

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**“Eficiencia Relativa en la Producción de
Salud:
América Latina 1996-2010”**

Tesis para optar el grado de Magíster en Economía

AUTOR

Misael Anaya Montes

ASESOR

Edmundo Beteta Obreros

LIMA – PERÚ

2015

Eficiencia Relativa en la Producción de Salud: América Latina 1996-2010

Misael Anaya
Pontificia Universidad Católica del Perú
07 de Abril del 2015

Abstract

Utilizando la metodología del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos propuesto por Phillipini y Greene (2014) con tratamiento Mundlak se encuentra que la eficiencia en la producción de salud estimada para 154 países durante los años 1996 al 2010 tiene la forma de U invertida, quedando al final del periodo aproximadamente en el mismo nivel. América Latina tiene el mismo patrón, la eficiencia relativa estimada mejora desde el año 1996 al 2003 y luego disminuye para, en el año 2010, ubicarse a un nivel inferior al año 1996. El primer trabajo que analiza la eficiencia en la producción de salud entre países es realizado por Evans Tandon, Murray y Lauer (2000), posteriormente Greene (2004) encuentra que los países son heterogéneos y propone utilizar el modelo Normal-Truncado y el de Battese y Coelli, entre otros. El presente trabajo considera seis modelos con resultados de eficiencia invariantes en el tiempo (dentro de los cuales se incluye los desarrollados por Evans y por Greene) cinco modelos con resultados de eficiencia variable en el tiempo, y dos modelos que diferencian eficiencia persistente y transitoria, todos ellos por aproximación paramétrica. Por el lado de la aproximación no paramétrica se consideran tres especificaciones de *Data Evelopment Analysis* (DEA) y adicionalmente el Índice de Malmquist. Se encuentra que los modelos con resultados invariantes en el tiempo, incluyendo los modelos DEA, no estiman adecuadamente la eficiencia persistente al no tomar en cuenta la heterogeneidad, mientras que los modelos que estiman eficiencia variable son consistentes. Por otra parte se evalúa los efectos de variables estructurales como el ingreso, el crecimiento económico y el índice de Gini, y variables de política como anemia, tuberculosis, VIH y malaria en la eficiencia estimada.

INDICE

1.	Introducción	3
2.	La Producción de Salud y la Medida de Eficiencia	5
2.1.	La Función de Producción de Salud	5
2.2.	La Medida de la Eficiencia en la Frontera de Producción	7
3.	Métodos de Estimación de Eficiencia	10
3.1.	Aproximación Paramétrica: El Método Econométrico Multivariado	10
3.2.	Aproximación no Paramétrica: <i>Data Envelopment Analysis</i> (DEA) e Índice de Malmquist	14
4.	Resultados	19
4.1.	Datos y Estadísticas Descriptivas	19
4.2.	Resultados de eficiencia con la aproximación paramétrica	23
4.3.	Resultados de eficiencia con la aproximación no paramétrica....	29
4.4.	Análisis Comparativo de Resultados	33
5.	Conclusiones.....	45
6.	Agradecimientos.....	46
7.	Referencias	47

1. Introducción

El presente trabajo tiene el objetivo de comparar las metodologías de estimación de eficiencia existentes en la estimación de la eficiencia relativa en la producción de salud de 27 países de América Latina y el Caribe durante el periodo 1996-2010, constituyéndose en el primer estudio en aplicar una amplia gama de modelos a esta extensión temporal y área geográfica. La eficiencia estimada es relativa en el sentido de que se estima en relación a una frontera común construida a partir de los datos de los propios países.

Existen dos metodologías para estimar la eficiencia, la paramétrica que se estima a través de la econometría y la no paramétrica estimada a través de la programación lineal, respecto al primero, el preferido es el modelo econométrico multivariado, y en cuanto al segundo el modelo *Data Envelopment Analysis* (DEA).

El estudio compara 12 especificaciones paramétricas y tres no paramétricas y su extensión el índice de Malmquist. Se identifica que el campo de estudio de la eficiencia dentro de la ciencia económica aún está en proceso de consolidación ya que la aplicación de las diferentes especificaciones da como resultados estimaciones de eficiencia distintas. Se encuentra en particular que la metodología no paramétrica no captura adecuadamente la heterogeneidad de los países y en cuanto a la metodología paramétrica, se tiene una evolución de modelos con eficiencia invariante en el tiempo, variante en el tiempo y modelos que discriminan eficiencia transitoria y persistente, los últimos son preferidos en términos metodológicos, sin embargo aún es posible mejorarlo puesto que la estimación es sensible a valores extremos.

Evans, Tandon, Murray y Lauer (2000) utilizando el método paramétrico de estimación de fronteras estocásticas estimaron la eficiencia en la producción de salud para 197 países y el correspondiente ranking usando un panel de datos de los años 1993 a 1997, el mismo que sirvió de base para el Reporte Mundial de la Salud de la Organización Mundial de Salud-OMS (2000) el mismo que ha tenido una repercusión importante en la literatura académica y también en la prensa al ubicar a Estados Unidos en el ranking 37. Hollingsworth y Wildman (2002) amplían el estudio utilizando el método no paramétrico DEA, sugiriendo que existen diferencias en los resultados de los países miembros de la OECD con el resto del mundo. Por otra parte Greene (2004) encuentra que el estudio realizado por Evans et al (2000) no considera la heterogeneidad que tienen los datos, puesto que la muestra consiste en todos los países del mundo los mismos que son altamente diversos, por este motivo reestima los resultados utilizando el modelo desarrollado por Battese y Coelli (1995) y el modelo con distribución de eficiencia Normal-Truncada de panel de datos de Stevenson (1990), logrando corregir la heterogeneidad sólo de manera parcial ya que se demostrará que los modelos usados en su estudio estiman eficiencia invariante en el tiempo.

El estudio inicial de Evans et al. (2000) contó 140 países con observaciones completas para los 5 años del estudio, un país es observado en cuatro periodos

y mientras que 50 países sólo son observados en el último periodo, haciendo un total de 191 países, Greene (2004) usa la misma base de datos, sin embargo en su estudio entre las variables explicativas sólo el gasto en salud y la educación varían en todos los años, mientras que las demás variables explicativas consisten en promedios quinquenales. La disponibilidad actual de datos permite contar con las siguientes ventajas: ampliar el panel de datos desde el año 1996 al 2010 para 154 países con datos completos, seleccionar un mayor número de variables explicativas y restringir el número de variables donde se usan promedios quinquenales. Entre las nuevas variables se han incluido el acceso al agua, el embarazo adolescente y el nivel de empleo, en este sentido, el presente estudio es uno de los primeros en incluir estas variables. Las diferencias son las siguientes: se utiliza como variable dependiente la Esperanza de Vida al Nacer en lugar de la Esperanza de Vida Ajustada por Discapacidad, así como se ha optado por no contar directamente con una variable de educación, en ambos casos por disponibilidad de datos. Aunque el presente estudio no sea en estricto comparable a nivel de resultados con los estudios anteriores, si lo es en términos metodológicos, asimismo se ha incluido, para tratar la endogeneidad, los promedios quinquenales de las principales variables explicativas rezagados como instrumentos naturales.

