

Nota técnica para estimar fronteras estocásticas: una aplicación a la banca chilena

Marcos Vergara

Escuela de Negocios

Universidad Adolfo Ibáñez

marcos.vergara@uai.cl

Abstract

This is a technical note on the estimation of Stochastic Frontiers, based on the specifications of Battese and Coelli (1992) and Cornwell and Schmidt (1990). We focus on the functional form that one should use to estimate technical efficiency, cost and profit of the Chilean banking system. Three functional forms are specified: Fourier Flexible, Translog and Cobb Douglas. The LR and Fisher tests show that the frontier of the Chilean banking sector should be estimated by a Fourier Flexible. The results also show that Translog and Cobb-Douglas could underestimate bank efficiency. Moreover, the tests reject the hypothesis of efficiency persistence, that is to say efficiency does not remain constant over time. Finally, Hausman's test do not reveal significant differences between the models of Stochastic Frontiers and Fixed Effect. This means that the distributional assumptions and that of absence of correlation between the exogenous variables and efficiency imposed by Stochastic Frontier are not rejected.

Key words: Stochastic Frontier, Efficiency.

Resumen

Esta investigación elabora una nota técnica para estimar fronteras estocásticas. Para ello se utiliza la especificación de Battese and Coelli (1992) y Cornwell and Schmidt (1990). Se investiga la forma funcional que se debe utilizar para aproximar la eficiencia técnica, costo y beneficio del sistema bancario chileno. Para ello se especifican tres formas funcionales: Fourier flexible, Translog y Cobb Douglas. Los *tests* LR y Fisher muestran que la frontera de la banca chilena debe ser aproximada por una Fourier flexible. Además, la evidencia muestra aumento en el nivel de eficiencia costo y beneficio de utilizar esta forma funcional, lo cual indica que Translog y Cobb-Douglas podrían subestimar la eficiencia de la banca. También los *tests* rechazan la hipótesis de persistencia de la eficiencia, es decir, ésta no permanece constante en el tiempo. Finalmente, el *test* de Hausman no revela diferencias significativas entre el modelo frontera estocástica y efecto fijo. Esto significa que los supuestos distribucional y de no correlación entre las variables exógenas y la eficiencia impuestos por frontera estocástica no se rechazan.

Palabras clave: Frontera estocástica, eficiencia.

1. Introducción

La investigación sobre la medición de la eficiencia es una de las áreas del análisis económico que ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años. La creciente competencia entre los diferentes sectores económicos, unida al avance de la globalización, ha dado lugar a un entorno económico de la empresa donde la supervivencia es cada vez más difícil. Es por esta razón que para el éxito de la firma se requiere de una excelente gestión. En este sentido, la disposición de métodos confiables de evaluación de la eficiencia juega un papel cada vez más importante, no sólo en el ámbito empresarial sino también como instrumento de política industrial.

En los últimos años se ha incrementado el uso de fronteras eficientes para medir el desempeño de los distintos sectores

industriales. Dentro de los estudios que han aplicado esta técnica a instituciones financieras latinoamericanas se encuentra el trabajo de Zúñiga y Dagnino (2003) y Gregoire y Ramírez (2006). La frontera eficiente permite medir la desviación en el desempeño de una firma relativo al desempeño de las mejores firmas en la industria bajo las mismas condiciones de mercado.

Una decisión fundamental al medir eficiencia tiene que ver con cuál concepto se debe usar. Esto depende de la pregunta que el investigador quiera responder. Si desea investigar potenciales economías de escala usará una función de costo; si se desea analizar cuán bien las firmas maximizan beneficios escogiendo la combinación de insumos y productos óptimos utilizará una función de beneficio.

El concepto más básico es el de eficiencia técnica, el cual se focaliza sobre los niveles de insumos relativos a los niveles de productos. Esto significa que para ser técnicamente eficiente una firma debe minimizar sus insumos dados sus productos o, alternativamente, maximizar sus productos dados sus insumos. La eficiencia económica es un concepto más amplio que la eficiencia técnica, en el sentido que ésta, adicionalmente, envuelve la elección óptima de los niveles y mezcla de insumos y/o productos basados en su reacción a los precios de mercado. Para ser económicamente eficiente, una firma tiene que elegir sus niveles o mezcla de insumos y/o productos para optimizar un objetivo económico, usualmente minimización de costo o maximización de beneficio.

