

LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN MISIONES Y CORRIENTES, ARGENTINA.

MEASUREMENT OF THE TECHNICAL EFFICIENCY OF SILVOPASTURE SYSTEMS IN MISIONES AND CORRIENTES PROVINCES, ARGENTINA.

Gregory E. Frey¹

Fecha de recepción: 09/07/2008

Fecha de aceptación: 24/11/2008

1. Esudiante doctoral, Department of Forestry and Environmental Resources, Campus Box 8008, North Carolina State University, Raleigh, NC, 27695, U.S.A. gefrey@ncsu.edu

SUMMARY

Researchers and extension agents have encouraged the adoption of silvopasture on farms of all scales in northeast Argentina, under the assumption that it is more productive than other conventional land uses such as plantation forestry without livestock or open-air pasture. My goal is to assess whether silvopasture is truly a more productive use of land. Data envelopment analysis (DEA) is a non-parametric method that can be used to identify parcels that are the most efficient. DEA is appropriate for analyzing silvopasture systems because it is easily able to incorporate multiple inputs and outputs. I show that open-air pastures are less efficient than silvopasture on farms that utilize both systems. An analysis of scale efficiency shows that medium scale farms have higher efficiency, on average than large scale farms for silvopasture systems. The DEA methodology identifies the efficient parcels that can be used as models to improve inefficient farms.

Key words: Agroforestry, silvopasture, technical efficiency, efficient peers, data envelopment analysis

RESUMEN

Los investigadores y extensionistas han fomentado la adopción de sistemas silvopastoriles en fincas de todas las escalas en el noreste de Argentina, bajo la suposición que son más productivos que otras utilidades convencionales de la tierra, como plantaciones forestales sin ganado o potreros a cielo abierto. El objetivo del presente trabajo es evaluar si los sistemas silvopastoriles son más productivos en realidad. El Análisis por Envoltura de Datos (DEA) es un método no-paramétrico que se puede usar para identificar las parcelas que son más eficientes. El DEA es apropiado para analizar los sistemas silvopastoriles porque se puede incorporar fácilmente entradas y salidas múltiples. Se demuestra que potreros a cielo abierto son menos eficientes que los sistemas silvopastoriles en las fincas que utilizan ambos sistemas. Un análisis de la eficiencia de escala demuestra que las fincas de mediana escala tienen mayor eficiencia, de promedio, que las de gran escala. El método del DEA identifica las parcelas eficientes que pueden servir como modelos para mejorar las parcelas ineficientes.

Palabras clave: Sistemas agroforestales y silvopastoriles, eficiencia técnica, pares eficientes, análisis por envoltura de datos

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles forman una clase de los sistemas agroforestales, que involucran forraje y ganado bajo cobertura arbórea. A través de programas de investigación, extensión y apoyo financiero, se ha logrado adopción de los sistemas silvopastoriles en las provincias de Misiones y Corrientes, Argentina. Una de las suposiciones que impulsó estos programas es que los sistemas silvopastoriles pueden ser más rentables o eficientes que otros sistemas convencionales de producción (ESQUIVEL *et al.* 2004; FASSOLA *et al.* 2004).

El presente trabajo tiene como objetivo medir la eficiencia de parcelas reales de sistemas silvopastoriles en comparación con parcelas de otros dos sistemas productivos convencionales, las plantaciones forestales y la ganadería a cielo abierto, para probar la hipótesis que los sistemas son más eficientes. Se compara también la eficiencia de dichos sistemas para diferentes clases de productores, de pequeña, mediana y gran escala. Los productores de diferentes escalas tienen percepciones diferentes de las ventajas y desventajas de los sistemas silvopastoriles, pero no se sabe si una clase de productores logra mejor eficiencia (FREY *et al.* 2007).

Es decir, el objetivo principal es distinguir cuáles sistemas son más productivos, y para quiénes.

Para lograr el objetivo mencionado, se presenta una técnica de medición de eficiencia no muy utilizada previamente con sistemas agroforestales,

que puede ser útil para los investigadores de sistemas agroforestales y extensionistas en Argentina. Se demuestra, a través de teoría y el estudio de caso, la manera de utilizar el Análisis por Envoltura de Datos (DEA, sigla en inglés), una metodología creada por CHARNES *et al.* (1978), para mejorar el entendimiento de la producción agroforestal para investigadores, extensionistas, y más importante aún, los mismos productores. El objetivo secundario del presente trabajo es demostrar la utilidad del DEA para los investigadores y extensionistas que trabajan con sistemas agroforestales.

