

ANÁLISIS DE LAS EFICIENCIAS TÉCNICAS Y DE ESCALA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DE MISIONES

TECHNICAL EFFICIENCIES AND SCALE ANALYSIS OF SILVOPASTURE SYSTEMS IN MISIONES

Fecha de Recepción: 18/02/2018 // Fecha de Aceptación: 29/11/2019

José María De Luca

Doctor en Administración, Presidente de la Fundación Misionera de Ciencia y tecnología, ex profesor titular de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNAM Club de Campo La Eugenia – Ruta 105 – Km 5 – 3304 Garupa , Misiones deluca@fce.unam.edu.ar

Anabella De Luca

Maestrando del Programa de Administración Estratégica de Negocios de la UNAM Facultad de Ciencias Económicas – Campus Universitario – 3304 Miguel Lanús – Posadas – Misiones anydeluca86@gmail.com

RESUMEN

Se han estudiado eficiencias en fincas en relación a sus variables explicativas y para ello se han utilizado datos de un estudio de productores que han implantado el Sistema Silvo Pastoril, conjuntamente con el convencional de potreros a cielo abierto en Misiones. Mientras que en aquel estudio se han evaluado las eficiencias de escala y técnicas aplicando Análisis de Envoltura de Datos, en esta investigación el modelo elaborado demuestra su importancia ya que incorpora como variables explicativas no controlable por el productor a la especie arbórea implantada. Además permite agregar existencia de piedras y pendiente del suelo, datos disponibles en la muestra. La diferencia de resultados logrados en la medición de la eficiencia técnica son significativos, y por lo tanto la hipótesis nula de igualdad de eficiencia técnica a lograr usando variables de entrada separadas (controlables por el productor y no controlables por éste) y no separadas es rechazada. La especie forestal implantada en la finca ha sido modelada en término de su peso en la eficiencia aplicando el Proceso Jerárquico Analítico. Son significativos los aumentos logrados en los ingresos por venta de carne y madera, al eliminar ineficiencias técnica y de escala en la finca.

Palabras Clave: Sistema Silvopastoril, Optimización, Variables separadas, Multicriterio

SUMMARY

Efficiencies in farms have been studied in relation to their explanatory variables and for this, data from a study of producers who have implemented the Silvo Pastoril System, together with the conventional open-land paddocks in Misiones, have been used. While in that study the efficiencies of scale and techniques have been evaluated by applying Data Envelopment Analysis, in this investigation the elaborated model demonstrates its importance since it incorporates the implanted tree species as explanatory variables not controllable by the producer. It also allows adding the existence of stones and soil slope, data available in the sample. The difference in results achieved in the measurement of technical efficiency are significant, and therefore the null hypothesis of equality of technical efficiency to be achieved using separate input variables (controllable by the producer and not controllable by it) and not separated is rejected. The forest species implanted in the farm has been modeled in terms of its weight in efficiency applying the Analytical Hierarchical Process. The increases achieved in the income from the sale of meat and wood are significant, by eliminating technical and scale inefficiencies on the farm.

Key Words: Silvopasture System, optimization , Separated Variables, Multicriteria

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agro forestales en Misiones

Como lo explican (FREY *et al.*, 2012), los sistemas agro forestales combinan los cultivos anuales, a veces conjuntamente con la cría de ganado y cobertura arbórea. Una forma especial de ellos son los Sistemas Silvo Pastoriles (SSP), que son la combinación de cría de ganado, cultivos realizados o aprovisionamiento de forraje y cobertura arbórea en la misma parcela.

Como lo indican (COLCOMBET *et al.*, 2010), extensionistas e investigadores académicos, han planteado recomendaciones a las instituciones gubernamentales y empresarias basadas en experiencias de campo sobre las ventajas de los resultados productivos del SSP frente al manejo convencional.

A pesar de que los sistemas silvopastoriles son importantes en todas las zonas agroeconómicas homogéneas (ZAH) de Misiones (GÜNTHER *et al.*, 2008), la investigación descrita en este artículo se ha limitado a solo dos de ellas, las regiones Noroeste y Centroeste.