Otra de las decisiones fundamentales es la elección de la metodología que se utiliza para estimar la eficiencia. A pesar del intenso uso que han tenido las diferentes metodologías que miden eficiencia, no existe un consenso entre los investigadores sobre cuál es el mejor método, y su elección puede afectar las conclusiones de políticas extraídas del análisis (Bauer, Berger, Ferrier y Humprey 1997). Entre las más utilizadas se encuentran la metodología no paramétrica: Análisis de la envolvente de datos (DEA) y las metodologías paramétricas: fronteras estocásticas (SFA) y distribución libre (DFA). Estos métodos difieren principalmente en

los supuestos impuestos sobre los datos en términos de: la forma funcional de la frontera (una forma funcional más restrictiva para los métodos paramétricos v/s una forma funcional menos restrictiva para los métodos no paramétricos); si es tomado o no en cuenta el error aleatorio y, si hay error aleatorio, la distribución de probabilidad asumida para la ineficiencia (*half-normal*, normal truncada) utilizada para separarla de éste. Así, las metodologías usadas para medir eficiencia difieren principalmente en la forma funcional impuesta sobre la frontera y los supuestos distributivos impuestos sobre el error aleatorio y la ineficiencia.

Esta investigación elabora una nota técnica para estimar fronteras estocásticas del sistema bancario chileno. Para ello se utiliza el concepto de eficiencia técnica y dos conceptos de eficiencia económica: costo y beneficio. Además, se hace uso del modelo frontera estocástica de Battese y Coelli (1992) y el modelo efecto fijo variante en el tiempo de Cornwell y Schmidt (1990) perteneciente a la clase de modelos DFA¹. La forma funcional utilizada para estimar la eficiencia técnica, costo y beneficio es una Fourier flexible, la cual es una aproximación global que anida a la Translog y Cobb-Douglas más términos Fourier trigonométricos. También, existe la posibilidad de contrastar el supuesto de no correlación y distribucional impuesto por el método frontera estocástica. El contraste que se propone está basado en el *test* desarrollado por Hausman (1978). El *test* de Hausman permite el contraste de modelos no necesariamente anidados, basándose en la diferencia sistemática que debe existir entre estimadores consistentes e inconsistentes de un vector de parámetros. De esta manera la comparación del estimador frontera estocástica con el estimador efecto fijo es un *test* conjunto del supuesto distribucional y de no correlación entre efectos individuales y las variables exógenas (Álvarez 2001).

¹En esta investigación no se utiliza DEA debido a que es una metodología no paramétrica y determinística, la cual no permite realizar *test* de hipótesis. Los *tests* se pueden realizar con DEA *bootstrapping*, no obstante, ese trabajo queda fuera de esta investigación. Para una discusión detallada de DEA ver Álvarez (2001).

Los resultados de la investigación indican que la forma funcional que se debe usar para estimar la frontera de producción, costo y beneficio debe ser la Fourier flexible. Los *tests* de razón de verosimilitud (LR) y Fisher (F) rechazan al 1% la especificación Translog y Cobb Douglas. Además, la evidencia muestra un aumento del nivel de eficiencia costo y beneficio de utilizar esta forma funcional, lo cual indica que la Translog y Cobb-Douglas subestiman la eficiencia del sistema bancario chileno. El *test* de Hausman no rechaza el supuesto distribucional y de no correlación de la ineficiencia y las variables utilizadas para estimar la frontera establecidos por frontera estocástica. Finalmente, los *tests* LR y F rechazan la hipótesis de persistencia de la ineficiencia bajos todos los conceptos de eficiencia y métodos de estimación, lo que indica que ésta no permanece constante en el tiempo.

La estructura de la investigación es la siguiente: en la sección 2 se presenta la metodología de estimación y las variables usadas para construir la frontera de producción, costo y beneficio de la banca chilena. En la sección 3 se presentan los resultados empíricos. Finalmente, en la sección 4 se presentan las principales conclusiones.

2. Metodología de estimación

Para llevar a cabo la investigación se utiliza el modelo frontera estocástica de Battese y Coelli (1992) y el modelo efecto fijo variante en el tiempo de Cornwell y Schmidt (1990). Además, se especifica la forma funcional usada para aproximar la frontera de producción, costo y beneficio, y el *test* de Hausman.