Por parte de la metodología paramétrica los modelos incluidos en el estudio se pueden agrupar en tres grupos, modelos con resultados invariantes en el tiempo, los mismos que comprenden a: el Modelo de Efectos Fijos de Cornwell Schmidt y Sickles (1990), el Modelo de Efectos Aleatorios de Pitt y Lee (1990), el modelo Normal-Truncado de Stevenson (1980) el modelo de Doble Heteroscedasticidad de Hadri, Guermat y Whittaker (2003), el modelo de Battese y Coelli (1995) y el Modelo con distribución Rayleigh (2014) los mismos que dan resultados que no varían (o varían muy poco) en el tiempo. Asimismo se ha estimado los modelos con resultados de eficiencia variable en el tiempo siguientes: Modelo de Efectos Fijos Verdaderos, Modelo de Efectos Aleatorios Verdaderos y el Modelo de Parámetros Aleatorios todos ellos basados en Greene (2005), y el modelo de Alvarez, Arias y Greene (2004) y, finalmente, se estima el Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos basados en Filippini y Greene (2014) que diferencia eficiencia persistente de transitoria con dos especificaciones, con y sin tratamiento Mundlak.

Por parte de la aproximación no paramétrica se ha estimado la metodología de *Data Envelopment Analysis* (DEA) con rendimientos constantes, variables y no crecientes a escala. A diferencia de los métodos anteriores el DEA se estima por cada año, finalmente con los datos panel se estima el índice de Malmquist el mismo que permite descomponer los cambios en la productividad total de factores, cambio en la eficiencia y cambio tecnológico. Se encuentra que los modelos DEA estiman niveles de eficiencia técnica que tienen una alta correlación con los resultados de modelos paramétricos con eficiencia invariable en el tiempo.

Se realiza la comparación de los resultados de eficiencia persistente del modelo de Filippini y Greene (2014) con los resultados que estiman eficiencia

persistente (los seis primeros modelos) y adicionalmente el DEA, y se concluye que estos no estiman de manera adecuada la eficiencia persistente por la heterogeneidad de los datos.

Basado también en la especificación de Filippini y Greene (2014) se encuentra que la eficiencia en la producción de salud tiene un comportamiento de una U invertida, siendo el componente transitorio el que determina esta forma, puesto que la parte persistente no varía en el tiempo. Asimismo se prueban diferentes variables de política que podrían explicar la eficiencia.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera, la segunda parte contiene el desarrollo conceptual de la producción de salud y la medida de eficiencia, en la parte tres se presenta el detalle metodológico, la parte cuatro presenta los resultados y la última parte, las conclusiones.

2. La Producción de Salud y la Medida de Eficiencia

2.1. La Función de Producción de Salud

La función de producción de salud refleja la relación existente entre los “insumos” que se usan para producir los “resultados” de la salud en su proceso productivo. Spinks y Hollingsworth (2005) desde una perspectiva de determinantes socioeconómicos de la producción en salud efectúan una descripción de los principales factores que han sido considerados como insumos. Los estudios han incluido como variables explicativas de la salud a los siguientes: gasto en salud, estilos de vida, preferencias, clase social y ocupación, factores ambientales, el nivel de recursos de la comunidad y su estructura social, el nivel de ingresos, entre otros. Asimismo Spinks et al. (2005) clasifica en tres niveles las variables socioeconómicas que determinan la salud, a nivel macro las variables de políticas gubernamentales, el entorno internacional globalizante y las condiciones del país, en el nivel intermedio los factores psicosociales y los estilos de vida, y a nivel micro los factores fisiológicos, biológicos y la salud misma.

En este marco socioeconómico existen instrumentos de política social controlados por los gobiernos que afectan los niveles de salud, por lo que existen razones para que un determinado sistema pueda ser más eficiente que otro en la producción de salud.

Por otra parte, en su artículo seminal, Grossman (1972) sugiere que existe un stock de salud heredado que no depende de la existencia de un sistema de salud particular, de manera que aunque un individuo no destine recursos para la salud, este disfrutara de su stock heredado que es positivo, el mismo que le brinda un nivel de utilidad y puede ser explicado por el stock de salud innato que tienen las personas.

Es razonable asumir que ante la inexistencia de gasto en salud, las personas no comenzaran con una esperanza de vida de cero, el mismo que se puede observar en el Gráfico N° 01, propuesto por Murray y Frenk (1999),

donde es posible medir la eficiencia como la distancia entre lo que ha logrado el sistema de salud respecto a la frontera de posibilidades de producción, deducido de lo que se lograría en caso no existiera dicho sistema, es decir la distancia $b/(b+c)$

Por otra parte la función de salud es multivariada y compleja y no existe un consenso en su especificación, por lo que en lugar de una especificación particular se opta por una representación microeconómica estándar que abarque un amplio número de variables, siguiendo a Grossman (1972) se considerara una clasificación de las variables en dos grupos, el primero representará a las variables del “sistema de salud” y el segundo a las variables “del medio ambiente”, así la salud se puede expresar de la siguiente manera:

$$H = f(H_0, x_1, \dots, x_k, z_1, \dots, z_p) \quad (1)$$

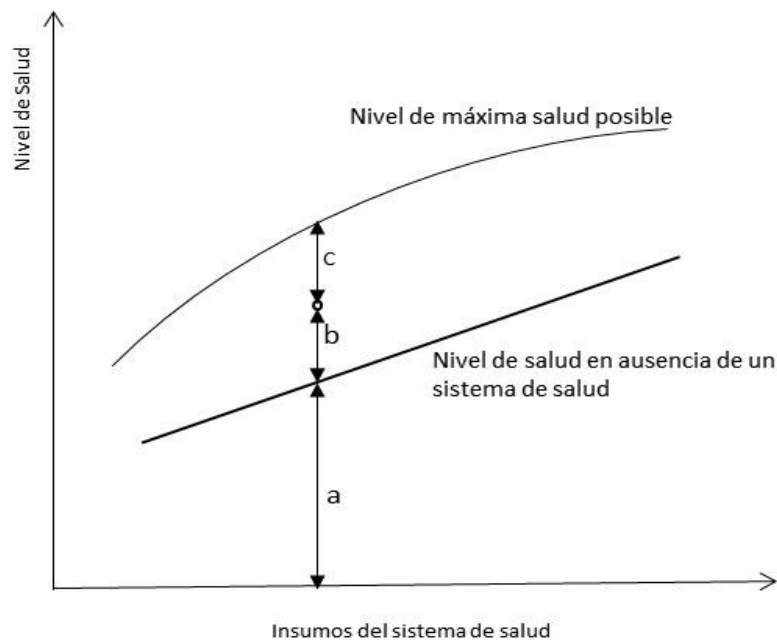


Figura N° 01 desempeño del sistema de salud

Donde H es Salud, H_0 es el stock de salud inicial heredado que se tendría en ausencia de los demás factores, x_1, \dots, x_n , representan a las variables del “sistema de salud” o variables en las que los hacedores de política tienen influencia directa, y z_1, \dots, z_p representan a las variables del entorno o “del medio ambiente” que también tienen influencia en la salud y sin embargo está lejos del alcance de los hacedores de política o, en todo caso, sólo es posible modificarlas en el largo plazo. Es necesario precisar que en la práctica la medida de H también es multivariada.

La aproximación más sencilla e intuitiva a esta función de producción es la forma bivariada, abstrayendo inicialmente la complejidad funcional que la producción en salud tiene, se especifica la producción de salud con relación a un único insumo, en este caso se elige el gasto total de la economía en salud,

el mismo que representa a los recursos que un país destina al cuidado de la salud, asimismo como variable dependiente, representando a la producción de salud, se elige a la esperanza de vida al nacer.

