

Frontera estocástica del I+D con cotas fractales para la innovación tecnológica

Stochastic Frontier I & D of fractal dimensions for technological innovation

María Ramos Escamilla* ■ ■ ■

Resumen

En este artículo presentamos un análisis de las variables de estudio como son el PIB, el nivel de empleo, el nivel de I+D y la tecnología que nos servirán de base para la modelación estocástica de las posibilidades de fronteras de producción en las bondades de las cotas fractales Ex Ante-A priori y Ex Post para determinar los niveles de causalidad inmediata y comprobar su exactitud y poder de indexación, usando datos disponibles de alta frecuencia y de esta forma abordar la respuesta de este supuesto de fronteras estocásticas de con nivel N de particiones en el tiempo.

Palabras clave:

- Cota fractal
- nivel browniano
- partición estocástica
- bondades logarítmicas

Abstract

This paper presents an analysis of the study variables such as GDP, employment levels, the level of R & D and technology that will serve as the basis for stochastic modeling of production possibilities frontier in the goodness of fractal dimensions Ex Ante and Ex Post a priori to determine the levels of causality immediately and check its accuracy and power of indexing, using high frequency data and thus address the response this assumption of stochastic frontiers with level N of partitions in time.

Keywords:

- Fractal dimension
- Level Brownian
- Partition stochastic
- Logarithmic benefits

JEL. C73

Introducción

Una estrategia tecnológica está diseñada para ser el primero en colocar nuevos productos, procesos o materiales en el mercado. Esta estrategia está basada en una combinación de acceso privilegiado al sistema mundial, nacional y local de ciencia y tecnología, fuertes capacidades internas de investigación y desarrollo y altas posibilidades de explorar rápidamente nuevas posibilidades así como sus ventajas (empleo, I+D) y desventajas (desempleo, baja del PIB).

La adopción de una estrategia tecnológica depende de la presencia de economías externas en la forma de una infraestructura científica y tecnológica altamente desarrollada [López Casasnovas, G: 1985]. Así como de la capacidad de capacitar a su personal y a sus clientes mediante cursos, manuales, textos, documentales, asistencia técnica, servicios de consultoría y desarrollo de nuevos instrumentos, siendo la eficiente provisión de estos servicios clave para el éxito.

La estrategia es intensiva en investigación y desarrollo, sólo que en este caso las fortalezas clave de la economía están más en la ingeniería de pro-

* Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Economía Cuantitativa, la autora agradece el apoyo otorgado por CONACYT y la SEPI-ESE-IPN (México) así como del Departamento de Economía Cuantitativa de la USC (España).
maria.ramos@usc.es.

ducción y la comercialización, que en la investigación y desarrollo. La innovación en esta estrategia se centra en las mejoras incrementales y en la diferenciación de producto, así como en la capacidad de reaccionar rápidamente ante cambios en el entorno. Esta estrategia es típica de los mercados oligopólicos. Al igual que la estrategia de empleabilidad, la estrategia defensiva requiere de capacitación al personal y a los clientes, y de planeación a largo plazo para ser competitivos [Charnes, A., Cooper, W.W y Rhodes, E :1978].

Análisis del PIB y el empleo

La frontera estocástica (FE) consiste en ajustar las formas funcionales de producción utilizando técnicas matemáticas mediante máxima acotación de parámetros de medición [Lewis y Jones: 1990]. Es una aproximación paramétrica en este sentido y de manera simplificada, la eficiencia técnica de nuestro modelo comienza con el análisis del PIB y el empleo¹.

$$\int_{PIB}^{Ee} f(PIB, e) - P[x(PIB), y(e)]^p dt \quad (1)$$

Después de acotar la integral equivalente del PIB como base respecto del nivel de empleo, hacemos la iteración de los cuadrantes (a, b, c y d), de la frontera estocástica con esperanza acotada en el límite:

$$\left[FE_1 = \frac{\frac{aZ}{b}}{\frac{cZ}{d}} \right] \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{FP} = \left[\frac{(PIB, e)^{\alpha-\gamma}}{[\beta o - \beta n]^2} \right]^{\frac{1}{2}} - \left[\frac{[\beta o - \beta n]^2}{\alpha - \gamma} \right] - \left[\frac{[PIB - c]^2}{(\alpha - \gamma)} \right] E = \left(\frac{PIB - c}{\frac{1}{2}\beta o - \frac{1}{2}\beta n} \right) + \frac{1}{\frac{1}{2}(\alpha - \gamma)^{\beta o - \beta n}} \\ & - \frac{1}{2}(d + PIB)^2 E \frac{PIB - e}{\frac{1}{2}\beta o - \beta n} - \left[\frac{\beta o - \beta n}{\alpha - \gamma} \right]^2 \\ & - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{1}{2}\{a, b, c, d\} \right) \frac{\beta o - \beta n}{PIB - TC} - \left(\frac{\alpha - \gamma}{1} \right)^2 + \frac{1}{2} PIB \right) \\ & - \alpha - \gamma 12 + 1 / 2 PIB \end{aligned}$$

Siguiendo el modelo y en atención al Anexo 4, de PIB por empleo en el mundo, obtenemos que el índice de PIB total es 4.4%, lo que da una ventaja competitiva [Bravo-Ureta, B. y E. Schilder: 1993] de Argentina con .4% a la alza del promedio y la más baja que será -1.1% a la baja para México, esta vez diferenciamos el d para las distancias propuestas [Ahmad, M. y B. Bravo-Ureta: 1996]:

$$\int_{PIR}^e \left| f(a) - g(m) \right|^p d\theta_1 = \int_{PIR}^e \left| f(a) - g(m) \right|^p \frac{d\theta_1}{d\theta} \cdot d\theta \quad (3)$$

Los datos para este análisis consisten en un panel de los 92 países que reportan actividad en el Banco Mundial desde al año 2005 al 2010, sin perturbaciones. Sin embargo, son todavía escasos los estudios empíricos de fronteras de producción orientados al análisis del vínculo entre esperanza, eficiencia y productividad [Farrell, M.J: 1957].