El Sistema Silvopastoril tiene una participación del 25 % en el total de las fincas agropecuarias y es un complemento de la actividad forestal en las pequeñas y medianas chacras (GÜNTHER *et al.*, 2008).

El Censo Nacional Agropecuario del 2002 ha arrojado aproximadamente 350.000 cabezas de ganado vacuno en las zonas mencionadas, manejados por 18.500 establecimientos ganaderos y representaba alrededor del 1% del total nacional.

Existían 300.000 ha en producción agrícola, la mayoría de ellas eran de economía mixta, siendo la actividad ganadera complementaria a la de otras como cultivos industriales, bosques implantados y nativos (GÜNTHER *et al.*, 2008).

Las cuencas ganaderas de 25 de Mayo, San Pedro, Ruiz de Montoya, Puerto Rico, Montecarlo y Andresito reunían más del 70 % del total del rodeo ganadero provincial y estaban en manos de aproximadamente 12.000 productores. En estas cuencas los rodeos eran de ciclo completo, con existencias de 50 a 500 cabezas por establecimiento (GÜNTHER *et al.*, 2008).

El 15 % del total de los productores concentraba el 70% del total del rodeo con 175.000 cabezas, y el 85 % de los restantes productores manejaban 75.000 cabezas, en una franja de pequeños ganaderos con rebaños, de menos de 15 cabezas (GÜNTHER *et al.*, 2008).

(FASSOLA *et al.*, 2010) han analizado las características socio económicas y ambientales de los sistemas silvopastoriles en Misiones y NE de Corrientes y han observado el nacimiento de una nueva generación de productores agro forestales.

Han sido identificados una serie de valiosos recursos que abrirían un incipiente escenario de agro negocios en el NEA, apuntado a incursionar en actividades complementarias y conexas, apoyados en un enfoque de negocios integrados (FASSOLA *et al.*, 2010).

No menos importantes en la consolidación de los nuevos negocios, han sido la continua reducción de costos por aumento de la productividad, la mejor calidad lograda

del ganado de los rodeos, el nacimiento de una demanda de carne diversificada y nuevas estrategias de marketing (FASSOLA *et al.*, 2010).

Se ha analizado la sustentabilidad económica, social y ambiental de las actividades agrícolas y forestales de la región del NEA y se ha demostrado la primacía del sistema silvopastoril frente a la ganadería de cielo abierto, la actividad forestal tradicional y los cultivos anuales (FASSOLA *et al.*, 2010).

Los resultados económico financieros esperados por un productor que se inicie en este sistema han sido medidos bajo diferentes técnicas (COLCOMBET *et al.*, 2010).

La importancia de la genética animal adaptada a la región, de la capacidad gerencial del productor, y de orientar el sistema silvopastoril al engorde fueron las conclusiones principales logradas de los factores de éxito extraídos de las entrevistas (COLCOMBET *et al.*, 2010).

Es conveniente implantar la estrategia del sistema silvopastoril, ya que permite mayor rentabilidad que la forestal pura y que la ganadera convencional (FREY *et al.*, 2008).

La medición de eficiencias en Economía de la Producción

Los avances de Economía en Producción en sectores industriales a mediados del siglo pasado fueron orientados a la obtención de funciones matemáticas que vinculen las producciones logradas y los recursos involucrados (COELLI *et al.*, 1998).

La medición de la productividad ha sido para los economistas una de las metas en el estudio de las eficiencias en una empresa, que es calculada por el cociente entre la producción lograda y el recurso utilizado (AFRIAT, 1972), y si se introducen valores económicos en el cálculo, se obtienen las eficiencias asignativas, (SEIFORD, 1996).

Mediante el cálculo previo de las eficiencias técnicas y asignativas se logra determinar la eficiencia global de la unidad económica (COELLI *et al.*, 1998).

La eficiencia total de la Función de Producción puede ser descompuesta en dos medidas independientes: eficiencia técnica pura y eficiencia de escala (COELLI *et al.*, 1998).