A. Modelo N° 1: Battese y Coelli (1992)

El modelo frontera estocástica utilizado en esta investigación es la especificación de Battese y Coelli (1992). El modelo se puede expresar como:

$$\ln Y_{it} = f(x_{it}; \beta) + \varepsilon_{it} - \mu_{it}$$

$$i = 1, \dots, N \quad \text{y} \quad t = 1, \dots, T$$

donde, para nuestra especificación,

- Y_{it} es el producto, costo o beneficio del banco i en el período t .
 f es una forma funcional que más abajo se describe,
 x_{it} es un vector $k \times 1$ de cantidad de producto, cantidad de insumo, *netput* fijo², precio de producto o precio de insumo, dependiendo de la frontera que se estime,
 β es un vector de parámetros a estimar.
 $\varepsilon_{it} - \mu_{it}$ es un error compuesto³, donde ε_{it} es una variable aleatoria que se asumen $iid \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ e independiente de μ_{it} , la cual es una variable aleatoria no negativa que da cuenta de la ineficiencia técnica, costo o beneficio y se asume independientemente distribuida y truncada en cero de la distribución $N(\mu, \sigma_\mu^2)$. La especificación de la variable que da cuenta de la ineficiencia es $\mu_{it} = (\mu_i \exp(-\eta(t-T)))$, donde η es un parámetro a estimar. Nótese que si la hipótesis nula de que η es cero no se rechaza, indicaría que la ineficiencia es constante en el tiempo. El modelo se estima por máxima verosimilitud.

Se utiliza la especificación de Battese y Corra (1977), quienes reemplazan σ_ε^2 y σ_μ^2 por $\sigma^2 = \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_u^2)$. El valor de γ está entre 0 y 1. Nótese que si la hipótesis nula de que γ es cero no se rechaza, indicaría que σ_μ^2 es cero y, en consecuencia, la variable μ_{it} debe removerse del modelo, dirigiendo a una especificación con parámetros que se pueden estimar consistentemente por mínimos cuadrados ordinarios.

²El *netput* es una variable que puede ser tratada como insumo o producto y no tiene un precio definido (Berger y Mester 1997).

³El signo es positivo si se estima una función de costo.

B. *Modelo N° 2: Cornwell y Schmidt (1990)*

El modelo de efecto fijo propuesto por Cornwell y Schmidt (1990) es un modelo general que utiliza datos de panel, que se enmarca en lo que la literatura de eficiencia denomina modelos basados en correcciones sobre mínimos cuadrados. La especificación del modelo es:

$$\begin{aligned}\ln Y_{it} &= \alpha_t + g(x_{it}; \theta) + \varepsilon_{it} - \mu_{it} \\ &= \alpha_{it} + g(x_{it}; \theta) + \varepsilon_{it} \\ i &= 1, \dots, N \\ t &= 1, \dots, T\end{aligned}$$

donde las variables x_{it} e Y_{it} , la función g y el vector de parámetros θ tienen la misma interpretación que en el modelo frontera estocástica. Siguiendo a Cornwell y Schmidt (1990) se especifica la siguiente forma funcional para estimar la eficiencia:

$$\alpha_{it} = \delta_{i1} + \delta_{i2}t + \delta_{i3}t^2$$

En este modelo el error ε_{it} se asumen $iid \sim (0, \sigma_\varepsilon^2)$, sin ningún otro supuesto distribucional. Además, el error ε_{it} se supone exógeno con respecto al conjunto de regresores x_{it} . El componente $\mu_{it} \geq 0$ es una medida de ineficiencia técnica o económica. Definiendo $\alpha_{it} = \alpha_t - \mu_{it}$ se tiene un modelo en el cual las diferencias a través de los bancos con el intercepto α_t reflejan la ineficiencia. El modelo se puede estimar por las técnicas convencionales que se utilizan para estimar paneles. Finalmente, una vez estimado el modelo el nivel de eficiencia se puede obtener como:

$$\alpha_t^* = \max_i \alpha_{it}^* \quad y \quad \mu_{it}^* = (\alpha_t^* - \alpha_{it}^*) \quad \text{para una función de producción o beneficio}$$

$$\alpha_i^* = \min_i \alpha_{it}^* \quad y \quad \mu_{it}^* = (\alpha_{it}^* - \alpha_i^*) \text{ para una función de costo.}$$

Por lo tanto, el modelo define niveles máximos de eficiencia ($\mu_{it}^* = 0$) que son múltiples (uno para cada período t).