$$\left[\frac{d\theta_1}{d\theta} = \frac{ad - bc}{\left(\frac{cZ}{d}\right)^2} \right]$$

Acotando la diferencial $d\theta$ para las distancias en la iteración de sus cuadrantes obtenemos:

$$(PIB_e) = \int_0^e f(\theta) - P_n[x(\theta)] \Big|^p d\theta$$

$$\int_0^e \|f - P_n\|^p d\theta \leq \int_0^{PIB} |f(\theta) - x(\theta)|^p d\theta = \lambda \quad (4)$$

Puede inferirse algún tipo de parámetro [Park, B.U., R.C. Schmidt and L. Simar: 1998] sobre la intensidad y la relevancia entre el empleo y el PIB producido si los signos parciales de los parámetros estimados resultan negativos como el caso de México, pero en los términos cuadráticos e interacciones y estadísticamente no son significativos.

$$A = 2\pi \int_a^b x \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2} dy$$

Los saltos de 0-1 o bien de 1-0 en D-D que representan las distancias del I+D, según el Anexo 1, obtenemos ventaja al máximo [Alvarez Pinilla, A: 2001] de Nueva Zelandia con 46.0%, con un índice medio tenemos a Polonia con 41.2% y el nivel más bajo que se tiene en los Países Bajos con 4.2% , el rango general es de 10.2% que veremos en la iteración de la cota doble D_2 :

$$1 + D_2 = \frac{1}{2} - (x\xi + y\zeta + z\zeta)^2 \frac{1}{2}$$

$$= \left[\frac{1}{2} - (x\xi + y\zeta + z\zeta)^2 + (x\xi + y\zeta)z\zeta - \frac{1}{2}(\xi^2\zeta^2)^{z^2} \right] \frac{1}{\rho}$$

Partiendo de un browniano en los tiempos fijados y con el I+D como constante cuadrática de elevación en el Corto Plazo-simulación de Nueva Zelandia:

$$= (x^2 - z^2) \frac{1}{2} \xi^2 \frac{1}{\rho} + xy \xi \zeta \frac{1}{\rho} + (y^2 - z^2) \frac{1}{\rho} + zx \xi \zeta \frac{1}{\rho} + yz \xi \zeta \frac{1}{\rho} \quad (7)$$

En el Mediano Plazo-simulación de Polonia:

$$I + D_{200} = x^2 - z^2, I + D_{020} = y^2 - z^2, +D_{001} = xy, I + D_{101} = xz, I + D_{011} = yz$$

En el Largo Plazo-simulación de los Países Bajos:

$$\begin{aligned} I + D_{300} &= x^2 - 3xz^2, I + D_{210} = (x^2 - z^2)y, I + D_{120} = (y^2 - z^2)x, I + D_{030} \\ &= y^3 - 3yz^3, I + D_{201} = \frac{3x^2z}{3} \end{aligned}$$

La fijación de los términos de investigación queda así como el producto de las $K=n$ respecto de las parciales esperadas en I [Banker, R.D., Gadh y Gorr: 1993];

$$\frac{d}{dt}i = \prod_{k=1}^n I_k(x, t) \frac{\partial I}{\partial d_k} + B(x, t)I \quad (8)$$

La fijación de los términos de desarrollo queda así como el producto de las $K=n$ respecto de las parciales esperadas en D ;

$$\frac{d}{dt}d = \prod_{k=1}^n \mu_k * 2i\pi y_k I + d * I + D \quad (9)$$

Este tipo de metodologías no impone ninguna especificación funcional.

Una frontera eficiente de producción $f(t)^3$ define la cantidad máxima del producto que una determinada firma puede producir a partir de un conjunto dado de insumos x [Aigner, D. Y S.F.Chu:1968]. La frontera de producción provee el límite superior de las posibilidades de producción y la combinación insumo-producto, que para cada productor puede estar localizada sobre la frontera o por debajo de ella.

Cotas fractales para el ensamble de las fronteras de producción eficientes

El análisis de las cotas fractales en ensambles para un proceso complejo sobre el cual se debe pensar en términos de sistemas de producción eficiente en sus fronteras [Aigner, D., C.A.K. Lovell y P. Schmidt: 1977], y en forma lo más integral posible a la existencia de múltiples interrelaciones, retroalimentaciones y cambios radicales periódicos; esto es, se debe pensar en forma estoica y no en forma euclidiana.

No existe una forma de análisis realmente superior a las demás, y todas aportan una parte de verdad, un ángulo distinto desde el cual enfocar el problema [De Val, I., y S. Goñi: 2000]. Ante esto, para las funciones no lineales (convencionales y flexibles) deben calcularse los efectos marginales, elasticidades y economías a escala con su respectiva desviación estándar, y así determinar la importancia y relación (directa o inversa, parcial y conjunta) , necesitamos el conjunto del PIB-e (I+D)⁴:

$$|(\mathbf{I}^* \alpha)(t, y)| \leq \frac{|t - t_0|^m}{m!} PBe(\alpha) \wedge (|y|) \quad (10)$$

Un coeficiente negativo en este caso implica que la eficiencia técnica es una función creciente de la mayor participación de un departamento en la generación de valor agregado relativo a su tamaño como se observa en el Anexo 2 (empleo), donde el estándar de población activa es de 28.8% , lo que en términos fraccionales supera $\frac{1}{4}$ del total y por ende la hipótesis a probar que tiene ensambles fractales esta frontera de producción es que las variables

³ Lema de esperanza: (A e) f $\subset$ A (e + f) , luego de escribir: h (A, B) = p, h (A, C) = q, & h (C, B) = r, por lo que , A $\subset$ B p, p B $\subset$ A, A $\subset$ C q, q C $\subset$ A, C $\subset$ B r, & B $\subset$ C r, desde C $\subset$ B r vemos q $\subset$ C (B r) $\subset$ B r q + q, por el lema. A partir de q $\subset$ C y C $\subset$ B q r + q vemos A $\subset$ B r + q.