El valor de la eficiencia de escala puede ser conocida realizando el cociente entre la medida de la eficiencia lograda a través del modelo a rendimiento de escala constante (CCR-I) y la del modelo a rendimiento a escala variable (BCC-I) (COELLI *et al.*, 1998).

La Función de Producción que mejor representa el comportamiento de las variables en economía forestal de mano de obra intensiva es el de rendimiento de economía de escala constante, ya que a un aumento proporcional de todas las variables de entrada se obtiene un aumento en la misma proporción de las variables de salida (COELLI *et al.*, 1998)

La importancia del análisis de envolvente de datos en medición de eficiencias

El Análisis de Envolvente de Datos, cuyo acrónimo en inglés es DEA, es una técnica creada por Charnes, Cooper y Rhodes (CHARNES et al. 1984), que permite estimar con un método no paramétrico, la frontera de producción de un sector económico y evaluar las eficiencias relativas de las unidades económicas integrantes del sector.

DEA permite combinar los recursos de entrada y las producciones de salida utilizando variables de pesos y que mediante la técnica de programación lineal deben ser optimizadas (CHARNES et al., 1984).

Las variables categóricas medidas con el proceso jerárquico analítico

SAATY (1997) ha creado el método multi criterio denominado Proceso Jerárquico Analítico cuyo acrónimo en inglés es AHP y en español es PJA para resolver la toma de decisiones ante múltiples alternativas, criterios y expertos, quienes generalmente emiten juicios enfrentados, a veces en escalas categóricas.

La ventaja de asignar valores a cada atributo o criterio, logrado a través de comparaciones de a pares es una ventaja del PJA, que permite convertir juicios en escala categórica en una escala numérica (SAATY, 1997).

AZNAR BELLVER y CABALLER MELLADO (2005) han utilizado el PJA, para la valoración agraria de fincas de baja tecnología en España, con igual fin se ha aplicado esta técnica a las especies forestales analizadas en este estudio.

Avances en los modelos de análisis de envolvente de datos

BANKER y MOREY (1986) han desarrollado modelos DEA donde se puede estimar el progreso en la eficiencia técnica por reducción en el consumo de los recursos, sin disminución de las producciones de salida, y ello posibilita conocer el ahorro de recursos factible a lograr por aumento de eficiencia.

Las eficiencias sectoriales por ahorro de recursos han sido medidas en modelos donde previamente se han clasificado los recursos de entradas en controlables por la empresa y fijos (BANKER y MOREY, 1986).

(BANKER y MOREY, 1987) recomiendan construir tres tipos de modelos DEA avanzados por separación de las variables de los recursos aplicados, y ellos son:

- Modelo de eficiencia técnica pura,
- Modelo de eficiencia de escala
- Modelo de eficiencia técnica pura y de escala

La importancia del problema a estudiar

Como lo indican (FREY et al., 2012), la necesidad de estudios comparativos de eficiencias de los sistemas agro forestales ha permitido la aplicación de herramientas provenientes de la matemática aplicada y estadística en estos sistemas, y que han sido de mucha utilidad en economía forestal.

Mientras que (FREY et al., 2012) han comparado eficiencias entre diferentes SSP utilizados por la misma finca, esta investigación analiza las sensibilidades de los valo-

res de las eficiencias relacionadas a las variables de entrada de dichas fincas.

Formulación de la hipótesis y de los objetivos del estudio

Objetivos:
Analizar si existen diferencias de eficiencias entre los tres tipos de modelos DEA avanzados (BANKER y MOREY, 1986).

Demostrar que el modelo envolvente aplicado al sistema silvopastoril, para su optimización, requiere reducir las variables controlables de entrada sin importar la eficiencia lograda por economía de escala del mismo (BANKER y MOREY, 1986).

La hipótesis nula de esta investigación sostiene que no hay diferencia significativa entre la eficiencia técnica pura con variables de entrada separadas y no separadas.

