F., Escribano M. and Pulido, F., 2009. Assessing the technical efficiency of extensive livestock farming systems in Extremadura, Spain. *Livestock Science*, 121: 7–14.
- Gibon, A, Sibbald A., Flamant J., Lhoste, P., Revilla, R., Rubino, R. and Sorensen, J., 1999. Livestock farming systems in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science*, 61:121–137.
- Giorgis, A., 1994. Plan de desarrollo del este de La provincia de La Pampa. Ministerio de La Producción de La Pampa y Consejo Federal de Inversiones.
- Giorgis, A., 2009. Factores que afectan la competitividad de las empresas agropecuarias de la zona norte de la Provincia de la Pampa (Argentina). Universidad de Córdoba, Córdoba. 230 p.
- Giorgis, A., Perea, J., García, A., Gómez-Castro G., Angón, E. y Larrea, A., 2011. Caracterización técnico-económica y tipología de las explotaciones lecheras de la Pampa Argentina. *Revista Científica*, 21: 340-352.

- Gitman, L., 1997. Fundamentos de la administración financiera. 7ª ed. Harla, México. pp. 56-65
- González, E., Arias, C., Álvarez, A., 1996. Análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras. *Investigación agraria. Economía*, 1: 173-190.
- Greene, W., 1980. On the estimation of a flexible frontier production model. *Journal of Econometrics*, 13: 101-115.
- Groot, J., Oomen, G. and Rossing, W., 2012. Multi-objective optimization and design of farming systems. *Agricultural Systems*. 110: 63-77
- Gutiérrez-Estrada J., Costa, M. and Vasconcellos, R., 2008. Estimating fish community diversity from environmental features in the Tagus estuary (Portugal): Multiple Linear Regression and Artificial Neural Network approaches. *Journal of Applied Ichthyology*, 24: 150-162
- Haugenauer, L., 1989. Competitividade, conceitos e medidas. Una resenha da bibliografia recente com ênfase no caso brasileiro. IEI/UFRJ, TPD N°208, Rio de Janeiro
- Hansson, H., 2007. Strategy factors as drivers and restraints on dairy farm performance: evidence from Sweden. *Agricultural Systems*, 94: 726-737.
- Hansson, H. and Öhlmer B., 2008. The effect of operational managerial practices on economic, technical and allocative efficiency at Swedish dairy farms. *Livestock Science*, 118: 34-43.
- Häring, A., 2003. Organic dairy farms in the EU: Production systems, economics and future development. *Livestock Production Science*, 80: 89-97.
- IICA, 1998. Caracterización de cadenas agroalimentarias para evaluar investigación en el Cono Sur. Proyecto de fortalecimiento y aplicaciones para priorizar investigación agropecuaria en América Latina. IICA. Banco Interamericano de Desarrollo, Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), Programa Cooperativo para el

Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (PROCISUR). San José, Costa Rica

Iinuma, M., Sharma, K.R., Leung, P., 1999. Technical efficiency of carp pond culture in peninsula Malaysia: an application of stochastic production frontier and technical inefficiency model. *Aquaculture*, 175: 199-213.

Iráizoz, B., Rapún, M. and Zabaleta, I., 2003. Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain. *Agricultural System*, 78: 387-403.

Iribarren, D., Hospido, A., Moreira, M. and Feijoo, G., 2011. *Benchmarking* environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms. *Science Total Environment*, 409: 1786-1798.

Iturrioz, G., 2008. Factores críticos que afectan el posicionamiento competitivo de las principales cadenas agroalimentarias de la provincia de La Pampa. Tesis magíster en Agroeconomía. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Mar del Plata.

Jiménez, E. y Aldás, J., 2005. Análisis multivariante aplicado. Editorial Thompson, Madrid.

Jonnes, P. and Teece, D., 1998. The research agenda on competitiveness. A program of research for the Nation's business schools. In: Furino, A. (Ed), *Cooperation and competition in the global economy. Issues and strategies.*

Juarez H. y García, V., 2000. Indicadores de competitividad en un contexto de apertura e integración. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Kominakis, A., Abas, Z., Maltaris, I., Rogdakis, E., 2002. A preliminary study of the application of artificial neural networks to prediction of milk yield in dairy sheep. *Computers and Electronics in Agriculture*, 35: 35-48.

Kopp, R.J., 1981. The measurement of productive efficiency: A reconsideration. *The quarterly journal of economics*, 96: 477-503.