Si los sistemas silvopastoriles producen más con menos recursos como muchos investigadores suponen, el DEA identificará esta eficiencia mayor. Además mostrará si algún grupo de productores utilizan los sistemas de manera más eficiente que los otros productores, e identificará los productores que tienen prácticas más eficientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La región del estudio

Las provincias de Misiones y el Norte de Corrientes en el noreste de Argentina han experimentado adopción moderada de sistemas silvopastoriles en décadas recientes (ESQUIVEL *et al.* 2004; FASSOLA *et al.* 2004). En Misiones y Corrientes, los sistemas silvopastoriles generalmente tienen un componente arbóreo de *Pinus* spp., *Eucalyptus* spp. o *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, componente forrajero de pastos nativos o exóticos y ganado vacuno.

En esta región, existen estancias ganaderas y empresas forestales de mediana a gran escala y fincas familiares de pequeña a mediana escala. Existen ejemplares de cada una de las clases de fincas que practican sistemas silvopastoriles.

Encuesta de fincas con parcelas silvopastoriles

En junio y julio de 2006, se llevó a cabo una encuesta a administradores de parcelas silvopastoriles en Misiones y el Norte de Corrientes. Debido a la ubicación muy dispersa de las fincas con sistemas silvopastoriles y la falta de una lista exhaustiva de los adoptantes en toda la región, no fue posible elegir una muestra al azar. Entonces, se utilizó la experiencia y conocimiento de los extensionistas e investigadores para elegir una muestra de fincas de diversas escalas y manejo en las varias sub-regiones en toda la región de estudio. Se llevaron a cabo las entrevistas con los administradores de las parcelas silvopastoriles, sean cabezas de familia, dirigentes profesionales o consultores contratados. Cuando fue posible, se visitaron las parcelas para observar el manejo y rendimiento. En los casos que la misma finca también manejaba una plantación forestal convencional (sin componente ganadero) o potrero a cielo abierto (sin cobertura arbórea), también se le preguntó sobre el manejo y rendimiento de ellas.

En total se entrevistaron 47 administradores, que produjeron 44 respuestas utilizables sobre los sistemas silvopastoriles, 33 sobre potreros a cielo abierto y 14 sobre plantaciones forestales convencionales. El tamaño de las fincas varió desde 15 a 14.000 ha con una media de 1.253 ha y mediana de 233 ha. Los productores entrevistados fueron clasificados en tres grupos naturales, pequeña escala (15-50 ha), mediana escala (75-800 ha) y gran escala (>1100 ha). Había 16 productores de pequeña escala, 16 de mediana y 12 de gran escala.

Cálculo y clasificación de entradas y salidas del sistema

Los datos de las encuestas fueron recopilados para estimar las entradas y salidas de los sistemas. Se utilizó una tasa de descuento de 7% para descontar las entradas y salidas del sistema que ocurren en diferentes años durante el turno del sistema, la cual es una tasa utilizada en otra literatura sobre sistemas silvopastoriles en Misiones (ESQUIVEL *et al.* 2004). En la mayoría de los casos, este cálculo incluyó la previsión de rendimiento futuro de madera de los árboles, que se estimó con el SIMULADOR FORESTAL (CRECHI *et al.* 1997) para *P. taeda*, *P. elliotii* y *A. angustifolia* y ecuaciones para *P. caribaea* (FERRERE y FASSOLA 1999; FERRERE *et al.*).

Un sistema agroforestal puede tener docenas de entradas y salidas distintas. En teoría el DEA es adecuado para muchas entradas y salidas, pero en la práctica, con una muestra pequeña, la metodología pierde poder para identificar parcelas ineficientes cuando el número de variables se aumenta (KAO *et al.* 1993; SOWLATI 2005). El investigador se enfrenta con un dilema: si reduce el número de variables, aumenta el poder de DEA, pero pierde parte de la razón de utilizar DEA. Es recomendado juntar entradas y salidas cuando representa las decisiones económicas reales de los productores. Por ejemplo, los productores compran insumos como herbicida, combustible, semillas, etc. en el mercado con precios de mercado, pero muchos de ellos utilizan mano de obra familiar que no tiene precio en el mercado. Sería razonable juntar los insumos en una sola variable, que podemos llamar "capital" y mano de obra en otra variable.