Hipótesis Nula: $[ETPVES] - [ETPVEC] = 0$, donde:

ETPVES = Eficiencia Técnica Pura Modelo con Variables de Entrada Separadas

ETPVEC = Eficiencia Técnica Pura Modelo con Variables de Entrada No Separadas

MATERIALES Y MÉTODOS

Eficiencia técnica en sistemas silvopastoriles

En el Sistema Silvopastoril de Misiones existían, al momento del relevamiento, algunas fincas que poseían un solo sistema, otras simultáneamente los dos: a cielo abierto y silvopastoril, y algunas, además, tenían el agregado de la actividad forestal sin cría de ganado en la parcela (FREY et al., 2008).

Se han identificado en la base de datos utilizada (FREY et al., 2008), las variables clasificadas en controlables por el propietario de la finca como Mano de Obra y Capital fijo (insumos y pasturas implantadas exceptuando cultivos de consumo) y otras no controlables por él (exógenas).

Se han asumido como no controlables a las variables de superficie de la finca, especie forestal implantada y el tipo de suelo (FREY et al., 2008).

En las fincas seleccionadas en el estudio, se considera que las especies forestales han sido correctamente implantadas, tanto en su orientación como en la elección del tipo de las mismas según el suelo existente (FREY et al., 2008).

Las especies forestales estudiadas por el método PJA de a pares fueron *Eucaliptus grandis*, *Araucaria angustifolia*, *Eucaliptus dunni*, *Pinus caribea*, *Pinus elliottis* y *Pinus taeda*.

Se calcularon el autovector y sus autovalores mostrados en la Tabla 1 que son los pesos de importancia de contribución de cada especie forestal al SSP.

El Índice de Importancia es una medida adimensional cuyo mínimo es 0 y máximo 1 a mayor valor, mayor será su contribución al SSP.

Los datos extraídos del estudio anteriormente citado (FREY et al., 2008), conjuntamente con los índices de las especies forestales implantadas en cada finca, permitió construir la base de datos, cuya muestra parcial se presenta en la Tabla 2.

Tabla 1. Índice de Importancia de la Contribución de la Especie Forestal en el SSP
Table 1. Importance of the Contribution of the Forest Species Index in the SSP

Especie	Índice de Importancia (adimensional)
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,21
<i>Pinus taeda</i>	0,14
<i>Pinus elliottii</i>	0,12
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,18
<i>Eucalyptus dunnii</i>	0,20
<i>Pinus caribaea</i>	0,15

Tabla 2. Muestra de la Información Económica de las fincas estudiadas
Table 2. Sample of the Economic Information of the farms studied

EAP	Héctareas (Ha)	Ingresos Forestales (Miles de Pesos Base 2008)	Ingresos de Carne (Miles de Pesos Base 2008)	Mano de Obra (Miles de Pesos Base 2008)	Capital Fijo (Pasturas e Insumos) Excluyendo cultivos para consumo (Miles de Pesos Base 2008)	Importancia de la Especie Forestal de la finca (Índice Adimensional)	Especie Forestal
1	14	222.77	22.84	1.16	152.32	0.21	<i>Eucalyptus grandis</i>
2	3	34.38	4.36	0.13	25.35	0.14	<i>Pinus taeda</i>
3	680	3667.48	531.41	83.57	2634.96	0.14	<i>Pinus taeda</i>
4	8000	48236.90	6607.60	227.37	16832.33	0.12	<i>Pinus elliottii</i>
18	500	3549.40	4958.40	24.02	2638.35	0.14	<i>Pinus taeda</i>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar la contribución del tipo de especie forestal a la eficiencia técnica de la finca, se han clasificado las fincas según aquella implantada.

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos, de sus valores medios y desviaciones standard donde es *Araucaria angustifolia* la especie de mayor contribución a la eficiencia para la actividad silvopastoril y es *Pinus caribaea* la menor. *Eucalyptus dunnii* no tiene valor de desviación standard ya que solo una finca ha implantado esta especie forestal.

A pesar de ello, las diferencias de eficiencias entre fincas clasificadas según las especies forestales implantadas no son marcadamente significativas, ya que todas se ubican entre 50% y 75% de eficiencia técnica.

A los fines de analizar las diferencias entre eficiencia técnica pura, eficiencia de escala, y eficiencia técnica y de escala simultáneamente, se estudiará el caso de la finca 18 cuyas mediciones entregan los valores indicados en la Tabla 4.