Esta función de producción que es graficada en la figura N° 02 tiene rendimientos marginales decrecientes, puesto que a mayores niveles de gasto se espera que la esperanza de vida se incremente pero a un ritmo cada vez menor.

La función de producción de salud a su vez representa la frontera de posibilidades de producción, de manera que si en ellas se incluyen a un grupo de agentes productores de salud, en este caso países, cada nivel de producción de salud logrado se ubicara en y por debajo de esta curva.

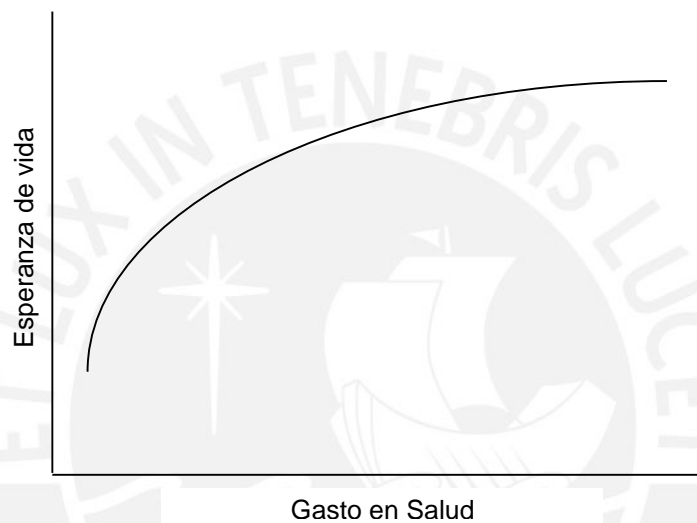


Figura N° 02: Rendimientos decrecientes del gasto en salud

2.2. La Medida de la Eficiencia en la Frontera de Producción

La Función de Producción de Salud representa a su vez a la frontera de posibilidades de producción común de los países, a continuación siguiendo el trabajo realizado por Worthington (2004) y Coelli (1996) se definen los conceptos de eficiencia a utilizarse con relación a dicha frontera.

Se asume que existe una frontera de posibilidades de producción conocida y común, y los países se ubicaran en o por debajo de la esta frontera. Por ejemplo en la figura N° 03 la producción de un país particular es representado en el punto P, si se mide la eficiencia con relación al uso de los insumos, se observa que en el punto B es posible utilizar menos insumos (Gasto en Salud) obteniendo la misma cantidad de producción (Esperanza de Vida), es decir en este punto se sigue contando con el mismo nivel de esperanza de vida que corresponde a la magnitud A con un ahorro en el uso del insumo medido de P a B, en este caso la ineficiencia es medida como (BP/AP) que es acotado en cero y uno, y su complemento $1-(BP/AP)$ representa el grado de eficiencia alcanzada.

Para ilustrar en forma gráfica estos conceptos, asumamos que la producción en salud está representada por dos variables (y_1 y y_2), y que sólo existe un insumo en la producción x_1 . En la figura N° 04, la curva ZZ' representa la frontera de posibilidades de producción y el punto P, que se ubica dentro de esta frontera, representa la producción ineficiente de una firma. De acuerdo con Farrell (1957) citado por Coelli et al. (2005), la distancia PB representa la ineficiencia técnica, esto es la cantidad en que se puede incrementar la producción sin incrementar los insumos, por lo que la eficiencia técnica es medida por $TE = OP/OB$.

Al contar con información de precios se puede graficar la línea DD' que define la eficiencia asignativa como $AE = OA/OB$, que se interpreta como la eficiencia distributiva en la producción dados el precio del insumo. Hay que notar que la combinación de bienes producidos en el punto A es eficiente técnicamente ya que se produce en la frontera, dados los insumos disponibles, pero no es eficiente en la composición de la canasta de bienes producido dados el precio del insumo, ya que este se da únicamente en el punto A' en que coinciden ambas pendientes.

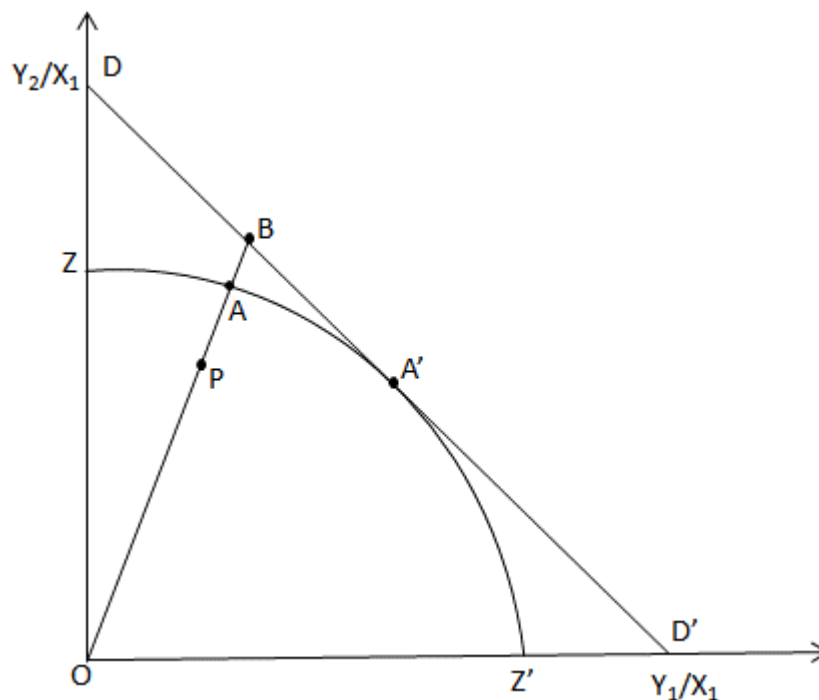


Figura N° 04: Eficiencia técnica y asignativa

En la literatura, asimismo, se identifica a las unidades tomadoras de decisiones (DMU) -por sus siglas en inglés- como la unidad básica de análisis, estos representan a los agentes económicos que actúan en la producción de los bienes y servicios y cuya eficiencia es posible de medir. En este sentido, las DMUs son cada uno de los 154 países que incluye a los 27 países de América Latina y el Caribe materia del estudio.

3. Métodos de Estimación de Eficiencia

La metodología para estimar la eficiencia se puede agrupar en dos grupos, la paramétrica y la no paramétrica, ambos basados en el trabajo Farrell (1957), antes expuesto, la primera se estima a través de la econometría y la segunda a través de la programación lineal matemática.

3.1. Aproximación Paramétrica: El Método Econométrico Multivariado

Aigner, Lovell y Schmidt (1977), Meeusen y van den Broeck (1977) y Battese y Corra (1977) simultáneamente propusieron la formulación y estimación de fronteras estocásticas para modelar una función de producción, ya que hasta ese momento Farrell (1957) sólo había propuesto la medición de fronteras de producción sin incluir el componente estocástico.

Siguiendo a Aigner et al. (1977) se especifica una función de producción con un término de error que depende de dos variables:

$$y_i = f(x_i; \beta) + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

Donde $\varepsilon_i = v_i + u_i$

El componente de error v_i representa una perturbación con distribución simétrica, que se asume idéntica e independientemente distribuida como $N(0, \sigma_v^2)$, el componente de error u_i se asume que se distribuye de manera independiente de v_i y satisface $u_i \leq 0$. Se considera de manera particular el caso en que u_i provenga de una distribución $N(0, \sigma_u^2)$ truncada por encima en cero.