Nótese que como caso particular se tiene el siguiente modelo:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} &= \alpha + g(x_{it}; \beta) + \varepsilon_{it} - \mu_{it} \\ &= \alpha_i + g(x_{it}; \beta) + \varepsilon_{it} \\ i &= 1, \dots, N \\ t &= 1, \dots, T \end{aligned}$$

donde la única diferencia con el modelo anterior está en que el efecto temporal sobre la ineficiencia ha sido removido. Este modelo es un típico modelo de panel, el cual se puede estimar por efecto fijo o mínimos cuadrados generalizados.

En el caso del modelo frontera estocástica puede que el banco que es 100% eficiente no se encuentre en la muestra de bancos. Caso contrario ocurre con el modelo efecto fijo. Siempre, por construcción, el banco 100% se encuentra en la muestra.

C. *Forma funcional*

La forma funcional utilizada para estimar eficiencia técnica, costo y beneficio es una Fourier flexible (FF), la cual es una aproximación global que anida a la Translog (TL) y Cobb-Douglas (CD) más términos Fourier trigonométricos. Para una función general de costo ésta se puede expresar como:

Cobb-Douglas:

$$\ln(C/w_2) = \alpha + \sum_{i=1} \beta_i \ln(y_i) \sum_{k=1} \theta_k \ln(w_k/w_2) + \sum_{s=1} \phi_s \ln(z_s) + \varepsilon_c$$

Translog:

$$\begin{aligned} \ln(C/w_2) = & \alpha + \sum_{i=1} \beta_i \ln(y_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{j=1} \beta_{ij} \ln(y_i) \ln(y_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{k=1} \gamma_{ik} \ln(y_i) \ln(w_k/w_2) + \\ & \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{s=1} \delta_{is} \ln(y_i) \ln(z_s) + \sum_{k=1} \theta_k \ln(w_k/w_2) + \frac{1}{2} \sum_{k=1} \sum_{r=1} \theta_{kr} \ln(w_k/w_2) \ln(w_r/w_2) + \\ & \frac{1}{2} \sum_{k=1} \sum_{s=1} \eta_{ks} \ln(w_k/w_2) \ln(z_s) + \sum_{s=1} \phi_s \ln(z_s) + \frac{1}{2} \sum_{s=1} \sum_{m=1} \phi_{sm} \ln(z_s) \ln(z_m) + \varepsilon_c \end{aligned}$$

Fourier-flexible:

$$\begin{aligned} \ln(C/w_2) = & \alpha + \sum_{i=1} \beta_i \ln(y_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{j=1} \beta_{ij} \ln(y_i) \ln(y_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{k=1} \gamma_{ik} \ln(y_i) \ln(w_k/w_2) + \\ & \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{s=1} \delta_{is} \ln(y_i) \ln(z_s) + \sum_{k=1} \theta_k \ln(w_k/w_2) + \frac{1}{2} \sum_{k=1} \sum_{r=1} \theta_{kr} \ln(w_k/w_2) \ln(w_r/w_2) + \\ & \frac{1}{2} \sum_{k=1} \sum_{s=1} \eta_{ks} \ln(w_k/w_2) \ln(z_s) + \sum_{s=1} \phi_s \ln(z_s) + \frac{1}{2} \sum_{s=1} \sum_{m=1} \phi_{sm} \ln(z_s) \ln(z_m) + \\ & \sum_{n=1} [\psi_n \text{sen}(x_n) + \omega_n \cos(x_n)] + \sum_{n=1} \sum_{q=1} [\psi_{nq} \text{sen}(x_n + x_q) + \omega_{nq} \cos(x_n + x_q)] + \\ & \sum_{n=1} \sum_{q=1} \sum_{p=1} [\psi_{nqp} \text{sen}(x_n + x_q + x_p) + \omega_{nqp} \cos(x_n + x_q + x_p)] + \varepsilon_c \end{aligned}$$

donde $\ln(C/w_2)$, y e ε_c son cambiados por $\ln(\pi/w_2)$, p y ε_π en caso de estimar una función de beneficio. De esta forma se puede testear la posibilidad de que la frontera de producción, costo y beneficio sea estimada por medio de formas funcionales más flexibles, estimando un modelo restringido versus no restringido.

Los costos, beneficios y todos los precios de insumos y precios de productos son escalados por un precio de insumo arbitrariamente escogido (w_2) para imponer homogeneidad de grado 1. Finalmente, las variables x 's que aparecen en los términos trigonométricos de la Fourier flexible son cantidades escaladas de los logaritmos de las cantidades de insumos, cantidades de productos, cantidades de *netputs* fijos, precios de insumos y precios

de productos, dependiendo de la función que se estime. Éstas deben estar dentro del intervalo $[0,1 \times 2\pi; 0,9 \times 2\pi]$ ⁴.