Las entradas elegidas son superficie de la parcela en hectáreas, mano de obra descontada en jornales, valor de cultivos de la chacra utilizado para alimento para ganado medido en pesos argentinos de 2006 y capital para insumos en pesos descontados. Se separaron los cultivos de chacra de los otros insumos porque muchos de los productores de pequeña escala producen estos cultivos para consumo en su propia finca y no para venta, y los valores de mercado no tienen mucho significado para compararlos con otros insumos como agroquímicos. Sin embargo, se utilizó precios de mercado para juntar los cultivos como maíz, mandioca y caña de azúcar en una sola

variable. En este caso, los precios de mercado no representan un valor, sino que una aproximación del costo relativo de la producción de cada cultivo.

Las salidas son valor descontado de madera producida, valor descontado de carne producida y valor descontado de leche producida. Se separó un producto, la leche, de la producción de carne porque generalmente se la utiliza para consumo doméstico.

Análisis por envoltura de datos (DEA)

Si los sistemas productivos tuvieran solamente una entrada (insumo) y una salida (producto), sería fácil calcular un coeficiente de eficiencia. Sencillamente sería la proporción de salidas y entradas: $E = y/x$, donde y es la salida y x es la entrada.

Con múltiples entradas y salidas, se complica mucho la medición de eficiencia. FREY *et al.* (2007) demostraron la dificultad de calcular este tipo de medida de eficiencia de beneficio/costo cuando los precios varían de región a región o entre grupos de fincas. FARRELL (1957) utilizó observaciones empíricas de unidades de decisión (DMUs, sigla en inglés) para construir una frontera empírica de producción óptima. Esta frontera envuelve las DMUs que logran mayor producción de salidas con menor utilización de entradas. Las DMUs que caen debajo de la frontera son ineficientes. La frontera de Farrell representa eficiencia técnica relativa, entonces el nivel de ineficiencia puede medirse como el porcentaje de salidas que produce relativo a lo que podría producir si fuese eficiente, utilizando las mismas entradas. Estos conceptos forman la base para el DEA. Eficiencia técnica de Farrell y del DEA es diferente que la eficiencia asignativa, que representa la asignación de recursos según sus valores.

En muchos casos, las entradas y salidas no se venden ni se compran, y por lo tanto no tienen precio de mercado. Por ejemplo, un productor puede usar mano de obra familiar como entrada y recibir leña para consumo doméstico como salida. El DEA es un método no paramétrico para construir la frontera eficiente de Farrell que permite que cada DMU valore diferentemente las entradas y salidas. Aquí se presenta una formulación equivalente al modelo CHARNES *et al.* (1978), que es un modelo de programación lineal (LP):

$$\begin{aligned}
 & \min_{z, \lambda} z_0 \\
 & \text{sujeto} \\
 & - \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j + y_{r0} E_0 \leq 0 \forall r \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0} \forall i \\
 & \lambda_j \geq 0 \forall j
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde z_0 es una medida de la eficiencia técnica total de DMU 0, n es el número de DMUs, los y son las salidas, los x son las entradas y los λ son los pesos para cada DMU. Se puede mostrar que z_0 es necesariamente mayor que 1 (CHARNES *et al.* 1978). j, r y i son índices de las DMUs, las salidas y las entradas. El modelo (1) permite computar una estadística $E_0 = 1/z_0$, entre 0 y 1, que representa la eficiencia técnica relativa total de la DMU 0 con relación a las otras DMUs. Si E_0 es menor que 1, significa que la DMU está produciendo esa proporción del total de las salidas que podría producir con las entradas que está utilizando (CHARNES *et al.* 1978; BANKER *et al.* 1984). Una eficiencia de 1 (o 100%) significa que la DMU es técnicamente eficiente con relación a las otras DMUs, o sea, no hay ninguna otra DMU o combinación lineal de DMUs que logra mayor valor de salidas con igual o menor valor de entradas, en general.

El LP (1) se repite con cada DMU tomando el lugar de DMU 0.