- Kumbhakar, S., Tsionas, E., 2008. Estimation of input-oriented technical efficiency using a nonhomogeneous stochastic production frontier model. *Agricultural Economics*, 38: 99-108.
- Lagger, J., Balestri, L., Larrea, A., Saravia, C., Ferrán, A., Mata, H., Colángelo, R., Giorgis, A., Pechín, G. y Castaldo, A., 2001. Factibilidad económica y presupuestación financiera para la actividad tampera en el norte de La Pampa. Facultad de Ciencias Veterinarias. UNLPam. General Pico, Argentina.
- Lansink, A. and Reinhard, S., 2004. Investigating technical efficiency and potential technological change in Dutch pig farming. *Agricultural Systems*, 79: 353–367.
- Latruffe, L., Balcombe, K., Davidora, S. and Zawalinska, K., 2005. Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Polan: does specialization matter? *Agricultural Economics*, 32: 281-296.
- Liu, J., Lu, L., Lu, W. and Lin, B., 2013. A survey of DEA applications. *Omega*, 41: 893-902.
- Lobos, G., Soto, R., Zenteno, N. y Prizant, A., 2001. Análisis de eficiencia y rentabilidad económica en dos lecherías de la región del Maule, Chile. *Agricultura Técnica*, Vol. 61, N° 3, pp. 367-378.
- López-Alonso, M., García-Vaquero, M., Benedito, J., Castillo, C. and Miranda, M., 2012 Trace mineral status and toxic metal accumulation in extensive and intensive pigs in NW Spain. *Livestock Science*, 146: 47-53.
- MAGyP, 2012. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Subsecretaría de Lechería.  
[http://64.76.123.202/site/\\_subsecretaria\\_de\\_lecheria/lecheria/07\\_Estad%C3%ADsticas/index.php](http://64.76.123.202/site/_subsecretaria_de_lecheria/lecheria/07_Estad%C3%ADsticas/index.php) (13/01/2013)

- Malhotra, N., 2004. Investigación de Mercados. Pearson Educación, México, 816 p.
- Marschark, J. and Andrews, W., 1944. Random simultaneous equations and the theory of production. *Econometrica*, 12: 143-205.
- Mata, H., 2011. Caracterización y viabilidad de la producción ecológica en el noroeste de España. Universidad de Córdoba. España. 127 p.
- Meensel, J., Lauwers, L. and Huylbroeck, G., 2010. Communicative diagnosis of cost saving options for reducing nitrogen emission from pig finishing. *Journal of Environmental Management*, 91: 2370–2377.
- Meeusen, W., Van den Broeck, J., 1977. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error. *International Economic Review*, 18: 435-444.
- Melfou, K., Theocharopoulos, A. and Papanagiotou, E., 2009. Assessing productivity change with SFA in the sheep sector of Greece. *Operational Research*, 9: 281–292.
- Milán, M., Arnalte, E. and Caja, G., 2003. Economic profitability and typology of Ripollesa breed sheep farms in Spain. *Small Ruminant Research*, 49: 97–105.
- Milán, M., Caja, G., González-González, R., Fernández-Pérez, A. and Such, X., 2011. Structure and performance of Awassi and Assaf dairy sheep farms in northwestern Spain. *Journal of Dairy Science*, 94: 771-784.
- Mousavi-Avval, S., Mohammadi, S., Rafiee, S. and Tabatabaeefar, A., 2012. Assessing the technical efficiency of energy use in the different barberry production systems. *Journal of Cleaner Production*, 27: 126-132.
- Murillo-Zamorano, L., 2004. Economic efficiency and frontier techniques. *Journal of Economic Surveys*, 18, 33-77.

- Moreira, V. H., López, B.E., Bravo-Ureta, A. Arzubi A. and Schilder, E., 2006. Multi-output Technical Efficiency for Argentinean Dairy Farms Using Stochastic Production and Stochastic Distance Frontiers with Unbalanced Panel Data. X Conference of Agricultural Economists, University of La Frontera, Temuco, Chile., pp. 97-106.
- Osan-Bastides, O., 2003. Tipología de las empresas lecheras pampeanas de Argentina. Tesis doctoral para el grado de magíster en Economía Agraria Santiago de Chile, Chile.
- Ostrowsky B. y Deblitz C., 2001. La competitividad en la producción lechera de los países Chile, Argentina, Uruguay y Brasil. Livestock Policy Discussion, Paper N°4, FAO
- Oudshoorn, F., Sorensen, C. and de Boer. I., 2011. Economic and environmental evaluation of three goal-vision based scenarios for organic dairy farming in Denmark. *Agricultural Systems*, 104:315-325.
- Pamio, J., 2011. Fundamentos de la producción ganadera. Ed. Orientación. Buenos Aires. 321 p.
- Pardo, L., 2001. Medidas de eficiencia en la producción de leche: caso de la provincia de Córdoba. Universidad de Córdoba, Córdoba. 320 p.
- Pech, V., Santos F., y Montes, R., 2002. Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 40: 187-192.
- Peña, M., 2012. Análisis de la gestión empresarial en bovinos doble propósito y su relación con la eficiencia técnica. Caso Municipios Catatumbo y Colón, Estado Zulia. Universidad de Córdoba. Córdoba. 279 p.
- Perea, J., Giorgis, A., García, A., Larrea, A., Gómez-Castro, G. and Mata, H., 2011. Estructura de las explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina). *Revista Científica*, 3: 245-255.