Como lo indican (FREY *et al.*, 2008), una eficiencia de 1 (o 100%) significa que la finca es técnicamente eficiente con relación a las otras fincas, o sea, no hay ninguna otra finca o combinación lineal de fincas que logre mayor valor de salidas con igual o menor valor de entradas.

La medición de la eficiencia técnica pura da un valor de 0,618, lo que significa que está debajo del óptimo en 38,2 %, mientras que para la eficiencia de escala la desviación del óptimo es de 21,9 % y para la eficiencia conjunta, técnica y de escala es de 11,5%.

Por los resultados logrados de diferencia entre las eficiencias técnicas puras, de escala y combinadas, se rechaza la hipótesis nula y de esta manera queda demostrado la ventaja de los modelos con variables separadas (BANKER y MOREY, 1986).

Tabla 3. Eficiencia Técnica según la Especie Forestal de la Finca
Table 3. Technical Efficiency according to the Forest Species of the Farm

Especie	Eficiencia	
	Media	Desvío Std
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,71	0,31
<i>Pinus elliottii</i>	0,66	0,25
<i>Pinus taeda</i>	0,62	0,19
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,53	0,01
<i>Eucalyptus dumii</i>	0,52	
<i>Pinus caribaea</i>	0,50	0

Tabla 4. Resultados de Medición de Eficiencias de la Finca 18
Table 4. Farm Efficiency Measurement Results 18

Modelos de Medición de Eficiencias	Eficiencia (adimensional)	Holgura Ingresos Forestales (miles de pesos Base 2008)	Holgura Ingresos Carne (miles de pesos Base 2008)	Holgura Mano de Obra (miles de pesos Base 2008)	Holgura Capital Fijo (miles de pesos Base 2008)	Holgura Superficie de la Explotación (Ha)	Holgura Especie Forestal (adimensional)	Σ lambda J (total de pesos prioritarios)
Eficiencia Técnica Pura	0,618	6585,8	1,142	3,7040	344,56	78,9	1,290	1,092
Eficiencia de Escala	0,781	14161	0	0,3424	0	463,54	101,75	1,094
eficiencia Técnica y de Escala	0,885	8726,1	0	0,4591	0	468	606,75	1,097

Además, se observa que en los tres modelos de medición de eficiencias, la suma total de los pesos de las fincas estudiadas da un valor superior a la unidad.

Ello significa que la finca 18 se encuentra en los tres modelos, operando en un área de la función de producción que permite posibilidades de aumento del retorno de escala.

Por lo tanto, si las variables controlables o discrecionales, que son las únicas posibles de ser modificadas (mano de obra y capital fijo) aumentan, las variables de producción forestal y carne, aumentarán en una proporción mayor a aquellas.

Para analizar sensibilidades de las eficiencias por cambio en entradas y salidas de la finca 18 se debe analizar la Tabla 5.

Se puede ver que los mayores logros al eliminar ineficiencias se realizan en las producciones de salida, ya que los recursos de entrada tienen poca mejora, especialmente mano de obra,

Los ingresos forestales pueden duplicar sus valores actuales eliminando ineficiencias técnicas y casi triplicarlo, eliminando ineficiencias técnicas y de escala en forma conjunta.

Tabla 5. Costos e Ingresos Posibles Eliminando Ineficiencias de la Finca 18**Table 5. Possible Costs and Income by Eliminating Farm Inefficiencies 18**

Variables	Valores extraídos de la Tabla 2	Incrementos o Decrementos a lograr eliminando ineficiencia técnica (Miles de Pesos Base 2008)	Incrementos o Decrementos a lograr eliminando ineficiencia técnica y de escala (Miles de Pesos Base 2008)
MO	24.01	-12.87	-3.22
Capital	2638.34	-1352.4	-303.4
Ing Forestales	3549.39	7941.66	9134.27
Ing Carne	4958.7	5036.22	6070.25

CONCLUSIÓN

Se ha rechazado la hipótesis nula de no incidencia en la eficiencia cualquiera sea la clasificación de los recursos de las variables de entrada.