El término de perturbación no positivo u_i refleja el hecho que la producción de las firmas estén por debajo o en la frontera de producción $[f(x_i; \beta) + v_i]$. Cualquier posible desviación es el resultado de factores bajo el control de las firmas como son las ineficiencias técnicas y económicas que provienen de las tecnologías de producción aplicadas, pero la frontera en si misma puede variar de manera estocástica entre las firmas y en la misma firma a través del tiempo. En esta interpretación la frontera es estocástica, con un término aleatorio de perturbación $v_i \geq 0$ que es el resultado de un evento favorable o desfavorable externo como la suerte, el clima, la topografía, o el desempeño de la maquinaria en el caso de una industria. Los errores de observación o medida en y , constituyen otra fuente para que $v_i \geq 0$.

Un resultado de esta aproximación es que se puede estimar la varianza de v_i así como de u_i , que nos proporciona información de su tamaño relativo. Otra implicancia de esta aproximación es que la eficiencia productiva puede, en principio, estimarse por el ratio $y/[f(x_i; \beta) + v_i]$. Aigner et al. (1977) demuestran que es posible estimar el modelo por máxima verosimilitud y estiman la función de densidad así como la función de verosimilitud.

Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982) presentan la técnica que hace posible separar v_i , que representa el error normal puramente aleatorio, de u_i , el error no negativo que representa la ineficiencia técnica, esto es posible a través de la estimación de ε_i que contiene información de ambos componentes, en específico a través de la distribución condicional de u_i dado ε_i , llegando en el caso de la distribución normal- media normal al siguiente resultado (Jondrow et al. 1982; pág. 235, ec. (3)).

$$E[u|\varepsilon] = \sigma_* \left[\frac{f(\varepsilon\lambda/\sigma)}{1-F(\varepsilon\lambda/\sigma)} - \frac{(\varepsilon\lambda)}{(\sigma)} \right] \quad (3)$$

Donde f y F representan la densidad normal estándar y la función de densidad respectivamente.

Desde el trabajo de Aigner et al. (1977) antes citados, se han especificado muchos modelos con diferentes distribuciones, los mismos que han incluido modelos de corte transversal y datos de panel, éste último de interés puesto que el presente estudio abarca un panel de datos de 15 años.

La especificación de panel de datos se podrían clasificar desde el punto de los resultados en modelos con estimación de ineficiencia invariante en el tiempo como son el modelo de efectos fijos de Cornwell, Schmidt y Sickles (1990), el modelo de efectos aleatorios de Pitt y Lee (1981) y sus extensiones con distribución truncada, de heteroscedasticidad, o el modelo de Battese y Coelli (1995), éstos últimos capaces de capturar la heterogeneidad de los DMUs, aunque algunos de estos autores señalan que sus modelos permiten eficiencia variante en el tiempo en la práctica los resultados no varían, o varían de manera poco significativa.

También se ha considerado modelos con estimación de eficiencia variante en el tiempo como el Modelo de Efectos Fijos Verdaderos -EFV y el Modelo de Efectos Aleatorios Verdaderos -EAV así como su extensión el Modelo de Parámetros Aleatorios -MPA Greene (2005), entre otros.

Recientemente el Método Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos -GEAV logra distinguir entre eficiencia persistente y transitoria, esto ha sido desarrollada por Colombi, Martini y Vittadini (2011) cuya metodología de estimación ha sido mejorada por Pilippini y Greene (2014).

A continuación siguiendo a Greene (2004 y 2007) se resume los avances que ha tenido el modelo paramétrico después de Aigner et al. (1977).

El modelo con corte transversal estándar se representa con las siguientes ecuaciones:

$$y_i = \alpha + x_i'\beta + v_i - u_i \quad (4a)$$

$$v_i \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (4b)$$

$$u_i = |U_i| \quad (4c)$$

$$U_i \sim N[0, \sigma_u^2] \quad (4d)$$

Con el modelo estimado en logaritmos, u_i corresponderá aproximadamente a $1 - TE_i$, donde TE_i es la eficiencia técnica estimada como:

$$TE_i = \frac{E[y_{it}|x_{it},u_i]}{E[y_{it}|x_{it},u_i=0]} \quad (5)$$

La eficiencia individual es estimada como $\exp(-\hat{u}_i)$, y alternativamente, \hat{u}_i proporciona una estimación proporcional de ineficiencia. Con los parámetros estimados, se puede obtener una estimación directa de $\varepsilon_i = y_i - \alpha - \mathbf{x}'_i\beta = v_i - u_i$, esto es trasladado en una estimación de u_i , usando la fórmula de Jondrow et al. (1982) (JLMS) siguiente:

$$E[u_i|\varepsilon_i] = \frac{\sigma\lambda}{1+\lambda^2} \left[z_i + \frac{\phi(z_i)}{\Phi(z_i)} \right], \quad z_i = -\varepsilon_i\sigma\lambda \quad (6)$$

Donde $\sigma = (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)^{1/2}$, y $\phi(z_i)$ y $\Phi(z_i)$ son la densidad y la función de densidad de la distribución normal estándar, respectivamente.

Por otra parte la formulación estándar para un modelo de panel de datos con efectos fijos formulado por Schmidt y Sickles (1984) es el siguiente:

$$y_{it} = (\alpha - u_i) + \mathbf{x}'_{it}\beta + v_{it} \\ = \alpha_i + \mathbf{x}'_{it}\beta + v_{it} \quad (7a)$$

$$\hat{u}_i = \max_i(\hat{\alpha}_i) - \hat{\alpha}_i \geq 0 \quad (7b)$$

En este modelo α_i capturará cualquier heterogeneidad que luego será incluida en la estimación de \hat{u}_i haciendo que el resultado de la ineficiencia sea sesgada. Greene (2004) nota esto de manera clara al señalar que “los datos de panel de la Organización Mundial de la Salud contienen un rango inmenso de culturas, economías e instrumentos de políticas, que de seguro tendrán efectos en el modelo. Por otra parte el modelo asume que la ineficiencia es invariante en el tiempo.” Asimismo señala que esto puede ser razonable para periodos cortos de tiempo pero no para analizar un horizonte de cinco años (el estudio de Evans et al (2000)), lo que me permite agregar que es mucho menos razonable para analizar quince años, como es el caso del presente estudio.

La heterogeneidad puede incluirse a través de un término constante en el modelo de fronteras estocásticas, a lo que Greene (2004) llama modelos de efectos fijos “verdaderos”.

$$y_{it} = \alpha_i + \mathbf{x}'_{it}\beta + v_{it} - u_{it} \quad (8a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (8b)$$

$$u_{it} = |U_{it}| \quad (8c)$$

$$U_{it} \sim N[0, \sigma_u^2] \quad (8d)$$

Siguiendo a Greene (2004) se señala que esto equivale simplemente a agregar una variable dicotómica para cada país, y se estima por máxima verosimilitud. El modelo de efectos fijos verdaderos sitúa la heterogeneidad inmedible en la función de producción y en un modelo lineal logarítmico produce un desplazamiento específico de la función de producción para cada país, también se puede agregar la heterogeneidad en la distribución de ineficiencia, modificando (8d) como:

$$\mu_i = \delta_{0i} + \mathbf{h}'_i \boldsymbol{\delta} \quad (9)$$

Lo que incluye la dummy de cada país en la media de la distribución normal truncada, en lugar de incluirlo en la función de producción. Este modelo tiene la ventaja de capturar la heterogeneidad de cada país en la variable dicotómica, sin embargo sus restricciones son que se debe estimar tantos parámetros como países se incluyan y por este el motivo el modelo podría estar sobre especificado.