⁴ Considerando el $\text{Log}(N(r)) = \log(k) + \log((1/r)^d) = d \cdot \text{Log}(1/r) + \log(k)$

I+D son negativas y significativas, es decir que una mayor aglomeración que reduce la ineficiencia técnica [Ali, A.I., C.S. Lerme y L.M. Seiford:1995]. En otras palabras, se espera que las tres variables proxys de las economías de aglomeración estén asociadas positivamente con la eficiencia técnica de $t-t_0$.

$$\begin{aligned}
& \text{I+D} \frac{|t-t_0|^m}{m!} \text{PIBe}(\alpha)(|y|+L) \wedge (|y|+\rho) \\
& I \frac{|t-t_0|^m}{m!} \text{PIBe}(\alpha)(|y|+\rho+L) \wedge (|y|)+\rho \\
& \text{D=PIB}\left(\frac{1}{\rho+E}+2(\text{I+D})n+2(\text{I+D})m\right)
\end{aligned} \tag{11}$$

Los niveles de tecnología están en 13% el más alto lo tiene Europa y Asia Central (35.4%), seguido de Estados Unidos (33.54%) y Corea (33.72) por ciento.

$$\begin{aligned} |(I^* \alpha)(t, y)| &\leq K \frac{|t - t_0|^m}{m!} PIB_e(\alpha) \\ D(|y| + \lambda) \dots (|y| + m\lambda) e^{c(|y| - m\lambda)} \\ &\leq K PIB_e(\alpha) \frac{h^m |t - t_0|^m}{m!} (|y| + m\lambda) e^{c(|y| - m\lambda)} \end{aligned} \quad (12)$$

Las economías en torno a esta metodología de fronteras estocásticas se acumulan debido a la existencia de insumos o factores especializados, que pueden ser compartidos por firmas en la misma industria (ventajas comparativas y competitivas). Además, la proximidad de muchas firmas en la misma industria ofrece beneficios en la diseminación de la información, tanto por el lado de la producción (en la adopción de nuevos procesos de producción) como por el de la demanda (con una proximidad cercana a la competencia y a los consumidores).

$$\simeq \frac{KPIBe(\alpha)}{\sqrt{2(i+D)n}} \left[\frac{h}{m} \frac{|t-t_0|}{m} e(|y|+m\lambda)^m e^{c(|y|-m\lambda)} \right] \quad (13)$$

El análisis del impacto de $KPIB_e$ sobre la eficiencia constituye una de las áreas más promisorias e inexploradas en la investigación empírica.

$$\lesssim \frac{KPIB_e(\alpha)}{\sqrt{2(I+D)n}} \left[2h|t-t_0|e\lambda e^{2C(\lambda)} \right]^m \quad (14)$$

Cabe hacer mención que las aproximaciones probabilísticas y estocásticas básicamente tratan de reducir la sensibilidad de la frontera estimada a errores aleatorios. La aproximación probabilística [Afriat , S:1972], consigue este objetivo, permitiendo que un porcentaje previamente especificado de las observaciones más eficientes caiga por encima de la frontera. Las fronteras estocásticas, por su parte, especifican tanto una distribución para la eficiencia como variaciones aleatorias en la estructura del error de la frontera estimada.

Anexos

Anexo 1. Índice de Desarrollo en el Mundo según el Banco Mundial

Country Name	Code	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Asia oriental y el Pacífico	EAS	6.50	11.33	10.17	9.69	5.60	5.50
Asia oriental y el Pacífico	EAP	10.13	8.71	8.20	8.46	26.70	16.20
Zona del Euro	EMU	4.92	4.75	4.51	20.80	4.72	16.70
Europa y Asia central	ECS	4.99	4.83	4.59	2.60	4.71	6.30
Europa y Asia central	ECA	9.00	8.35	7.46	7.48	9.41	10.00
Unión Europea	EUU	8.55	8.12	7.29	7.22	9.08	9.34
Ingreso alto	HIC	8.14	8.12	7.60	7.70	9.50	20.10
Ingreso alto: Miembros de OCDE	OECD	8.87	8.17	7.12	6.92	8.91	9.57
América Latina y el Caribe	LCN	6.67	6.15	5.61	5.87	8.05	8.45
América Latina y el Caribe	LAC	6.67	6.13	5.60	5.90	8.11	8.44
Ingreso mediano y bajo	LMY	8.46	7.50	7.22	6.93	7.88	9.20
Países de ingreso mediano bajo	LMC	8.44	7.48	7.20	6.91	7.85	7.70
Ingreso mediano	MIC	5.99	13.30	11.00	6.00	4.80	16.60
América del Norte	NAC	12.32	11.22	10.19	9.76	6.50	9.60
Miembros OCDE	OED	12.86	11.97	10.83	10.64	25.50	4.40
Asia meridional	SAS	5.28	4.78	4.75	5.83	9.19	9.43
Ingreso mediano alto	UMC	6.60	6.08	5.64	5.94	8.15	8.33
Mundo	WLD	5.93	5.56	5.43		5.80	14.40
Argentina	ARG	8.50	8.30	13.50	13.00	13.80	7.20
Armenia	ARM	15.30	12.30	13.80	11.30	10.20	11.40
Australia	AUS	10.60	10.10	8.50	7.80	8.60	4.90
Austria	AUT	5.00	4.80	4.40	4.20	5.60	5.20
Belarús	BLR	5.20	4.70	4.40	3.80	4.80	4.40
Bélgica	BEL	8.10	6.80	6.50	6.10	6.00	7.70
Brasil	BRA	10.20	7.60	7.90	8.70	14.20	11.30