D. *Contraste estadístico de modelos*

Existe la posibilidad de contrastar el supuesto de no correlación y distribucional impuestos por Frontera estocástica. El contraste que se propone está basado en el *test* desarrollado por Hausman (1978). El *test* de Hausman permite el contraste de modelos no necesariamente anidados basándose en la diferencia sistemática que deben existir entre los estimadores consistentes e inconsistentes de un vector de parámetros. Por ejemplo, la comparación del estimador mínimos cuadrados generalizados y frontera estocástica da lugar a un *test* sobre el supuesto distribucional adoptado para el componente de la perturbación aleatoria. Bajo la hipótesis nula de que el supuesto distribucional es correcto, ambos estimadores son consistentes, aunque el estimador mínimos cuadrados generalizados es ineficiente. Bajo la hipótesis alternativa, el estimador frontera estocástica es inconsistente y, por lo tanto, deben aparecer diferencias sistemáticas que pueden ser capturadas por el *test* de Hausman. Por último, la comparación del estimador efecto fijo con el estimador frontera estocástica es un *test* conjunto del supuesto distribucional y de no correlación entre los efectos individuales y las variables exógenas. De nuevo, bajo la hipótesis nula ambos estimadores son consistentes, pero el estimador efecto fijo es

⁴El proceso para restringir el valor de las variables x 's el intervalo $[0,1*2\pi; 0,9*2\pi]$ es el siguiente:

$$x_n = (0,2\pi - ua + ulnz_n)$$

donde

$$u = \frac{0,9*2\pi - 0,1*2\pi}{b - a}$$

y (a, b) es el rango de los lnz_n . La justificación para restringir las variables x 's al intervalo en cuestión, según Gallant (1981), es la eliminación de problemas de aproximación que aparecen cerca de los extremos de la muestra.

ineficiente. Sin embargo, bajo la hipótesis alternativa el estimador frontera estocástica es inconsistente.

3. Descripción de las variables y datos

En esta sección se especifican las variables utilizadas para construir la frontera de producción, costo y beneficio. Además, se describe la muestra que comprende datos anuales de 1990-2004.

A. Especificación de las variables

El modelo frontera estocástica y efecto fijo especifican una variable dependiente que puede ser producto si se estima eficiencia técnica, costo si se estima eficiencia en costo o una variable de beneficio si el interés es estimar eficiencia en beneficio. La tabla N° 1 describe las variables que se utilizan en esta investigación.

Tabla N° 1
Especificación de variables

Costo	C : incluye los intereses pagados y devengados, reajustes pagados y devengados, y el costo laboral.
Beneficio	π : incluye los intereses percibidos y devengados, reajustes percibidos y devengados, y los costos variables C .
Productos	y_1 : incluye las colocaciones efectivas, colocaciones en letras de crédito y colocaciones vencidas.
	y_2 : incluye las inversiones financieras.
Insumos	q_1 : incluye la cantidad de los depósitos, captaciones y otras obligaciones; obligaciones por letras de crédito; préstamos y otras obligaciones contraídas en el país y en el exterior.
	q_2 : incluye la cantidad de trabajadores.
Netputs	z_1 : incluye el activo fijo físico.
	z_2 : incluye capital y reservas.
<i>(Continúa)</i>	

Precios de productos	p_1 : incluye la tasa de los intereses percibidos y devengados más reajustes percibidos y devengados por colocaciones.
	p_2 : incluye la tasa de los intereses percibidos y devengados más reajustes percibidos y devengados por inversiones financieras.
Precios de insumos	w_1 : incluye el precio de los depósitos, captaciones y otras obligaciones; obligaciones por letras de crédito; préstamos y otras obligaciones contraídas en el país y en el exterior.
	w_2 : incluye el gasto unitario en personal.

B. Descripción de la muestra

El estudio se realiza para el periodo 1990-2004 durante el cual el sistema bancario ha experimentado fusiones importantes, adquisiciones, tomas de control y aumentos sustanciales del control de unos pocos accionistas en la propiedad accionaria de los bancos. Se utilizan datos contables mensuales para las variables de stock, es decir, se obtienen promedios mensuales como proxis de este tipo de variables. Para las variables de flujos se utilizan datos contables anuales. Los datos son obtenidos de los boletines mensuales de “Información Financiera” de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF).