La eficiencia técnica total de (1) utiliza la suposición de rendimientos constantes a escala. BANKER *et al.* (1984) extendió el modelo para incluir rendimientos variables a escala. Se agrega una condición al modelo (1):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \tag{2}$$

Agregar la condición (2) al modelo (1) permite suponer que una tecnología tenga rendimientos crecientes o decrecientes a escala. Calcular la eficiencia técnica con rendimientos variables a escala utilizando (2) ayuda a contestar la pregunta, "Dada la escala de DMU 0, ¿Cuánto es la eficiencia relativa a otras DMUs de escala parecida?" La eficiencia que resulta es la eficiencia que es debida a la utilización de recursos en el sistema. La eficiencia con condición (2) con rendimientos variables a escala se llama aquí eficiencia técnica pura, que resulta solamente de la utilización de recursos.

Una vez calculadas las eficiencias técnica pura y total, se puede calcular la eficiencia de escala. La eficiencia de escala representa la parte de la eficiencia técnica total que es debido al tamaño de la DMU. Por ejemplo, si una tecnología tiene rendimientos crecientes a escala, una DMU pequeña no podrá lograr la misma proporción de salidas y entradas como una DMU grande. La eficiencia de escala es el cociente de la eficiencia técnica total y la eficiencia técnica pura (BANKER *et al.* 1984):

$$E_0^E = \frac{E_0}{E_0^P} \tag{3}$$

Donde E^E es la eficiencia de escala y E^P es la eficiencia técnica pura. Separar la eficiencia técnica total en las dos partes de eficiencia de escala y

eficiencia técnica pura permite saber cuánta ineficiencia es debida a la escala de la DMU y cuánta es debida a la mala utilización de recursos.

Se creó un programa para el modelo (1) utilizando la función de programación lineal (LP) en MATLAB para evaluar la eficiencia técnica relativa total de los sistemas productivos suponiendo rendimientos constantes a escala. Fue necesario optimizar el programa lineal para cada una de las observaciones con un lazo. También se creó otro programa utilizando (2), que calcula la eficiencia técnica pura suponiendo rendimientos variables a escala.

Comparación estadística

Para comparar la eficiencia técnica pura de los tres sistemas se utilizó la prueba apareada de signos de Wilcoxon. En pares, se sustrajo la eficiencia técnica de los diferentes sistemas en cada una de las fincas, y se aplicó la prueba de Wilcoxon. Tomar en pares de la misma finca, ayuda en el control de variables demográficas y otras variables que tienen que ver con la finca, como por ejemplo la calidad de la tierra.

Para poder generalizar sobre la eficiencia de escala de diferentes sistemas y diferentes grupos de productores, se realizó una regresión Tobit. En general, no se debe utilizar en las comparaciones estadísticas las variables que están correlacionadas con alguna de las entradas o salidas, porque las estadísticas de regresión serán sesgadas hacia cero (JUST 2003).

Desafortunadamente, esta es la situación aquí. Se quiere estimar la diferencia en eficiencia de escala para fincas de pequeña, mediana y gran escala, pero algunas de las entradas y salidas pueden estar correlacionadas con las diferentes escalas. Por ejemplo, los pequeños productores utilizan más mano de obra y menos capital por hectárea.

Sin embargo, ayuda saber la dirección del sesgo, la cual es hacia cero. Si el valor p del coeficiente de regresión calculada es menor de 0,05, sabemos que el coeficiente debe ser igual o mayor que el calculado, y entonces el valor p sigue siendo menor de 0,05.

Se compararon la eficiencia de escala para los sistemas silvopastoriles, forestales y potreros, para fincas de pequeña, mediana y gran escala utilizando regresión Tobit truncado en 1 porque la eficiencia no puede superar 1. Las variables independientes son ocho variables "dummy" para las combinaciones de la escala de finca y el sistema productivo.

Pares eficientes

En la formulación (1), una DMU ineficiente se mide contra una combinación lineal de las otras DMUs eficientes. Esta formulación del DEA puede ser útil también porque muestra las DMUs eficientes que una DMU ineficiente puede emular para mejorar su producción. Estas parcelas agrícolas se llaman los pares eficientes. Estas pueden ser útiles para

extensionistas que quieren organizar intercambios de productores a productores.

Se prepararon listas de los pares eficientes para cada DMU. En los casos que una DMU es eficiente ($E = 1$), el par eficiente será esa misma DMU. Se puede calcular y utilizar pares eficientes de la eficiencia técnica total y también de la eficiencia técnica pura. En nuestro caso, tiene más sentido utilizar los pares de la eficiencia técnica pura, porque serán pares con escala más parecida a la DMU ineficiente.