Bulgaria	BGR	9.10	8.70	7.40	8.10	4.40	5.20
Canadá	CAN	8.40	8.20	7.50	7.00	7.90	8.30
Chile	CHL	11.00	9.40	8.50	8.20		6.10
China	CHN	3.10	3.10	3.70	4.30	4.00	3.60
Colombia	COL	5.40	5.30	5.20	1.30	1.20	8.40
Croacia	HRV		31.80	29.70	23.90	24.10	27.20
Cuba	CUB	9.30	8.40	8.10	7.10	8.30	8.20
Chipre	CYP	10.10	9.00	6.90	5.60	6.80	10.20
República Checa	CZE	2.70	2.30	3.30	14.30	14.10	6.10
Dinamarca	DNK	6.80	6.30	6.00	6.10	8.30	8.00
Ecuador	ECU	8.00	7.70	7.10	7.80	9.70	8.10
Egipto, República Árabe	EGY	4.20	4.10	4.00		4.30	14.20
Estonia	EST	11.30	10.50	12.00	13.20	12.00	11.60
Finlandia	FIN	6.60	6.00	4.60	4.90	7.80	10.60
Francia	FRA	12.60	11.10	9.60	8.40	9.00	11.80
Georgia	GEO	1.90	1.90	1.80	1.60	7.40	8.00
Alemania	DEU	5.30	4.50	3.90	3.60	5.30	6.20
Grecia	GRC	7.90	7.10	5.30	4.40	6.70	7.30
Guatemala	GTM	4.80	3.90	3.80	3.30	6.00	7.40
Hong Kong, Región Administrativa	HKG	18.00	16.40	15.60	14.20	14.90	14.30
Hungría	HUN	7.70	7.70	6.10	7.30	6.50	7.20
Islandia	ISL	11.20	10.60	8.90	8.70	9.40	3.10
India	IND	7.20	6.60	6.30	5.90	7.30	4.60
Irlanda	IRL	7.90	5.90	4.70	5.50	13.80	16.90
Israel	ISR	8.40	7.60	6.80	6.30	8.20	8.40
Japón	JPN	8.90	8.80	8.00	7.40	9.10	9.30
Jordania	JOR	13.80	13.60	13.30	16.50		5.10
Kenya	KEN	11.10	10.30	8.60	7.50	7.70	7.10
Corea, Rep. Popular Democrática	PRK	9.90	8.90	8.30	7.70	9.50	12.50
Corea, República de	KOR	5.60	4.80	4.00	3.60	5.20	12.20
Letonia	LVA	7.20	7.50	7.40	7.80	10.00	11.20
Lituania	LTU	2.60	3.00	2.30	3.00	7.20	7.60
Luxemburgo	LUX	11.20	10.30	9.10	8.40	7.90	7.10
Madagascar	MDG	12.10		10.60	10.50		10.60
Malasia	MYS	4.30	4.40	4.60	6.00	11.70	13.50
México	MEX	9.00	8.40	7.30	6.10	7.50	6.60
República de Moldova	MDA	7.70	6.80	6.10	6.70	7.80	8.40
Mónaco	MCO	10.90	9.60	9.40	10.60	11.40	6.80

Mongolia	MNG	4.40	4.10	3.90	4.00	5.00	5.00
Marruecos	MAR	8.10	7.80	7.30	6.60	6.60	5.40
Países Bajos	NLD	3.70	3.40	3.20	3.20	3.60	3.70
Nueva Zelandia	NZL	41.40	44.90	46.30	47.50	45.40	4.60
Noruega	NOR	8.10	8.30	8.20	8.20	8.40	8.60
Pakistán	PAK	8.90	6.80	6.00	7.40	17.10	18.70
Paraguay	PRY	8.30	5.60	4.30	5.80	13.70	17.80
Perú	PER	4.50	4.70	4.10	5.10	5.10	4.40
Filipinas	PHL	4.20	3.70	3.00	3.00	3.60	6.40
Polonia	POL	37.30	36.00	34.90	33.80	32.20	32.00
Portugal	PRT	3.50	3.30	3.20	3.30	3.70	5.20
Rumania	ROU	7.30	6.90	6.50	6.00	6.90	6.90
Federación de Rusia	RUS	9.60	9.10	8.50	7.20	7.30	7.70
Serbia	SRB	9.30	9.60	7.60	7.30	7.70	6.40
Singapur	SGP	3.50	3.20	3.40	3.50	5.20	5.30
República Eslovaca	SVK	7.30	7.40	5.10	4.00	6.40	4.60
Eslovenia	SVN	11.00	9.70	9.70	9.60	10.00	9.20
Sudáfrica	ZAF	4.70	3.90	3.20	2.80	3.40	4.50
España	ESP	3.80	3.90	3.70	4.20	6.10	6.50
Sri Lanka	LKA	4.60	3.40	2.50	2.60	3.20	3.60
Suecia	SWE	9.80	8.70	6.40	5.60	6.60	6.50
Suiza	CHE	5.80	6.70	5.60	5.60	8.80	5.30
Tailandia	THA	11.40	8.80	7.20	6.40	6.30	5.80
Ucrania	UKR	7.70	8.00	7.40	7.30	7.50	7.40
Reino Unido	GBR	17.70	13.80	9.60	7.10	8.20	9.60
Estados Unidos	USA	7.60	7.70	8.00	7.60	9.50	10.80
Uruguay	URY	11.30	11.00	10.90	11.60	13.40	5.40
Uzbekistán	UZB	7.20	7.30	6.40	5.80	6.90	7.30
Viet Nam	VNM	7.20	7.20	6.10	6.30	8.40	7.50