El modelo de panel de datos con efectos aleatorios se obtiene asumiendo que u_i es invariante en el tiempo y no correlacionado con las variables incluidas en el modelo, el modelo propuesto por Pit y Lee (1981) extiende los resultados del modelo de corte transversal a uno de datos de panel.

$$y_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\beta} + v_{it} - u_{it} \quad (10)$$

Donde $v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2]$, $u_i = |U_i|$, $U_i \sim N[0, \sigma_u^2]$, además $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$ tiene dos parámetros con distribución asimétrica normal $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ y $\sigma = (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)^{1/2}$

El estimador JLMS en este caso es:

$$E[u_i | \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_T, \mathbf{h}_i] = Z_i + \psi \left[\frac{\phi(Z_i/\psi)}{\Phi(Z_i/\psi)} \right] \quad (11)$$

Donde

$$Z_i = \gamma \mu_i - (1 - \gamma) \bar{\varepsilon}_i, \quad \gamma = 1/(1 + T\lambda^2), \quad \psi^2 = \gamma \sigma_u^2, \quad \text{y } \bar{\varepsilon}_i = (1/T) \sum_i \varepsilon_{it}$$

Battese y Coelli (1992,1995) proponen una modificación del modelo truncado que resuelve algunas variaciones sistemáticas de ineficiencia, y en su formulación de la ineficiencia incluyen:

$$u_i = \eta_t |U_i| \quad (12)$$

Donde

$$\eta_t = 1 + \eta_1(1 - T) + \eta_2(1 - T)^2, \quad \text{y } U_i \sim N[\mu, \sigma_u^2]$$

Otras formas de incluir el tiempo propuesto es el siguiente $\eta_t = \exp[-\eta(t - T)]$.

Por otra parte Greene (2005) propone el modelo de “efectos aleatorios verdaderos” (EAV) siguiente:

$$y_{it} = (\alpha + w_i) + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\beta} + v_{it} - u_{it} \quad (13)$$

Donde la constante aleatoria $w_i \sim N[0, \sigma_w^2]$ es invariante en el tiempo y captura la heterogeneidad de los países en la función de producción, no en la ineficiencia. El componente de ineficiencia varía libremente a través del

tiempo y de los países. La heterogeneidad medible entre los países puede ingresar al modelo a través de variables que afecten la localización de la frontera de la siguiente manera:

$$w_i = \mathbf{z}'_i \boldsymbol{\theta} + \omega_i \quad (14)$$

La heterogeneidad, asimismo, puede ser incorporada en distribución de la ineficiencia u_{it} .

Colombi, Martini y Vittadini (2011) y Kumbhakar y Tsionas (2012) proponen el Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos – GEAV, con el fin de identificar la eficiencia persistente y transitoria y Filippini y Greene (2014) proponen su estimación de una manera tratable, el modelo se resume siguiendo a éstos últimos autores de la siguiente manera:

$$y_{it} = \alpha + (w_i - h_i) + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\beta} + (v_{it} - u_{it}) \quad (15)$$

Donde v_{it} , u_{it} y w_i es similar a lo expresado en los modelos anteriores, adicionalmente se formula $h_i = |H_{it}|$, $H_{it} \sim N[0, \sigma_h^2]$.

El efecto aleatorio en (15) captura la persistente heterogeneidad de los países, no la ineficiencia. Los autores notan que aunque aparentemente este sea un modelo con cuatro parámetros de ruido, éste converge a uno con dos tipos de ruido que varían en el tiempo, en la que cada parte tiene su propia distribución normal asimétrica, de manera que $\varepsilon_i = (v_{it} - u_{it})$ tiene una distribución normal asimétrica con parámetros σ y λ antes vistos, y otra que no varía en el tiempo $\delta_i = (w_i - h_i)$ que también tiene una distribución asimétrica normal con parámetros $\gamma = \sigma_h / \sigma_w$ y $\theta = (\sigma_w^2 + \sigma_h^2)^{1/2}$.

Luego de la estimación por máxima verosimilitud, se puede estimar la eficiencia persistente y transitoria. Asimismo la eficiencia global será la multiplicación de ambas.

$$Eficiencia\ Global_{it} = E[\exp(-h_i)|\mathbf{e}_i] x E[\exp(-u_{it})|\mathbf{e}_i] \quad (16)$$

3.2. Aproximación no Paramétrica: *Data Envelopment Analysis* (DEA) e Índice de Malmquist

También conocida como aproximación de programación matemática, difiere de la aproximación estadística en que es no paramétrica, y de la aproximación de la frontera estocástica en que es no estocástico. El que más desarrollo ha tenido en los estudios en salud es el *Data Envelopment Analysis* (DEA), así como su extensión el índice de Malmquist. Sus limitantes son que al no ser estadísticos no se pueden realizar pruebas probabilísticas. Sus ventajas son: no requiere de una especificación de la función de producción y se puede trabajar datos con varios insumos y varios productos en simultáneo, y en la aplicación empírica es uno de los modelos más flexibles en la aproximación de la frontera de producción.

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

Siguiendo a Coelli, Rao, O'Donnell y Bateese (2005) se describe a continuación el método DEA.

El método de *Data Envelopment Analysis*, fue originado en el trabajo de Farrell (1957) tal como el de la Frontera de Producción Estocástica señalado en el apartado anterior, la primera especificación de DEA fue popularizado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), dicho trabajo asume la existencia de una frontera de producción convexa, la frontera de producción en la aproximación de DEA es construida usando el método de programación lineal. La terminología “envolvente” (del término en inglés *envelopment*) proviene del hecho que la frontera de producción envuelve el conjunto de observaciones.

DEA permite el cálculo de la medición de la eficiencia técnica que puede ser orientado hacia los insumos o a los productos. El propósito de un estudio orientado hacia los insumos es evaluar la medida en que es posible disminuir la cantidad de insumos sin disminuir la producción. Alternativamente y orientado hacia el producto, se puede estimar la cantidad de producto que se puede incrementar sin cambiar la cantidad de insumos. Por otro lado, dado que la estimación usa programación lineal no está sujeta a problemas estadísticos tales como ecuaciones simultáneas y errores de especificación, ambos modelos, el orientado hacia el producto así como el orientado hacia los insumos pueden identificar el mismo conjunto de eficiencia/ineficiencia de productores o DMUs.

Los modelos inicialmente propuestos trabajan un DEA asumiendo rendimientos constantes a escala (RCE) de la manera siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta, & (17) \\
 \text{s. a.} & \quad -q_i + q\lambda \geq 0, \\
 & \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
 & \quad \lambda \geq 0,
 \end{aligned}$$

Donde θ es un escalar y λ es un vector de $l \times 1$ vector de constantes. El valor de θ obtenido es la magnitud de eficiencia de la i -ésima firma. Asimismo satisface $\theta \leq 1$, donde el valor de 1 indica un punto en la frontera y por lo tanto a una firma técnicamente eficiente. El problema se debe solucionar tantas como firmas existan y se obtendrá un valor de θ para cada firma.

La tecnología de producción asociado al programa lineal puede ser definido como $T = \{(x, q): q \leq Q\lambda, x \geq X\lambda\} \min_{\theta, \lambda} \theta$, esta tecnología define un conjunto de producción cerrado y convexo que exhibe rendimientos constantes a escala.