4. Resultados empíricos

En esta sección se muestran los resultados empíricos de esta investigación. Es decir, el *test* de forma funcional, *test* de especificación de Battese y Corra (1977), *test* de persistencia y el *test* de Hausman. Además, se reportan los niveles de eficiencia técnica, costo y beneficio estimados con frontera estocástica y efecto fijo, y forma funcional Fourier flexible, Translog y Cobb Douglas.

A. *Test de especificación de forma funcional, ineficiencia y persistencia*

La tabla N° 2 presenta los resultados de frontera estocástica bajo conceptos de eficiencia técnica, costo y beneficio. La parte superior de la tabla muestra el test de forma funcional, mientras que la parte inferior reporta el test de persistencia y especificación de Battese y Corra (1977).

Tabla 2
Tests de hipótesis: modelo Battese y Coelli 1992

Hipótesis nula	PRODUCCIÓN		COSTO		BENEFICIO	
	<i>Test LR</i>	gl	<i>Test LR</i>	gl	<i>Test LR</i>	gl
Translog	54	24	268	42	132	42
<i>p-value</i>	(0,00)*		(0,00)*		(0,00)*	
Cobb-Douglas	215	34	706	57	291	57
<i>p-value</i>	(0,00)*		(0,00)*		(0,00)*	
$\gamma_{FF} = 0$	0,99 (195,92)*		0,98 (190,09)*		0,35 (0,96)	
$\eta_{FF} = 0$	-0,16 (-8,37)*		-0,10 (-5,19)*		0,13 (3,46)*	
$\gamma_{TL} = 0$	0,98 (120,17)*		0,98 (135,56)*		0,45 (2,01)**	
$\eta_{TL} = 0$	-0,14 (-8,07)*		-0,07 (-4,95)*		0,10 (4,25)*	
$\gamma_{CD} = 0$	0,95 (49,74)*		0,89 (1,07)		0,98 (174,74)*	
$\eta_{CD} = 0$	-0,17 (-5,23)*		0,05 (0,21)		-0,16 (-7,66)*	

P-values en paréntesis parte superior de tabla. Niveles de significancia al: 1% (*), 5% (**) y 10% (***)

T-student en paréntesis parte inferior de tabla. Niveles de significancia al: 1% (*), 5% (**) y 10% (***)

Los *tests* de la tabla muestran que la forma funcional impuesta para estimar la eficiencia debe ser una Fourier flexible (FF), bajo todos los conceptos de eficiencia. Los *p-values* de la parte superior de la tabla rechazan al 1% la especificación Translog (TL) y Cobb-Douglas (CD).

La especificación de la variable que da cuenta de la ineficiencia en el modelo de Battese y Coelli (1992) es $u_{it} = (u_i \exp(-\eta(t-T)))$, donde η es un parámetro a estimar. Se aprecia de la parte inferior de la tabla que la hipótesis nula de que η es cero se rechaza al 1% bajo todos los conceptos de eficiencia y formas funcionales. Estos resultados indican que la eficiencia no es persistente el en tiempo, sino que cambia.

Respecto a la especificación de Battese y Corra (1977) los *tests* en la parte inferior de la tabla rechazan la hipótesis nula de que γ es cero, lo que indica que σ_μ^2 es diferente de cero y, en consecuencia, la variable μ_{it} no debe removerse del modelo.

La tabla N° 3 presenta los resultados del modelo efecto fijo. La parte superior de la tabla muestra el *test* de forma funcional, mientras que la parte inferior presenta el *test* de persistencia establecida en la especificación del modelo de Cornwell y Schmidt (1990).

Tabla 3
Test de hipótesis: modelo Cornwell y Schmidt 1990

Hipótesis nula	PRODUCCIÓN		COSTO		BENEFICIO	
	Test F	gl	Test F	gl	Test F	gl
Translog	2,26	(24, 286)	4,16	(42, 257)	2,31	(42, 224)
<i>p-value</i>	(0,00)*		(0,00)*		(0,00)*	
Cobb-Douglas	4,46	(34, 286)	53,67	(58, 257)	6,08	(62, 224)
<i>p-value</i>	(0,00)*		(0,00)*		(0,00)*	
$\delta_{2i} = \delta_{3i} = 0$	4,41	(80, 286)	6,38	(80, 257)	3,32	(74, 224)
	(0,00)*		(0,00)*		(0,00)*	

P-values en paréntesis. Niveles de significancia al: 1% (*), 5% (**) y 10% (***)

Los *tests* de la tabla muestran que la forma funcional impuesta para estimar la eficiencia debe ser una Fourier flexible (FF), bajo todos los conceptos de eficiencia. Los *p-values* de la parte superior de la tabla rechazan al 1% la especificación Translog (TL) y Cobb-Douglas (CD).