Anexo 2
Nivel de empleo en el mundo según el Banco Mundial

Country Name	Code	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Asia oriental y el Pacífico	EAS	21.40	20.10	19.20	19.10	19.60	20.10
Asia oriental y el Pacífico	EAP	9.80	9.50	9.30	9.00	9.00	8.60
Zona del Euro	EMU	8.50	8.50	9.20	9.00	8.70	9.00
Europa y Asia central	ECS	62.60	56.50	53.20	54.70	53.30	54.10
Europa y Asia central	ECA	2.20	2.20	2.10	2.00	2.00	2.00
Unión Europea	EUU	10.60	10.40	10.30	10.00	10.30	9.90
Ingreso alto	HIC	28.40	27.20	27.00	25.20	25.10	
Ingreso alto: Miembros de OCDE	OEC	10.20	9.20	8.40	8.70	9.00	9.00
América Latina y el Caribe	LCN	27.00	26.00	24.80	24.40	25.70	24.70
América Latina y el Caribe	LAC	45.40	43.70	41.30	46.90	47.20	48.60
Ingreso mediano y bajo	LMY	21.10	21.60	19.70	19.60	10.10	10.30
Países de ingreso mediano bajo	LMC	19.90	17.90	16.20	16.30	16.60	17.80
Ingreso mediano	MIC	15.80	15.10	14.30	14.40	14.70	13.90
América del Norte	NAC	12.30	12.10	12.40	12.50	13.00	14.10
Miembros OCDE	OED	5.20	5.10	5.10	5.00	5.30	5.30
Asia meridional	SAS	13.30	12.70	10.80	12.20	11.30	12.90
Ingreso mediano alto	UMC	41.60	42.50	41.90	40.00	42.50	45.60
Mundo	WLD	25.30	24.80	27.30	22.70	21.80	20.40
Argentina	ARG	38.80	35.50	35.10	36.20	38.30	
Armenia	ARM	5.40	5.40	5.80	4.40	4.40	4.80
Australia	AUS	8.80	8.80	8.60	9.00	9.60	9.20
Austria	AUT	6.60	6.90	6.50	5.90	6.50	7.00
Belarús	BLR	64.20	64.60	62.20	63.20	61.20	61.90
Bélgica	BEL	7.40	7.20	7.10	6.80	6.70	6.70
Brasil	BRA	28.40	28.30	27.60	27.00	27.30	28.00
Bulgaria	BGR	47.70	49.90	50.10	53.40	51.60	52.80
Canadá	CAN	7.70	7.80	7.20	7.40	7.40	
Chile	CHL	7.70	7.10	7.00	7.00	7.10	6.80
China	CHN	8.70	9.40	8.70	8.00	8.20	8.30
Colombia	COL	63.40	63.10	63.10	64.40	63.70	61.80
Croacia	HRV	11.40	10.90	11.40	11.70	12.00	11.80
Cuba	CUB	12.60	12.30	12.10	12.10	11.90	12.10
Chipre	CYP	7.50	7.90	7.40	7.20		16.80
República Checa	CZE	19.50	19.30	19.10	18.60	18.20	18.50
Dinamarca	DNK	34.50	35.40	33.40	36.50	31.90	82.90

Ecuador	ECU	12.10	11.20	10.80	10.50	10.10	9.30
Egipto, República Árabe	EGY	3.00	2.80	0.90	2.10	9.60	29.50
Estonia	EST	34.40	33.60	32.80	31.90	61.90	32.40
Finlandia	FIN	26.30	25.80	25.20	24.80	23.50	51.10
Francia	FRA	8.20	8.20	7.40	6.80	7.70	7.50
Georgia	GEO	14.90	13.50	11.60	9.40	9.60	8.80
Alemania	DEU	5.30	5.20	4.30	4.10	5.90	4.60
Grecia	GRC	6.40	5.50	5.20	4.60	8.20	7.80
Guatemala	GTM	22.40	23.30	22.20	23.20	8.40	12.10
Hong Kong, Región Administrativa	HKG	21.20	21.90	22.30	21.90	21.50	45.20
Hungría	HUN	9.20	9.50	9.30	9.00	9.30	9.70
Islandia	ISL	16.70	16.20	16.80	16.30	15.90	16.00
India	IND	31.00	29.70	29.50	29.20	29.50	16.30
Irlanda	IRL	36.30	31.90	32.40	31.10	28.50	29.20
Israel	ISR	35.40	36.30	61.90	53.10	57.50	31.10
Japón	JPN	57.70	51.90	51.10	51.90	50.50	53.10
Jordania	JOR	8.60	8.90	9.20	9.40	9.70	11.10
Kenya	KEN	11.90	12.10	11.80	12.10	10.90	51.90
Corea, Rep. Popular Democrática	PRK	45.40	45.20	44.70	32.70	32.40	59.70
Corea, República de	KOR	6.10	6.40	5.90	5.70	5.90	5.60
Letonia	LVA	61.20	61.90	61.80	63.10	35.40	55.80
Lituania	LTU	31.80	30.50	27.70	27.20	32.20	30.90
Luxemburgo	LUX	48.80	49.20	46.80	44.50	87.80	16.80
Madagascar	MDG	33.20	32.70	31.20	39.60	82.90	61.90
Malasia	MYS	44.80	44.50	43.60	43.50	9.30	51.10
México	MEX	21.80	20.40	19.40	18.90	18.60	18.60
República de Moldova	MDA	19.70	19.00	19.00	18.50	18.30	17.60
Mónaco	MCO	33.50	32.10	32.20	31.20	31.40	33.10
Mongolia	MNG	6.20	6.00	5.80	5.70	29.50	32.40
Marruecos	MAR	24.40	22.50	22.70	29.40	28.20	5.20
Países Bajos	NLD	10.30	10.00	10.30	10.00	9.80	5.50
Nueva Zelandia	NZL	9.40	9.50	9.80	10.60	12.30	12.40
Noruega	NOR	11.30	15.90	13.00	11.50	12.80	13.50
Pakistán	PAK	17.60	15.60	15.10	10.10	10.10	16.80
Paraguay	PRY	13.00	12.40	12.10	11.80	11.20	11.20
Perú	PER	37.60	41.30	40.70	40.60	39.80	23.30
Filipinas	PHL	6.60	6.80	6.70	6.60	6.90	7.00
Polonia	POL	9.60	9.70	10.10	9.70	9.40	9.10