El supuesto de los rendimientos constantes a escala no es apropiado cuando existen factores como competencia imperfecta, regulación, déficit de financiamiento y en efecto cuando existen diferencias significativas entre los DMUs que no permiten a los países operar en la escala óptima como es el caso de la comparación de países que se afronta en el presente trabajo, en este contexto Banker, Charnes y Cooper (1984) citado por Coelli et al. (2005)

plantean ajustar el modelo DEA a un contexto donde las firmas operan con rendimientos variables a escala (DEA RVE) de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta, & (18) \\
 \text{s. a.} \quad & -q_i + q\lambda \geq 0, \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
 & I1'\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned}$$

Donde $I1$ es un vector $I \times 1$ de unos que permite obtener planos que envuelven los puntos de datos de manera más cercana que el modelo con rendimientos constantes a escala, proveyendo medidas de eficiencia técnica que son mayores o iguales a los obtenidos por DEA RCE. La restricción de convexidad $I1'\lambda = 1$ asegura que una firma ineficiente sólo es comparada con una firma de similar tamaño. Esta restricción de convexidad no es impuesta al modelo con rendimientos constantes a escala, por lo que una firma es comparada contra firmas que son sustancialmente grandes o pequeñas que ella misma.

La eficiencia de escala (EE) de cada firma se obtiene descomponiendo la eficiencia técnica obtenida por DEA RCE en dos componentes, la eficiencia de escala y la eficiencia técnica “pura” obtenidos por DEA RVE. La existencia de una diferencia entre los dos métodos obtenidos anteriormente indicará que la firma tiene ineficiencia de escala. La estimación se obtiene de la siguiente ecuación.

$$TE_{RCE} = TE_{RVE} \times EE$$

Para determinar si una firma opera en un área de rendimientos crecientes o decrecientes a escala, se puede especificar el modelo con rendimientos no crecientes a escala (DEA RNCE) de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta, & (19) \\
 \text{s. a.} \quad & -q_i + q\lambda \geq 0, \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
 & I1'\lambda \leq 1 \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned}$$

El modelo DEA orientado a la producción tiene solo ligeras variaciones, en el caso de DEA con rendimientos variables a escala se tiene el siguiente modelo.

$$\begin{aligned}
 & \max_{\phi, \lambda} \phi, & (20) \\
 \text{s. a.} \quad & -\phi q_i + Q\lambda \geq 0, \\
 & x_i - X\lambda \geq 0, \\
 & I1'\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned}$$

Donde $1 \leq \phi \leq \infty$, y $\phi - 1$ es el incremento proporcional de productos que pueden ser obtenidos por la i -ésima firma con la cantidad de insumos constantes. $1/\phi$ define la medida de la eficiencia técnica y se encuentra entre cero y uno.

Sin importar si se define un modelo orientado hacia los insumos o a la producción, el modelo estimará exactamente la misma frontera, y por lo tanto definirá a las mismas firmas como ineficientes, sólo cambiará la medida de la eficiencia en el caso del modelo con rendimientos variables a escala.

La figura N° 05 muestra las diferencias de la estimación de la frontera con rendimientos constantes a escala, variables a escala y rendimientos no crecientes a escala.

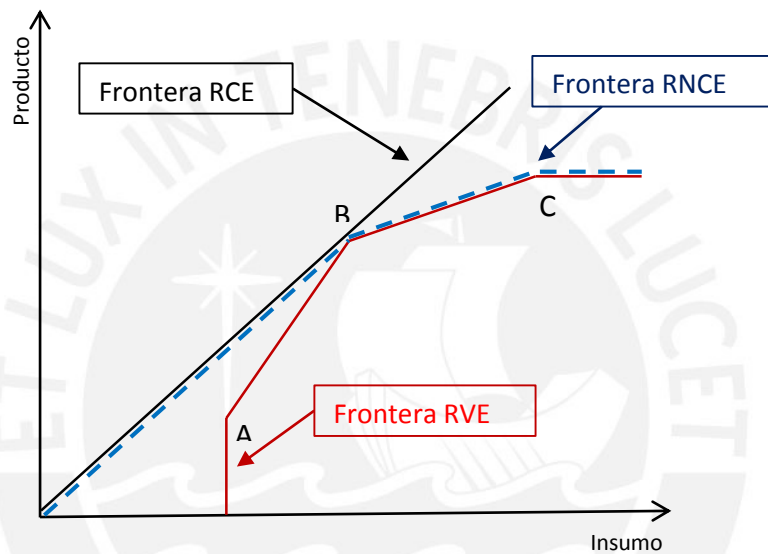


Figura N° 05 : Frontera con rendimientos constantes (RCE), variables (RVE) y no crecientes (RNCE) a escala.

INDICE DE MALMQUIST

La medida del cambio de la productividad total de los factores estimado por *DEA* se puede estimar a través del índice de Malmquist. (Caves, Christensen y Diewert 1982) (Färe, Grosskopf, Norris y Zhang 1994)

El índice de Malmquist estima el cambio en la productividad total de los factores entre los puntos de una base de datos calculando el ratio de las distancias de cada punto hacia la tecnología común. Si la tecnología de t es usado como referencia tecnológica, el índice de Malmquist de cambio de la productividad total de los factores orientado hacia el producto entre el periodo base s y el periodo t puede escribirse como:

$$m_0^t(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^t(q_s, x_s)} \quad (21)$$

Alternativamente, si el periodo de referencia s es usado entonces el índice es definido como:

$$m_0^s(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_0^s(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \quad (22)$$

La notación $d_0^s(q_t, x_t)$ representa la distancia de las observaciones del periodo t hacia la tecnología s , la misma interpretación se aplica para las demás partes de la ecuación. Un valor de m_0 mayor que 1 indica un crecimiento positivo de la productividad total de los factores del periodo s al periodo t , así como un valor menor que uno indica una disminución. Los índices anteriores son equivalentes sólo cuando la tecnología es neutral en el sentido de Hicks, es decir cuando la función distancia puede representarse como $d_0^t(q_t, x_t) = A(t)d_0^s(q_t, x_t)$ para todo t , para evitar imponer esta restricción el índice de Malmquist se define como la media geométrica de estos dos índices. Coelli (1995) lo presenta como:

$$m_0(q_s, x_s, q_t, x_t) = \left[\frac{d_0^s(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \times \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (23)$$

La función de distancia en el índice de productividad puede reescribirse para mostrar que es equivalente a la multiplicación del índice de cambio en la eficiencia y el índice de cambio tecnológico.

$$m_0(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \left[\frac{d_0^s(q_t, x_t)}{d_0^t(q_t, x_t)} \times \frac{d_0^s(q_s, x_s)}{d_0^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (24)$$

Los dos términos representan lo siguiente:

Cambio en la eficiencia (EFFCH por sus siglas en inglés)

$$EFFCH = \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \quad (25)$$

Cambio tecnológico (TECH por sus siglas en inglés)

$$TECH = \left[\frac{d_0^s(q_t, x_t)}{d_0^t(q_t, x_t)} \times \frac{d_0^s(q_s, x_s)}{d_0^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (26)$$

Asimismo si se asumen que el cambio en la eficiencia ha sido estimado asumiendo rendimientos constantes a escala, ésta se puede descomponer entre el cambio en la eficiencia “pura” que sería la equivalente a la estimación de la eficiencia con rendimientos variables a escala y la eficiencia de escala, de la siguiente manera:

Cambio de eficiencia pura (PECH por sus siglas en inglés)

$$PECH = \frac{d_{0v}^t(q_t, x_t)}{d_{0v}^s(q_s, x_s)} \quad (27)$$

Cambio en la eficiencia de escala (SECH por sus siglas en inglés)

$$SECH = \left[\frac{d_{0v}^t(q_t, x_t)/d_{0c}^t(q_t, x_t)}{d_{0v}^s(q_s, x_s)/d_{0c}^s(q_s, x_s)} \times \frac{d_{0v}^s(q_t, x_t)/d_{0c}^s(q_t, x_t)}{d_{0v}^s(q_s, x_s)/d_{0c}^s(q_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (28)$$

La eficiencia de escala es la media geométrica de la eficiencia de escala del periodo t y la eficiencia de escala del periodo s.