- Pérez, C., 2003. Técnicas estadísticas con SPSS. Editorial Pearson Educación, S.A. Madrid, España. pp. 274-308.
- Pérez, J., Gil, J. and Sierra, I., 2007. Technical efficiency of meat sheep production systems in Spain. *Small Ruminant Research*, 69: 237-241.
- Picazo-Tadeo, A. Beltrán-Esteve, M. Gómez-Limón, J., 2012. Assessing eco-efficiency with directional distance functions Original Research Article *European Journal of Operational Research*, 220: 798-809.
- Piñeiro, M., Jaffé, W. and Muller, G., 1993. Innovation, competitiveness and agroindustrial development. Paris: OECD Development Center.
- Poggio, S., Chaneton, E. and Ghera, C., 2013. The arable plant diversity of intensively managed farmland: Effects of field position and crop type at local and landscape scales. *Agricultural Ecosystems & Environment*, 166: 54-64.
- Porter, M., 1982. Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de los Sectores Industriales y de la competencia. 7ª ed. 1978. pp. 12-144
- Pulido, A, y Pérez, J., 2001. Modelos econométricos: Guía para la elaboración de modelos econométricos con EViews. Ed. Pirámide, Madrid. 816 p.
- Pulido, R. y Leaver, J. D., 2000. Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 1003–1009.
- Rojas, P. y Sepulveda, S., 1999. ¿Qué es la competitividad? IICA. Cuadernos técnicos. San José, Costa Rica
- Rojas, P., Romero, S. y Sepulveda, S., 2000. ¿Cómo medir la competitividad? IICA. Cuadernos técnicos. San José, Costa Rica.
- Rouse, P., Chen L. and Harrison, J. A., 2007. Benchmarking the performance of dairy farms using Data Envelopment analysis. The University of

Auckland, New Zeland. <http://www.pma.otago.ac.nz/pma-cd/papers/1052.pdf>

Ruiz, D. E., Pardo, L., García, A., Rodriguez, J. J., Pamio, J. O., Peña, F. and Domenech, V., 1999. Technical and allocative efficiency analysis for cattle fattening on Argentina Pampas. *Agricultural Systems*, 65: 179-199.

Ruiz, F.A., Castel, J. M., MENA, Y., Camúñez J. and González-Redondo, P., 2008. Application of the technico-economic analysis for characterizing, making diagnoses and improving pastoral dairy goat systems in Andalusia (Spain). *Small Ruminant Research*, 77: 208–220.

Russell, R., 1985. Measures of technical efficiency. *Journal of Economic Theory*, 35: 109-126.

SAGPyA, 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Buenos Aires, Argentina.

Santín, D., 2003. Eficiencia técnica y redes neuronales: un modelo para el cálculo del valor añadido en educación. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 235 p.

Sato, K., Bartlett, P. C. Erskine, R. J. and Kaneene, J. B., 2005. A comparison of production and management between Wisconsin organic and conventional dairy herds. *Livestock Production Science*, 93: 105-115.

Sauer, J. and Park, T., 2009. Organic farming in Scandinavia- Productivity and market exit. *Ecological Economics*, 68: 2243–2254.

Schmidt, P., 1976. On the statistical estimation of parametric frontier production functions. *Review of Economics and Statistics*, 58: 238-239.

Schneider, G. y Comerón, E., 2002. Impacto de la devaluación en el tambo según se eficiencia Económica-Productiva. Informe EEA INTA Rafaela.

- Schuschny, A., 2007. Método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe. CEPAL Serie estudios estadísticos y prospectivos, 46, 53 p.
- SENASA, 2011. Estadísticas recepción de leche. Dirección Nacional de Sanidad Animal.
- Servicio Meteorológico Nacional, 2007. Valores medios de temperatura y precipitación. Argentina. <http://www.smn.gov.ar/>
- Sharma, R., Leunga, P. and Zaleskib, H., 1999. Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: a comparison of parametric and nonparametric approaches. *Agricultural Economics*, 20: 23–35.
- Shomo, F., M. Ahmed, K. Shideed, A. Aw-Hassan, and O. Erkan. 2010. Sources of technical efficiency of sheep production systems in dry areas in Syria. *Small Ruminant Res.* 91:160-169
- Shortall, O. K. and Barnes A. P., 2013. Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers. *Ecological Indicators*, 29: 478-488.
- SPSS. 2005. Guía breve de SPSS 14.0. SPSS inc. Chicago. 247 p.
- Stokes, J., Tozer, P. and Hyde, J., 2007. Identifying efficient dairy producers using data envelopment analysis. *Journal of Dairy Science*. 90: 2555-2562.
- Tauer, L. W., 2001. Efficiency and competitiveness of the small New York Dairy Farm. *Journal of Dairy Science*, 84: 2573-2576.
- Theodoridis, A., Ragkos, A., Roustemis, D., Galanopoulos, K., Abas, Z. and Sinapis, E., 2012. Assessing technical efficiency of Chios sheep farms with data envelopment analysis. *Small Ruminant Research*, 107: 85-91.
- Timmer, C., 1971. Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency. *The Journal of Political Economy*, 79: 776-794.