Portugal	PRT	44.70	34.90	37.50	31.50	34.20	33.10
Rumania	ROU	53.10	53.20	53.30	54.10	52.50	53.10
Federación de Rusia	RUS	40.70	38.10	33.80	33.10	34.30	33.80
Serbia	SRB	10.10	10.30	10.50	10.50	10.80	11.30
Singapur	SGP	24.70	25.10	25.10	23.40	23.20	42.40
República Eslovaca	SVK	31.20	30.40	29.80	30.50	30.80	53.20
Eslovenia	SVN	36.20	36.10	36.20	30.40	27.60	92.20
Sudáfrica	ZAF	36.90	34.30	34.40	35.30	33.10	56.70
España	ESP	80.10	77.50	78.30	77.00	73.90	17.50
Sri Lanka	LKA	37.60	36.20	36.10	36.20	30.40	47.50
Suecia	SWE	40.70	38.10	33.80	33.10	34.30	9.00
Suiza	CHE	12.40	12.10	11.80	11.20	11.20	24.90
Tailandia	THA	41.30	40.70	40.60	39.80		33.20
Ucrania	UKR	6.80	6.70	6.60	6.90	7.00	56.10
Reino Unido	GBR	9.70	10.10	9.70	9.40	9.10	16.50
Estados Unidos	USA	34.90	37.50	31.50	34.20	33.10	44.40
Uruguay	URY	7.00	7.00	6.60	6.90	6.60	9.80
Uzbekistán	UZB	10.40	10.40	10.90	9.80	9.60	26.40
Viet Nam	VNM	39.10	39.30	39.50	37.60	37.60	39.20

Anexo 3

Country Name	Code	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Asia oriental y el Pacífico	EAS	1.44	1.35	1.09	1.46	1.44	1.84
Asia oriental y el Pacífico	EAP	2.76	2.55	2.10	1.14	2.41	2.88
Zona del Euro	EMU	30.71	30.27	27.01	25.65	27.35	26.37
Europa y Asia central	ECS	32.87	32.13	29.01	26.33	28.41	28.72
Europa y Asia central	ECA	17.13	16.68	13.69	13.21	14.77	14.93
Unión Europea	EUU	17.27	17.46	13.59	13.12	14.99	14.77
Ingreso alto	HIC	6.07	6.64	6.19	6.31	8.22	6.70
Ingreso alto: Miembros de OCDE	OEC	18.16	18.41	14.02	13.57	15.31	15.33
América Latina y el Caribe	LCN	5.27	6.23	4.80	3.41	7.19	20.86
América Latina y el Caribe	LAC	21.32	21.51	17.59	17.08	18.44	17.40
Ingreso mediano y bajo	LMY	24.94	25.75	20.28	20.14	25.45	24.80
Países de ingreso mediano bajo	LMC	20.75	20.86	17.15	16.56	17.41	16.50
Ingreso mediano	MIC	12.17	12.02	11.61	10.05	11.47	10.93
América del Norte	NAC	12.39	12.23	11.85	10.27	11.52	10.93
Miembros OCDE	OED	18.64	18.55	17.38	15.57	17.88	17.78
Asia meridional	SAS	12.72	11.72	10.79	9.35	11.39	11.03
Ingreso mediano alto	UMC	3.04	3.59	2.02	2.52	3.49	32.48
Mundo	WLD	18.84	18.72	17.54	15.67	18.01	17.90
Argentina	ARG	25.74	26.06	23.89	23.18	20.46	18.75
Armenia	ARM	20.40	20.48	16.88	16.26	17.12	16.22
Australia	AUS	3.54	2.75	3.80	2.78	3.90	0.72
Austria	AUT	4.09	7.76	4.62	4.25	0.78	1.08
Belarús	BLR	4.98	5.25	5.67	6.29	8.28	6.67
Bélgica	BEL	3.10	7.34	4.43	3.60	5.05	2.80
Brasil	BRA	54.65	7.34	4.43	3.60	5.05	2.80
Bulgaria	BGR	20.17	20.36	19.17	17.16	19.67	19.45
Canadá	CAN	20.67	20.74	17.54	16.67	18.29	17.52
Chile	CHL	4.22	6.17	1.31	3.47	0.76	0.89
China	CHN	1.48	1.62	0.72	0.66	0.63	0.50
Colombia	COL	6.83	7.05	6.59	9.02	8.69	7.45
Croacia	HRV	0.62	1.08	0.88	1.41	2.18	1.85
Cuba	CUB	6.41	19.64	18.98	17.18	3.03	3.29
Chipre	CYP	12.79	12.34	10.27	10.79	11.93	11.88
República Checa	CZE	13.74	13.34	11.31	11.00	11.64	11.91

Dinamarca	DNK	1.06	1.75	3.40	0.92	0.98	1.08
Ecuador	ECU	0.00	0.39	0.00	9.64	9.79	8.82
Egipto, República Árabe	EGY	0.07	0.06	0.05	8.37	2.31	10.57
Estonia	EST	0.32	0.22	1.15	11.95	6.50	5.19
Finlandia	FIN	20.35	18.06	9.99	4.27	9.80	12.13
Francia	FRA	2.70	2.79	2.77	2.43	3.13	3.04
Georgia	GEO	9.02	8.35	7.41	7.98	10.36	10.47
Alemania	DEU	0.01	10.21	0.08	0.11	0.38	30.89
Grecia	GRC	4.14	5.49	0.75	0.13	0.22	0.14
Guatemala	GTM	8.94	22.30	4.68	4.43	4.93	8.62
Hong Kong, Región Administrativa	HKG	2.04	2.17	2.14	4.14	3.28	2.58
Hungría	HUN	0.44	0.42	0.43	0.57	0.92	0.40
Islandia	ISL	12.84	12.08	11.87	11.65	13.20	11.21
India	IND	4.77	6.12	5.97	6.55	8.15	7.91
Irlanda	IRL	22.48	11.16	5.67	0.68	0.51	7.80
Israel	ISR	4.19	3.14	2.16	7.52	11.54	8.50
Japón	JPN	0.12	0.03	0.04	0.08	0.18	0.09
Jordania	JOR	2.21	2.74	2.93	1.97	2.54	4.87
Kenya	KEN	13.08	13.34	12.75	13.60	16.22	14.04
Corea, Rep. Popular Democrática	PRK	6.42	6.38	6.48	4.89	3.40	5.48
Corea, República de	KOR	30.84	30.51	26.66	25.57	27.53	27.51
Letonia	LVA	4.99	4.08	2.91	3.72	5.22	5.06
Lituania	LTU	38.03	44.72	45.37	39.43	44.18	39.97
Luxemburgo	LUX	11.40	9.85	8.21	8.35	9.76	9.15
Madagascar	MDG	16.97	22.73	29.37	30.45	30.86	37.12
Malasia	MYS	12.95	14.32	13.24	13.56	14.56	15.30
México	MEX	22.51	19.93	16.79	15.58	17.70	14.21
República de Moldova	MDA	7.48	7.74	6.18	0.45	0.93	0.01
Mónaco	MCO	8.40	5.58	13.67	5.33	2.75	2.95
Mongolia	MNG	7.66	7.87	6.17	3.72	3.93	8.43
Marruecos	MAR	0.40	0.55	0.19	0.97	0.84	0.88
Países Bajos	NLD	4.34	4.42	4.53	4.27	4.99	5.78
Nueva Zelanda	NZL	14.66	12.63	5.80	5.40	5.68	9.15
Noruega	NOR	1.45	0.43	2.53	2.62	3.09	3.03
Pakistán	PAK	6.15	8.06	10.85	11.14	9.99	10.61
Paraguay	PRY	11.86	11.58	8.76	6.42	8.78	8.37
Perú	PER	25.06	22.31	17.98	17.21	13.96	10.80
Filipinas	PHL	20.27	21.46	18.48	19.97	22.64	24.92