Un extensionista puede tomar la lista de pares eficientes como una lista de productores de quienes los productores ineficientes pueden aprender. Contar el número de veces que una parcela par eficiente aparece en la lista nos da una idea del número de parcelas ineficientes que pueden aprender de cada par eficiente. No reemplaza la experiencia y conocimiento técnico del extensionista, pero puede complementarlo.

RESULTADOS

Entradas y salidas

Los resultados del cálculo de entradas y salidas de los sistemas silvopastoriles, forestales y de potreros a cielo abierto en cuatro fincas aparecen en la tabla 1. Hay mucha variedad en la cantidad de entradas usadas y salidas producidas. Se puede notar que en este ejemplo, la finca número 7, que es de pequeña escala, tiende a utilizar más mano de obra y menos capital que las otras fincas. Esta es una tendencia típica para las fincas de pequeña escala. El DEA toma en cuenta que las fincas valoren diferentemente los recursos que usan y productos que producen.

Eficiencia técnica total, eficiencia de escala y eficiencia técnica pura

De las 91 DMUs, 14 son eficientes técnicamente con relación a las demás DMUs en el sentido total. Separando la eficiencia técnica total en las partes de eficiencia técnica pura y eficiencia de escala, se ve que 28 DMUs tienen utilización de recursos eficiente y 14 operan con una escala eficiente. La eficiencia total de promedio para sistemas silvopastoriles es 68%, para sistemas de potreros a cielo abierto es 53% y para sistemas forestales es 60%.

La eficiencia técnica pura muestra que los sistemas silvopastoriles son más eficientes que los sistemas de potrero a cielo abierto, con 77% eficiencia comparado con 64% (gráfico 1). Los sistemas forestales tienen eficiencia de 70% de promedio. La comparación apareada de Wilcoxon muestra que la diferencia entre sistemas silvopastoriles y potreros es significativa, pero la diferencia entre forestales y silvopastoriles o forestales y potreros no son significativas. Para fincas que tienen sistemas silvopastoriles y potreros, los sistemas silvopastoriles, sí rinden más.

Tabla 1. Entradas y salidas de los varios sistemas en cuatro fincas representativas.
Table 1. Inputs and outputs of the various systems on four representative farms.

Finca	Escala G= gran M=mediana P=pequeña	Sistema S=silvopast P=potrero F=forestal	ENTRADAS				SALIDAS		
			Superficie (ha)	Mano de Obra Descontada (jornales/ha)	Capital Descontado (miles de Ar\$/ha)	Cultivos (miles de Ar\$/ha)	Ingreso Forestal Descontado (miles de Ar\$/ha)	Ingreso de Carne Descontado (miles de Ar\$/ha)	Leche (miles de Ar\$/ha)
1	M	S	6	84,8	7,8	1,8	8,9	1,6	0,77
1	M	P	7	93,6	3,4	2,3	0,0	3,3	0,60
4	G	S	22	123,3	3,9	0,0	5,4	0,8	0,00
4	G	F	30	91,0	6,2	0,0	8,0	0,0	0,00
7	P	S	1	408	3,0	0,7	11,5	1,9	6,0
7	P	P	2	400,2	0,9	0,9	0,0	1,2	3,91
7	P	F	2	146,3	5,3	0,0	16,6	0,0	0,00
17	G	S	7	47,3	14,4	0,0	15,1	8,3	0,00
17	G	P	175	78,3	3,5	0,0	0,0	4,8	0,00

Esto no significa que nunca se debe utilizar potreros a cielo abierto. Primero, aunque los sistemas silvopastoriles son más eficientes en promedio, hay casos específicos donde los potreros funcionan mejor. Además, hay otras consideraciones que un productor necesita tomar en cuenta aparte de solamente la eficiencia.