Respecto de la especificación para la eficiencia propuesta por Cornwell y Schmidt (1990), los *tests* en la parte inferior de la tabla rechazan al 1% la hipótesis nula de que la eficiencia se mantenga constante en el tiempo bajo los tres conceptos de eficiencia.

B. *Test de Hausman*

La comparación del estimador efecto fijo con el estimador frontera estocástica es un *test* conjunto del supuesto distribucional y de no correlación entre efectos individuales y las variables exógenas. Bajo la hipótesis nula ambos estimadores son consistentes, pero el estimador efecto fijo es ineficiente. Sin embargo, bajo la hipótesis alternativa el estimador frontera estocástica es inconsistente.

En la tabla N° 4 se evidencia que el *test* de Hausman no rechaza los supuestos impuestos por el modelo frontera estocástica cuando se estima una función de costo. La tabla reporta un valor negativo del *test* cuando se estima una función de producción y una función de beneficio. Greene (1998) muestra que es posible que la matriz de covarianzas del estimador de máxima verosimilitud sea mayor que el estimador del modelo alternativo, en cuyo caso no sería positiva definida la matriz cuya inversa aparece en el estadístico. De ser así, se supone que el estadístico *chi-cuadrado* toma el valor cero. Por lo tanto, al estimar una función de producción y beneficio tampoco se rechazan los supuestos establecidos por frontera estocástica.

Tabla N° 4
Test de Hausman

Hipótesis nula	PRODUCCIÓN		COSTO		BENEFICIO	
	test H	gl	test H	gl	test H	gl
$\beta_{EF} = \beta_{SFA}$	-4,16	38	43,66 (0,24)	62	-105,08	62

P-values en paréntesis. Niveles de significancia al: 1% (*), 5% (**) y 10% (***)

C. *Eficiencia bancaria*

La tabla N° 5 muestra la eficiencia promedio del sistema bancario bajo concepto técnico, costo y beneficio, estimada mediante el modelo de Battese y Coelli (1992) y usando tres formas funcionales: Cobb-Douglas, Translog y Fourier flexible. Se aprecia de la tabla que bajo el concepto de eficiencia técnica no existe diferencia en el nivel de eficiencia de utilizar una forma funcional más flexible, como la Fourier flexible y la Translog, para estimar la frontera. No obstante, bajo conceptos económicos sí existen diferencias considerables. Se observa de la tabla que usar una Fourier flexible en vez de una Cobb-Douglas aumenta el nivel promedio de eficiencia en un 27%, es decir, se pasa de 0,63 (CD) a un 0,90 (FF). Respecto de la eficiencia en beneficio ocurre algo similar. El utilizar una Fourier flexible en vez de una Cobb-Douglas aumenta el nivel promedio de eficiencia en un 11%, pasando de 0,67 (CD) a 0,78 (FF). Estos resultados muestran que el uso de una forma funcional más flexible como la Fourier logra un mejor ajuste de los datos del sistema bancario chileno y, por lo tanto, una mejor aproximación de la eficiencia.

Tabla N° 5
Eficiencia bancaria: modelo SFA

	FF	TL	CD
Producción	0,91	0,91	0,94
Costo	0,90	0,86	0,63
Beneficio	0,78	0,76	0,67

FUENTE: los cálculos son realizados en base a la "Información Financiera" de SBIF

La tabla N° 6 muestra la eficiencia promedio del sistema bancario chileno bajo concepto técnico, costo y beneficio, estimada mediante el modelo de Cornwell y Schmidt (1990) y tres formas funcionales: Cobb-Douglas, Translog y Fourier flexible. Se aprecia de la tabla que bajo el concepto de eficiencia técnica no existe diferencia de eficiencia de utilizar una forma funcional más flexible, como la Fourier flexible, para estimar la frontera, pero sí de usar una Translog. Bajo esta última existe un aumento de eficiencia promedio de 8%. Algo similar ocurre cuando se estima una función de beneficio.