Se ha demostrado que el modelo envolvente aplicado al SSP, logra ser optimizado reduciendo totalmente las variables controlables, sin importar la economía de escala lograda en el mismo.

El PJA ha sido usado para resolver la conversión de una variable categórica como la especie forestal, en una variable numérica y así ser utilizada como variable no controlable en los modelos de Análisis de Envolvente de Datos.

La técnica del modelo avanzado de DEA con variables separadas (BANKER y MOREY ,1986), permite calcular los valores potenciales a lograr, por eliminación de ineficiencias y permite así obtener información adicional que podría ser útil para mejorar la competitividad y productividad del SSP.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la generosidad del Dr. Gregory Frey, quien ha facilitado a los autores, todos los trabajos de campo realizados en su investigación sobre este tema.

También los autores agradecen al Dr. Diego Broz por su ayuda en la evaluación de a pares de las especies forestales usadas en la actividad silvopastoril en Misiones, y por último, los autores manifiestan un especial agradecimiento al Dr. Mario Rosemberger por su inestimable colaboración en la construcción de los modelos en Matlab.

BIBLIOGRAFÍA

AFRIAT, S.N. (1972), "Efficiency Estimation of Production Functions", I.E.R., 13, 568-598.

AZNAR BELLVER J. y Caballer Mellado V. (2005) An Application of the AHP Method in Farmland Appraisal, Depto de Econ y Cs.Soc. Univ Polit. de Valencia. Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 3(1), 17-24.

BANKER R.D. y Morey R.C.(1986) Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs. *Operation Research* 34(4): 513-521, <http://dx.doi.org/10.1287/opre.34.4.513> .

BANKER R.D. y Morey R.C.(1987) The Use of Categorical Variables in DEA, *Mgmt Sci* 32(12):1613-1627, <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.32.12.1613> .

CHARNES A., Cooper W. W., Lewin A. and Seiford L. M.(1994), "D.EA: Theory, Methodology and Applications"; Boston, Kluwer Academic Publishers;; 402 pages

CHARNES, A.,et. al.(1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, pp 429-444.

COELLI T., Prasado Rao D.S. y Battese G.E.(1998), "An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis", Springer Science-Business Media,L.L.C., pp 8-23.

COLCOMBET L., Crechi E., Keller A., Pachas N., Fassola H., Lacorte S., Esquivel J.(2010). Comparación Preliminar de Resultados Financieros y Económicos de Proyectos Forestales, Ganaderos y Silvopastoriles en Misiones. Actas XIV Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales FCF – EEA Montecarlo INTA , Eldorado , Misiones, disponible en CD ,biblioteca de la FCF , UNAM, Eldorado.

FASSOLA H.E., Lacorte S.M., Pachas N., Keller A.(2010). Sistemas Silvopastoriles en Misiones y NE de Corrientes y su Entorno de Negocios. Actas XIV Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales FCF – EEA Montecarlo INTA , Eldorado , Misiones, disponible en CD ,biblioteca de la FCF , UNAM, Eldorado.

lo INTA , Eldorado , Misiones, disponible en CD ,biblioteca de la FCF , UNAM, Eldorado.

FREY G.E., Fassola H.E., Lacorte S.M., Pachas N., Colcombet L.(2008).La Medición de la Eficiencia Técnica de Sistemas Silvopastoriles en Misiones y Corrientes, Argentina. Revista Yvyrareta Vol 15, 67- 73. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones.

FREY, G. E. , Fassola H.E., Lacorte S.M., Pachas N., Colcombet L, Renkow M.,Perez O., Cabbage F.W. (2012). A within-farm efficiency comparison of silvopasture systems with conventional pasture and forestry in northeast Argentina. Land Economics, 88(4), 639-657.

GÜNTHER D.F., Correa de Temchuk M. y Lysiak E.(2008). Zonas Agroeconomicas Homogeneas de Misiones. Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales.Vol 5. Ediciones INTA. Misiones, Argentina.

SAATY T., (1997). Toma de decisiones para líderes. RWS Publications. Pittsburgh. 424 pp.