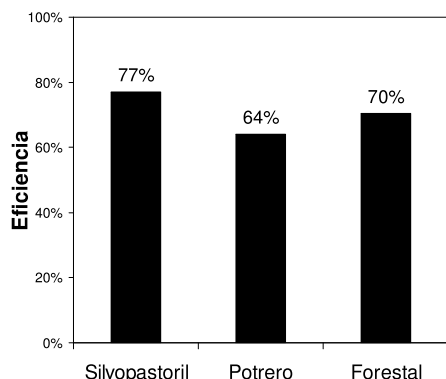


Gráfico 1. Eficiencia técnica pura
Figure 1. Pure technical efficiency

Cuando se compara la eficiencia de escala de los sistemas silvopastoriles entre grupos de fincas de diferentes escalas, se puede notar que fincas de mediana y pequeña escala parecen tener mayor eficiencia de escala que fincas de gran escala de promedio. Esto significa que los productores de mediana a pequeña escala tienen una escala más cercana a la escala óptima para los sistemas silvopastoriles. La misma tendencia se nota con sistemas de potrero a cielo abierto, pero no con sistemas forestales (gráfico 2). La regresión Tobit muestra que hay diferencia significativa de la eficiencia de escala para los sistemas silvopastoriles entre fincas de mediana y gran escala pero no hay diferencias entre grande y pequeña. Para sistemas de potreros, ambas mediana y pequeña escalas son significativamente mayores que la gran escala.

Esto no significa que los sistemas silvopastoriles o potreros no son rentables para grandes productores. La tendencia a mayor eficiencia de escala para fincas de gran escala para sistemas forestales que se nota en el gráfico 2 no tiene significancia estadística.

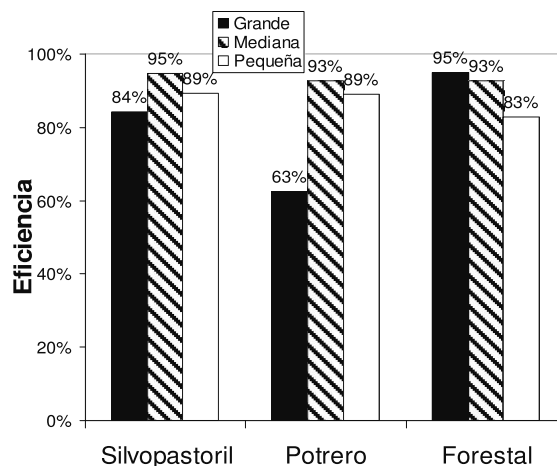


Gráfico 2. Eficiencia de escala.
Figure 2. Scale efficiency.

Fincas pares eficientes

En la tabla 2, aparece una lista de fincas pares eficientes para dos parcelas ineficientes. Este es un ejemplo de la salida del DEA que es una lista de parcelas pares eficientes que pueden servir como modelo para que las parcelas ineficientes las emule. El número de veces que cada par eficiente aparece en la lista está en la tabla 3. Se puede ver que los pares eficientes que pueden enseñar a muchas de las demás fincas son 20 (sistema potrero), 28 (forestal), 18 (silvopastoril), 12 (forestal), 6 (silvopastoril), 14 (potrero) y 16 (silvopastoril). Se podría utilizar algunas de estas parcelas para hacer intercambios de productor a productor o excursiones.

Tabla 2. Un ejemplo de la lista de parcelas pares eficientes para dos parcelas ineficientes.
Table 2. An example of the list of efficient peer parcels for two inefficient parcels.

Parcela Ineficiente	Escala		Parcela Par Eficiente	Sistema			
	G= gran	M=mediana		S=silvopast	P=potrero		
	P=pequeña	F=forestal		G= gran	M=mediana	P=potrero	F=forestal
1	M	P	9	P		P	
			14	P		P	
			18	M		S	
			20	G		P	
4	G	S	12	M		F	
			20	G		P	
			26	M		S	
			28	G		F	

Tabla 3. Las parcelas par eficiente que aparecen con más frecuencia.

Table 3. Efficient peer parcels that appear with the greatest frequency.

Finca	Escala		Sistema	Número de veces que aparece
	G= gran	M=mediana		
	P=pequeña	F=forestal		
6	G		S	12
9	P		P	5
12	M		F	21
14	P		P	7
16	P		S	7
18	M		S	21
20	G		S	6
20	G		P	24
25	P		P	8
26	M		S	6
28	G		F	22
31	M		S	5

CONCLUSIÓN

Los sistemas silvopastoriles ofrecen oportunidades para muchas clases de productores en Misiones y el NE de Corrientes, Argentina. Los resultados de eficiencia técnica pura demuestran que los sistemas silvopastoriles en general son más eficientes que sistemas de potrero a cielo abierto. Esto no significa que los sistemas silvopastoriles son mejores que los potreros en todas las situaciones, pero que son mejores de promedio. No hubo diferencias significativas con los sistemas forestales.