- Tingley, D., Pascoe, S. and Coglán, L., 2005. Factors affecting technical efficiency in fisheries: stochastic production frontier versus data envelopment analysis approaches. *Fisheries Research*, 73: 363-376.
- Toro-Mujica, P., García, A., Gómez-Castro, G., Acero, R. Perea, J. Rodríguez-Estévez, V. Aguilar, C. and Vera, R., 2011. Technical efficiency and viability of organic farming dairy sheep in a traditional area for sheep production in Spain. *Small Ruminant Research*, 100: 89-95.
- Torres, M., Hervás, C. and Amador, F., 2005. Approximating the sheep milk production curve through the use of artificial neural networks and genetic algorithms. *Computer & Operational Research*, 32: 2653-2670.
- Urdaneta, F., Peña, M. González, B., Casanova, A., Cañas, J. y Dios-Palomares, R., 2010. Eficiencia técnica en fincas ganaderas de doble propósito en la cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela. *Revista científica*, 6: 649-658.
- Usai, M. G., Casu, S., Molle, G., Decandia, M., Ligios, S. and Carta, A., 2006. Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia. *Livestock Science*, 104: 63-76
- Vaarst, M., Nissen, T., Østergaard, S., Klaas, I., Bennedsgaard, T. and Christensen, J., 2006. Danish stable schools for experiential common learning in groups of organic dairy farmers. *Journal of Dairy Science*, 90: 2543–2554.
- Valerio, D., Soto, Y. Matos, F., Perea, J., Acero, R. y García, A., 2006. Estudio técnico-económico de dos leguminosas forrajeras tropicales en la alimentación del vacuno lechero en la región no de la república dominicana. *Archivos de Zootecnia*, 55: 262–272.
- Valerio, D., García, A., Perea, J., Acero, R. y Gómez, G., 2009. Caracterización social y comercial de los sistemas ovinos y caprinos de la región noroeste de República Dominicana. *Interciencia*, 34: 637-644.

- Valle, P. S., Lien, G., Flaten, O., Koesling, M. and Ebbesvik. M., 2007. Herd health and health management in organic versus conventional dairy herds in Norway. *Livestock Science*, 112: 123-132
- Van't Hooft, K., Wollen, T. and Bhandari, D., 2012. Sustainable Livestock Management For Poverty Alleviation and Food Security. Ed HB. 232 p.
- Van Passel, S., Van Huylenbroeck, G., Lauwers, L., Mathijs, E., 2009. Sustainable value assessment of farms using frontier efficiency benchmarks. *Journal of Environmental Management* 90: 3057-3069.
- Viglizzo, E. 2001. La trampa de Malthus. Agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI. Buenos Aires: Eudeba.
- Viglizzo, E. and F. Frank. 2006. Ecological interactions, feedbacks, thresholds and collapses in the Argentine Pampas in response to climate and farming during the last century. *Quaternary International*. 158:122-126.
- Viglizzo, E., Ricard, F., Jobbágy, E., Frank, F. and Carreño, L., 2011. Assessing the cross-scale impact of 50 years of agricultural transformation in Argentina. *Field Crops Research Journal*, 124: 186-194.
- Yamamoto, W., I. Dewi, M. Ibrahim, M., 2007. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems*, 94: 368-375.
- Zairi, M. 2012. Benchmarking for best practice: continuous learning through sustainable innovation. Ed. BH.
- Zeddies, J., 1991. Viability of farms: study. Commission of European Communities, Luxembourg. 57 p.
- Zehnder, R. y Gambuzzi, E., 2002. Informe de situación del sector primario de la lechería Argentina y sus principales cuencas de producción. Ed. INTA Rafaela, Mimeo (Argentina). pp: 2-10.

Zehnder, R., Castignani, H. y Orosco, D., 2002. Informe de la situación técnica y económica de las explotaciones tamberas de la cuenca central Santa Fe–Córdoba. Ejercicio 2.002-2.003. Anuario 2.004. EEA INTA Rafaela. Argentina.

Zhang, B., Bi, J., Fan, Z., Yuan, Z. and Ge, J., 2008. Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach. *Ecological Economics*, 68: 309-316.

Zieschang, K., 1984. An extended Farrell technical efficiency measure. *Journal of Economic Theory*, 33: 387-396