Polonia	POL	13.15	11.68	2.33	16.02	9.11	4.75
Portugal	PRT	5.31	6.82	6.95	6.95	7.76	7.64
Rumania	ROU	2.83	2.76	2.24	2.44	4.53	12.80
Federación de Rusia	RUS	22.59	16.47	7.49	2.69	3.94	1.78
Serbia	SRB	17.42	17.14	13.99	13.30	15.26	15.25
Singapur	SGP	0.20	0.18	1.05	1.43	3.66	2.00
República Eslovaca	SVK	10.58	10.96	7.37	9.31	10.86	10.19
Eslovenia	SVN	3.38	3.44	3.56	4.20	4.59	5.68
Sudáfrica	ZAF	22.98	22.06	18.41	17.31	18.76	17.96
España	ESP	1.39	1.23	1.13	0.92	1.41	2.86
Sri Lanka	LKA	2.90	3.24	5.51	4.15	5.31	5.70
Suecia	SWE	15.60	11.36	11.52	11.25	14.71	16.10
Suiza	CHE	25.83	24.12	23.79	23.30	24.94	24.24
Tailandia	THA	33.97	46.88	60.66	40.75	31.45	20.87
Ucrania	UKR	5.80	6.07	6.40	6.78	9.09	7.18
Reino Unido	GBR	16.55	13.47	11.00	10.90	12.87	11.37
Estados Unidos	USA	34.73	34.53	27.26	25.73	24.26	21.23
Uruguay	URY	14.03	14.51	7.48	11.12	17.62	14.66
Uzbekistán	UZB	7.98	7.33	6.26	6.40	7.47	7.23
Viet Nam	VNM	0.09	0.11	0.20	0.43	0.51	0.57

Anexo 4
Nivel de PIB por empleo en el mundo según el Banco Mundial

Country Name	Code	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Asia oriental y el Pacífico	EAS	11338.72	12104.76	13056.00	13647.27	14295.89	15265.54
Asia oriental y el Pacífico	EAP	7999.17	8770.28	9721.89	10395.90	11195.23	12096.46
Zona del Euro	EMU	44606.21	45200.62	45690.42	45559.65	44554.39	45512.88
Europa y Asia central	ECS	30912.77	31788.43	32531.62	32693.91	31686.05	32367.15
Europa y Asia central	ECA	15464.68	16561.78	17623.07	18205.49	17329.92	17947.95
Unión Europea	EUU	41077.64	41724.50	42256.22	42130.15	41105.71	42032.91
Ingreso alto	HIC	2233.73	2321.62	2412.90	2507.94	2558.58	2609.99
Ingreso alto: Miembros de OCDE	OEC	48883.76	49485.19	49977.66	49844.13	49186.14	50547.46
América Latina y el Caribe	LCN	49706.31	50342.78	50890.04	50804.45	50233.27	51661.98
América Latina y el Caribe	LAC	16239.54	16647.45	17301.37	17572.64	17081.20	17607.48
Ingreso mediano y bajo	LMY	16158.27	16551.43	17202.15	17474.29	16982.04	17509.41
Países de ingreso mediano bajo	LMC	2729.19	2869.36	3011.58	3111.13	2938.74	3029.99
Ingreso mediano	MIC	8484.26	9053.84	9748.63	10201.16	10498.79	11098.06
América del Norte	NAC	2555.91	2682.82	2812.76	2895.53	2692.97	2764.57
Miembros OCDE	OED	6934.59	7294.99	7702.54	7976.91	8213.15	8582.24
Asia meridional	SAS	14350.87	14762.88	15173.94	15506.46	15493.79	15725.21
Ingreso mediano alto	UMC	11832.35	12177.49	12586.05	12798.27	12902.78	13090.45
Mundo	WLD	9175.10	9803.82	10572.62	11082.52	11359.73	12030.06
Argentina	ARG	62270.92	62758.94	63206.90	63385.51	63960.94	66022.14
Armenia	ARM	46200.19	46761.90	47293.20	47139.29	46454.22	47627.19
Australia	AUS	6200.03	6561.68	6970.85	7274.29	7607.98	7985.77
Austria	AUT	3103.31	3226.61	3370.97	3456.05	3481.75	3558.13
Belarús	BLR	3103.31	3226.61	3370.97	3456.05	3481.75	3558.13
Bélgica	BEL	10831.23	11663.29	12698.21	13398.84	13721.47	14613.07
Brasil	BRA	15714.27	16297.52	16957.60	17286.16	17323.45	17980.03
Bulgaria	BGR	13384.00	14065.00	14896.00	15897.00	17787.00	18078.00
Canadá	CAN	8372.00	8256.00	8245.00	8210.00	8214.00	8334.00
Chile	CHL	1825.00	2101.00	2454.00	2698.00	2653.00	2744.00
China	CHN	24767.00	25789.00	27746.00	28581.00	27478.00	28678.00
Colombia	COL	22872.00	26018.00	29351.00	30938.00	26270.00	27029.00
Croacia	HRV	48482.00	48928.00	49463.00	49427.00	49677.00	50153.00
Cuba	CUB	46226.00	47226.00	48119.00	48317.00	46863.00	47474.00
Chipre	CYP	9620.00	12535.00	15514.00	17005.00	18509.00	18939.00
República Checa	CZE	12209.00	12840.00	13702.00	14378.00	14631.00	14940.00