En el presente estudio se usará para el análisis el cambio en la eficiencia y el cambio tecnológico, puesto que se asume rendimientos variables a escala.

4. Resultados

A continuación se presentan los datos, los resultados por ambas metodologías y el análisis comparativo de los mismos.

4.1. Datos y Estadísticas Descriptivas

A menos que se indique lo contrario la fuente de los datos utilizada corresponde al Banco Mundial (2015). A continuación se presenta el detalle de las variables utilizadas.

a) Esperanza de vida al nacer (EV)

El presente estudio a diferencia de Evans et al. (2000) utiliza como producto del sistema a la esperanza de vida al nacer (EV) que es estimado en base a estadísticas de mortalidad, en lugar de la esperanza de vida ajustada por discapacidad (DALE por sus siglas en inglés).

La esperanza de vida es el promedio de años que se espera un recién nacido viva en un determinado lugar geográfico, técnicamente es estimado de acuerdo a la mortalidad ocurrida por sexo y edad en un año, país y región, su unidad de medida es años y tiene la ventaja de que es observable y es fácil de medir, a diferencia de otros indicadores como “la buena salud” que son cambiantes de acuerdo a la cultura o como de la DALE que es más difícil de medir. Asimismo de acuerdo con la Fundación Oswaldo Cruz y el Ministerio de Salud del Brazil (2000), el uso de la esperanza de vida ajustada por discapacidad aparte de conllevar a complicaciones por la dificultad en su estimación, es innecesaria por el hecho de que tanto la esperanza de vida como la DALE están altamente correlacionadas.

Los autores iniciales del estudio han defendido el uso de la DALE a pesar de la crítica brasileña, sin embargo a mi criterio no han resuelto la observación general respecto a la obtención de este tipo de datos ya señalada por Sen (1998) incluso antes del estudio, en el sentido de que una muerte es medida como tal en cualquier parte del mundo, mientras que los registros de morbilidad y enfermedad podrían tener incluso relación con la disponibilidad de servicios de salud, por ejemplo una persona en un país pobre que no tiene

acceso a servicios de salud reportará menor grado de morbilidad que la misma persona en un país rico. Por otra parte si existen problemas en medir una muerte, no debería esperarse menos en medir la discapacidad.

Los expertos de la OMS (2001) han argüido desde luego que la dificultad de la estimación no es un argumento para dejar de lado la metodología, sin embargo hasta que no se obtengan datos fiables que puedan ser comparables a lo largo del tiempo se opta por usar la esperanza de vida, por la sencillez y fiabilidad que éste representa.

Por otra parte Anand y Hanson (1997) afirman respecto otro indicador similar, los Años de Vida Ajustados por Discapacidad DALY (por sus siglas en inglés) que “cualquiera sea el objetivo el uso del DALYs ya sea la medida de la enfermedad o la asignación de recursos en el sector salud, nuestra respuesta en el presente documento es que las bases conceptuales y técnicas para su medida son defectuosas”, mi conclusión es que aunque la DALE es un avance en la medición de la salud, la esperanza de vida por su sencillez y fiabilidad es un mejor indicador para comparar una gran cantidad de países que de por si son muy heterogéneos.

b) Gasto en Salud (GS)

El gasto en salud per cápita representa los recursos que la economía pone a disposición de la Salud, abarca el gasto público como privado. Es una de las variables que mejor representa a los insumos usados en la producción de servicios de salud, está medido como gasto per cápita en paridad de poder adquisitivo del año 2005.

c) Acceso a Agua (AGUA)

Mide el porcentaje de población que tiene acceso a servicios de agua potable. Se han realizado numerosos estudios en donde la inversión en agua y saneamiento tienen importantes influencias en la salud de la población. Por ejemplo Bartram y Cairncross (2010) encuentra una relación entre las enfermedades masivas más importantes con un déficit de higiene, saneamiento y provisión de agua. Al no contar datos directos de agua para Polonia, y al ser el único dado no disponible para este país, estos han sido reemplazados por acceso a facilidades sanitarias para los trece primeros años. Para los últimos dos años de Polonia al igual que para los últimos tres años de Venezuela se usó un ajuste lineal incluyendo como variables en la regresión las siguientes variables: el gasto en salud, el empleo, el ingreso y la densidad poblacional, los 18 datos obtenidos de esta manera no cambian los resultados obtenidos puesto que al compararlos con los 2310 datos por variable y país constituyen una fracción pequeña.

d) Tasa de embarazo adolescente (EMADO)

Es una de las variables que hasta el momento no se ha usado en la literatura para trabajos de medición de eficiencia, tiene la cualidad de capturar el nivel socioeconómico del país e incluso tiene el potencial de medir la educación y el desarrollo. Por ejemplo las Naciones Unidas (2013) encuentran que un mayor

nivel y el mayor tiempo de duración de la educación de las adolescentes están asociados a una menor tasa de maternidad en las adolescentes, asimismo el embarazo adolescente incrementa el riesgo de mortalidad materna y neonatal, así como disminuye el nivel educativo e incrementa la pobreza. Por estos motivos se considera al embarazo adolescente como un insumo (en negativo) para la producción de salud.

e) Empleo (EMP)

Representa el porcentaje de la población empleada, es una variable que mide el grado de ingresos que tienen las personas de un país, puesto que a mayor empleo, mayores ingresos, y por lo tanto mayor esperanza de vida.

f) Densidad poblacional (DENPOP)

Representa una variable del entorno, se mide como el total de la población del país dividido entre los kilómetros cuadrados del mismo. Se procedió a completar 4 datos para Bélgica y 4 para Luxemburgo siguiendo el siguiente procedimiento: se dividió los datos de población proveniente del Banco Mundial entre los datos del área geográfica terrestre obtenidos de la *Central Intelligence Agency* (2015).

g) País tropical (TROPIC)

Variable dicotómica, toma el valor de uno si el país se ubica geográficamente en el trópico y cero cuando se ubica en un lugar distinto, se completó el dato para Montenegro con datos de la *Central Intelligence Agency* (2015).

h) Financiamiento público (FINPUB)

Es el porcentaje del gasto total per cápita en salud realizado por el estado.

i) Gasto de bolsillo (GASBOL)

Es el porcentaje del gasto total per cápita en salud realizado directamente por los hogares.

j) Nivel de democracia (DEMOC)

Es la medida del Banco Mundial para cuantificar la democratización y la libertad respecto a la unidad política, que indica aspectos como el proceso político, las libertades civiles, derechos políticos y el nivel de participación en la selección del gobierno, se mide a través de encuestas y como no está disponible para todos los años del estudio, se agrupará en valores quinquenales.

k) Eficiencia gubernamental (EFGUB)

Es la medida del Banco Mundial para la efectividad gubernamental, este se refiere a la calidad del servicio público, burocracia, competencia de los servidores públicos y su independencia respecto a las presiones políticas, y la credibilidad del compromiso gubernamental hacia las políticas de servicio, no

está disponible para todos los años, por lo que se preferirá usar promedios quinquenales.

l) Países de la OECD

Variable dicotómica que indica que el país corresponde a uno de los 29 países que pertenecen a la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD por sus siglas en inglés), es de señalar que se excluye a los países que ingresaron a la OECD antes del año 2010, entre ellos a Chile. Adicionalmente se excluye a México, aunque en el estudio de Greene (2004) se considera a este país en la OECD, se prefiere que éste aparezca en la siguiente categoría, en América Latina y el Caribe.

m) Países de América Latina (AL)

Variable dicotómica que indica que el país corresponde a uno de los 27 países de América Latina y el Caribe.

n) GINI

Coefficiente de Gini, mide la distribución del ingreso, su medida varía entre cero, que significa la igualdad perfecta, hasta 1 que representa la desigualdad perfecta.