Tabla N° 6
Eficiencia bancaria: modelo efecto fijo

	FF	TL	CD
Producción	0,59	0,68	0,60
Costo	0,38	0,39	0,27
Beneficio	0,38	0,42	0,39

FUENTE: los cálculos son realizados en base a la "Información Financiera" de SBIF

Donde sí existen claras diferencias de eficiencia es bajo el concepto de eficiencia en costo. Se puede observar de la tabla que utilizar una Fourier flexible y Translog en vez de una Cobb-Douglas aumenta el nivel de eficiencia promedio del sistema bancario en un 11% y 12%, respectivamente. Estos resultados muestran, al igual que frontera estocástica, diferencias de eficiencia de utilizar formas funcionales

más flexibles para modelar los datos del sistema bancario chileno y lograr una mejor aproximación de la eficiencia.

5. Conclusiones

Mediante el uso de conceptos de eficiencia técnica, costo y beneficio, metodologías de estimación frontera estocástica y efecto fijo y formas funcionales Cobb-Douglas, Translog y Fourier flexible se encuentran los siguientes resultados: primero, los *tests* de razón de verosimilitud y Fisher muestran que la forma funcional que se debe usar para estimar la frontera de producción, costo y beneficio del sistema bancario chileno debe ser una Fourier flexible. Los *p-values* rechazan al 1% las especificaciones Translog y Cobb-Douglas, bajo todos los conceptos de eficiencia y modelos de estimación. Además, la evidencia muestra considerables diferencias de eficiencia en costo y beneficio de utilizar la forma funcional Fourier flexible, lo que indica que formas funcionales menos flexibles subestiman la eficiencia del sistema bancario. Segundo, los *tests* rechazan al 1% la hipótesis nula de persistencia de la ineficiencia bajo conceptos técnicos y económicos, formas funcionales y metodologías de estimación. Finalmente, el *test* de Hausman no rechazan el supuesto distribucional y de no correlación, entre la ineficiencia y las variables utilizadas para estimar la frontera, impuestos por frontera estocástica.

Referencias

- ÁLVAREZ, A. (2001), “La medición de la eficiencia y la productividad”, *Ediciones Pirámide*.
- BATTESE, G.E. y T. COELLI (1992), “Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India”, *Journal of Productivity Analysis*, 3, pp. 153-169.
- BATTESE, G.E. y G. CORRA (1977), “Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia”, *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21, pp. 169-179.
- BERGER, A. N. y D. HUMPHREY (1997), “Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research”, *European Journal of Operation Research*, 98, pp. 175-212.
- BERGER, A. N. y L. MESTER (1997), “Inside the black box: What explains differences in the efficiencies of financial institutions”. *Journal of Banking and Finance*, 21, pp. 895-947.
- COELLI, T., A. ESTACHE, S. PERELMAN y L. TRUJILLO (2003), “Una introducción a las medidas de eficiencia: para reguladores de servicios públicos y de transporte, *Alfaomega*, Banco Mundial.
- COELLI, T. (2000), “A Guide to Frontier Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation”. CEPA *Working Paper* 96/07.
- COELLI, T., D. RAO y G. BATTESE (1999), “To Efficiency and Productivity Analysis”, *Kluwer Academic Publishers*.
- GALLANT A.R. (1981), “On the Bias in Flexible Functional Forms and an Essentially Unbiased Form: The Fourier Flexible Form”, *Journal of Econometrics* 15, pp. 211-45.
- GREENE, W. H. (1998), “Análisis Econométrico”, 3ª edición.

- GREGOIRE, J. y O. RAMÍREZ (2006), “Cost Efficiency of Microfinance Institutions in Peru: A Stochastic Frontier Approach”, en *Latin American Business Review*, vol. 7 (2), 2006.
- KUMBHAKAR, S. y C. LOVELL (2000), “Stochastic frontier analysis”, Cambridge University Press.
- SUPERINTENDENCIA de BANCOS e INSTITUCIONES FINANCIERAS (varios números) “Información Financiera”, Chile.
- VERGARA, M. (2000), “Determinantes de la Eficiencia Bancaria”. Tesis para optar al grado de Magíster en Finanzas, Universidad de Chile.
- _____ (2003), “Eficiencia Bancaria, Análisis de Razones Financieras. *Estudios de Información y Control de Gestión*. Nº 6, pp. 107-135.
- _____ (2005), “Eficiencia Bancaria: Una Aproximación Paramétrica y No Paramétrica”. Tesis para optar al grado de Magíster en Economía, Universidad de Chile.
- ZÚÑIGA, S. y E. DAGNINO (2003), “Medición de la Eficiencia Bancaria en Chile a través de Fronteras Estocásticas”, en *Abante*, vol. 6, Nº 2, Octubre 2003.