En general, los resultados demuestran que los sistemas silvopastoriles y los sistemas de potreros a cielo abierto tienden a favorecer a los pequeños productores porque ellos tienen eficiencia de escala más alta para esos sistemas. Pueden existir rendimientos decrecientes a escala, o la utilización de mano de obra familiar, que generalmente es mano de obra de buena calidad, ayuda a los pequeños

productores. Los sistemas forestales tradicionales parecen favorecer a grandes productores.

Se ha mostrado que el DEA, creado por CHARNES *et al.* (1978) y BANKER *et al.* (1984), puede ser una herramienta útil para investigación y extensión. La lista de parcelas pares eficientes que produce la programación lineal puede ser útil para extensionistas. Con esa lista, pueden distinguirse cuáles productores con parcelas eficientes pueden servir como modelo para productores con parcelas ineficientes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los investigadores y extensionistas del INTA quienes me ayudaron a entender los sistemas silvopastoriles en las provincias de Misiones y Corrientes. Hugo Fassola, Nahuel Pachas, Luís Colcombet, Alejandra Carvallo, Santiago Lacorte y Clorinda Peruca me apoyaron muchísimo en el trabajo. También ayudaron Miguel Correa, José Luis Houriet, Valentín Kurtz, Pablo Rohatsch, Roque Toloza, Horacio Babi y muchos otros.

Oscar Pérez, estudiante de la carrera Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, colaboró muchísimo para realizar las encuestas.

Finalmente y más importante, queda agradecer a los productores que colaboraron al proyecto con su tiempo y que contestaron nuestras preguntas difíciles.

BIBLIOGRAFÍA

- BANKER, R. D., A. Charnes y W. W. Cooper. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30 (9):1078-1092 pp.
- CHARNES, A., W. W. Cooper y E. Rhodes. 1978. Measuring efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research* 2 (6):429-444 pp.
- CRECHI, E.H., Fassola, H.E. y Freidl, R.A.. 1997. SIMULADOR FORESTAL: Sistema de

- simulación y crecimiento para especies forestales implantadas. INTA EEA Montecarlo; Montecarlo, Misiones, Argentina.
- ESQUIVEL, J., H. E. Fassola, S. M. Lacorte, L. Colcombet, E. Crechi, N. Pachas y A. Keller. 2004. Sistemas Silvopastoriles - Una sólida alternativa de sustentabilidad social, económica y ambiental. 11as Jornadas Tecnicas Forestales y Ambientales; FCF, UNaM e INTA EEA Montecarlo.
- FARRELL, M. J. 1957. The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society Series A-General 120 (3):253-290 pp.
- FASSOLA, H. E., S. M. Lacorte, J. Esquivel, L. Colcombet, F. Moscovich, E. Crechi, N. Pachas y A. Keller. 2004. Sistemas Silvopastoriles en Misiones y NE de Corrientes y su Entorno de Negocios. INTA EEA Montecarlo; Montecarlo, Misiones, Argentina.
- FERRERE, P. y H. Fassola. 1999. *Pinus caribaea* var. *caribaea*: Funciones de volúmenes totales parciales y de forma. INTA EEA Montecarlo; Montecarlo, Misiones, Argentina.
- FERRERE, P., H. Fassola, E. Crechi y J. Fahler. Estudio del crecimiento y modelos de producción para *Pinus caribaea* var. *caribaea* en un sitio de Puerto Esperanza, Misiones. INTA EEA Montecarlo; Montecarlo, Misiones, Argentina.
- FREY, G., H. Fassola, N. Pachas, L. Colcombet, S. Lacorte, F. Cabbage y O. Pérez. 2007. Adoption and economics of silvopasture systems by farm size in Northeastern Argentina. Pp 219-229 en A. Olivier y S. Campeau, eds. When Trees and Crops Get Together. Proceedings of the 10th North American Agroforestry Conference. Association for Temperate Agroforestry, Québec, Canada.
- JUST, R. E. 2003. Risk research in agricultural economics: Opportunities and challenges for the next twenty-five years. Agricultural Systems 75(2-3):123-159 pp.
- KAO, C., P. L. Chang y S. N. Hwang. 1993. Data envelopment analysis in measuring the efficiency of forest management. Journal of Environmental Management 38(1):73-83 pp.
- SOWLATI, T. 2005. Efficiency studies in forestry using data envelopment analysis. Forest Products Journal 55(1):49-57 pp.