Dinamarca	DNK	3245.00	3385.00	3524.00	3662.00	3787.00	3917.00
Ecuador	ECU	19407.00	19877.00	20384.00	20289.00	19463.00	19259.00
Egipto, República Árabe	EGY	21432.00	23296.00	24716.00	26720.00	26598.00	28465.00
Estonia	EST	54235.00	55036.00	55752.00	55351.00	54022.00	54882.00
Finlandia	FIN	7250.00	7398.00	7510.00	7762.00	7842.00	7964.00
Francia	FRA	25874.00	27363.00	27367.00	27789.00	26799.00	26751.00
Georgia	GEO	12059.00	12239.00	12732.00	12947.00	12891.00	13419.00
Alemania	DEU	16014.00	16505.00	17029.00	17617.00	17207.00	18141.00
Grecia	GRC	2455.00	2506.00	2513.00	2566.00	2559.00	2581.00
Guatemala	GTM	3343.00	3615.00	3883.00	4089.00	3906.00	3988.00
Hong Kong, Región Administrativa	HKG	2862.00	2872.00	2885.00	2888.00	2871.00	2872.00
Hungría	HUN	48862.00	49280.00	49225.00	48729.00	48302.00	48916.00
Islandia	ISL	30473.00	29356.00	30004.00	30153.00	29259.00	30417.00
India	IND	7710.00	8620.00	9768.00	10638.00	11540.00	12593.00
Irlanda	IRL	15326.00	16856.00	17708.00	17775.00	17501.00	17985.00
Israel	ISR	633.00	647.00	666.00	684.00	679.00	690.00
Japón	JPN	16505.00	17434.00	17858.00	18025.00	17464.00	17777.00
Jordania	JOR	3008.00	2954.00	2926.00	2916.00	2947.00	2955.00
Kenya	KEN	22332.00	23529.00	23987.00	24292.00	23310.00	24003.00
Corea, Rep. Popular Democrática	PRK	25701.00	26302.00	26782.00	26988.00	26743.00	27080.00
Corea, República de	KOR	22641.00	23723.00	24524.00	24822.00	24049.00	24941.00
Letonia	LVA	47151.00	47751.00	47204.00	45822.00	44814.00	46598.00
Lituania	LTU	11440.00	11964.00	12682.00	12972.00	13038.00	13487.00
Luxemburgo	LUX	12159.00	12193.00	12494.00	13208.00	12883.00	12982.00
Madagascar	MDG	10641.00	11070.00	11664.00	12240.00	12530.00	12897.00
Malasia	MYS	40686.00	42687.00	45299.00	42932.00	41032.00	44568.00
México	MEX	1543.00	1668.00	1810.00	1952.00	2083.00	2184.00
República de Moldova	MDA	49113.00	50352.00	51909.00	51574.00	48817.00	50278.00
Mónaco	MCO	53990.00	54650.00	55149.00	54941.00	54171.00	55033.00
Mongolia	MNG	12661.00	13828.00	15926.00	17336.00	16589.00	17433.00
Marruecos	MAR	42411.00	43570.00	43998.00	43823.00	41760.00	43050.00
Países Bajos	NLD	3205.00	3321.00	3423.00	3577.00	3629.00	3711.00
Nueva Zelandia	NZL	34254.00	34647.00	35503.00	35881.00	35311.00	34767.00
Noruega	NOR	13150.00	13401.00	13735.00	14288.00	13700.00	13588.00
Pakistán	PAK	53841.00	56522.00	58707.00	59402.00	58386.00	61382.00
Paraguay	PRY	20737.00	21358.00	21588.00	22049.00	21173.00	21473.00
Perú	PER	45204.00	44969.00	45602.00	45677.00	45462.00	44155.00
Filipinas	PHL	6283.00	6727.00	7169.00	7528.00	7959.00	8401.00

- Alvarez Pinilla, A. (2001), *La medición de la eficiencia y la productividad*, Ed. Pirámide, Madrid.
- Banker, R.D., Gadh y Gorr (1993), "A Monte Carlo Comparison of Two Production Frontier Estimation Methods, Corrected Ordinary Least Squares and Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 67, 332-343.
- Bravo-Ureta, B. y E. Schilder (1993): "Análisis de la Eficiencia Técnica Mediante Funciones Estocásticas de Fronteras: el caso de la Cuenca Lechera Central Argentina". Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agrícola. Cordoba, Argentina.
- Charnes, A., Cooper, W.W y Rhodes, E. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Debreu, G. (1951), "The Coefficient of Resource Utilization", *Econometrica*, 19: 14-22.
- De Val, I., y S. Goñi (2000), Eficiencia y configuraciones organizativas: un análisis empírico, *Revista Europea de Economía y Dirección de Economías*, 8, 4: 55-70.
- Farrell, M.J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of The Royal Statistical Society, Series A*, CXX, Part 3: 253-290.
- Park, B.U., R.C. Schmidt and L. Simar (1998), Stochastic panel frontiers: a semiparametric approach, *Journal of Econometrics*, 84: 273-301.
- Lewis y Jones (1990): "Output and performance measurement in Government. The state of the art", en M. Cave *et al.* (eds.), J. Kingsley publishers, Londres.
- López Casanovas, G. (1985), "Gasto público y racionalización presupuestaria", *Papeles de Economía Española*, núm. 23, págs. 203-213.