La disponibilidad de datos impide contar con datos del índice de Gini para todos los periodos de los países considerados en el estudio, por lo que se ha seguido el siguiente método para obtener una mayor cantidad de datos. Se complementó la información del Banco Mundial del año 2015 con la información de la misma fuente pero del año 2014, posteriormente se complementó con datos proporcionados para el año 1997 del estudio de Evans et al. (2000) proporcionado por Greene (2015). Es de anotar que los datos publicados en dos periodos distintos (Banco Mundial (2014) y Banco Mundial (2015)) han tenido en algunos casos información distinta para un mismo periodo, así como también información disponible para periodos distintos

o) Producto bruto interno per cápita (PBIPC)

Medido a paridad del poder adquisitivo (PPP) del año 2011, proveniente del Programa Global de Comparación del Banco Mundial, es de notar que de los 154 países considerados en el estudio Argentina, la República de Siria y Myanmar no han participado del Programa de Comparación Global del Banco Mundial, por lo que no se cuenta con datos para estos países.

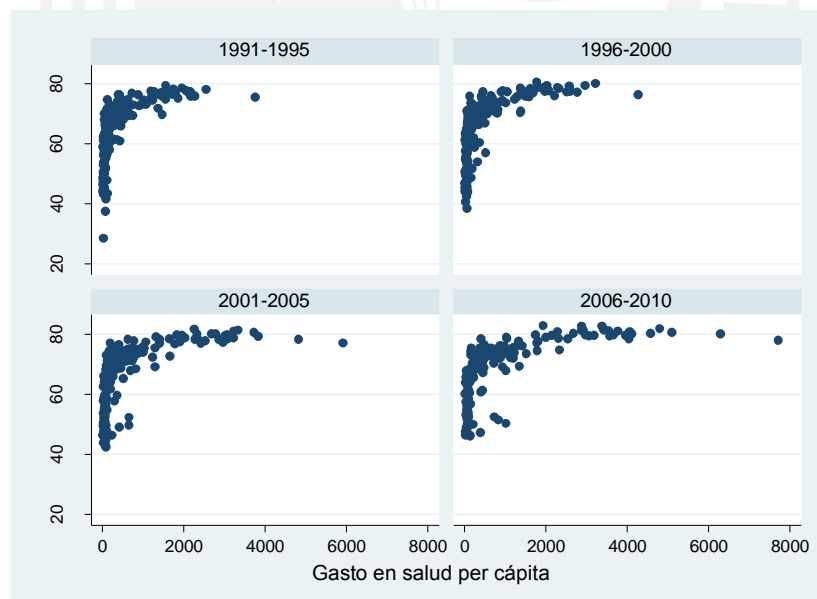
La Tabla N° 01 presenta las estadísticas descriptivas de las variables por grupos de países.

Tabla N° 01: Estadísticas Descriptivas por Grupos de Países

Variable	América Latina			OECD			OTROS PAISES			TODOS		
	Obs	Media	Desv. Est.	Obs	Media	Desv. Est.	Obs	Media	Desv. Est.	Obs	Media	Desv. Est.
EV	405	71.52	4.36	435	78.10	2.74	1470	63.60	10.27	2310	67.72	10.27
GS	405	516.17	400.69	435	2593.84	1376.50	1470	342.75	460.28	2310	797.06	1128.04
AGUA	405	88.72	8.21	435	99.15	2.27	1470	78.65	19.38	2310	84.28	17.81
EMADO	405	76.77	22.44	435	15.06	10.36	1470	67.42	52.69	2310	59.20	48.36
EMP	405	58.43	5.41	435	55.72	7.22	1470	58.78	13.25	2310	58.14	11.31
DENPOP	405	100.71	139.21	435	140.20	131.56	1470	194.61	657.20	2310	167.90	531.81
FINPUB	405	53.63	15.25	435	73.46	10.54	1470	48.81	18.73	2310	54.30	19.32
GSBOL	405	35.00	14.24	435	18.38	7.94	1470	42.10	19.50	2310	36.39	19.27
DEMOC	324	0.147	0.67	348	1.250	0.39	1176	-0.536	0.78	1848	-0.080	0.98
EFGUB	324	-0.144	0.67	348	1.454	0.57	1175	-0.368	0.74	1847	0.015	0.99
PBIPC	384	10330.68	5690.64	435	35780.41	13789.11	1428	10900.84	18709.53	2247	15619.88	19034.90
GINI	235	0.52	0.05	146	0.32	0.05	459	0.38	0.08	840	0.40	0.10
Países	27			29			98			154		

Con datos de un quinquenio adicional en el Gráfico N° 01 se puede observar el traslado hacia la derecha y hacia arriba de la relación esperanza de vida y gasto en Salud para los 154 países considerados.

De lo observado se intuye los rendimientos decrecientes que tiene el gasto en salud, puesto que el incremento del mismo si bien incrementa la esperanza de vida lo hace a un ritmo menor. Esta relación se comprobará con los resultados de la aproximación paramétrica.



Fuente: Banco Mundial / Elaboración: Propia
Gráfico N° 01: Esperanza de Vida y Gasto en salud Per Cápita -154 países

4.2. Resultados de eficiencia con la aproximación paramétrica

Para los modelos de aproximación paramétrica o estocástica es necesario especificar una forma funcional. En un primer momento se adopta la forma funcional translog siguiente:

$$\ln(y) = \alpha + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln(x_k) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^K \gamma_{km} \ln(x_k) \ln(x_m) \quad (29)$$

Donde la variable dependiente es la esperanza de vida (EV_{it}) y las cuatro variables explicativas principales son Gasto en Salud (GS_{it}), acceso a agua ($AGUA_{it}$), embarazo adolescente (ADO_{it}) y el nivel de empleo (EMP_{it}), todas las variables en logaritmos y se considera sus interacciones, más adelante se reduce la especificación a una con las cuatro variables y sólo el cuadrado del gasto en salud, por criterios de coeficientes significativos y parsimonia.

Asimismo se incluye en la regresión a las variables que no están en control directo de las autoridades nacionales (o solo es posible influenciarlas en el largo plazo).

Se definen los siguientes vectores:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{it} &= [LnGS_{it}, LnAGUA_{it}, LnEMADO_{it}, LnEMP_{it}, Ln^2GS_{it}] \\ \mathbf{z}_{it} &= [LnDENPOB_{it}, TROPIC_i] \\ \mathbf{k}_{it} &= [FINPUB_{it}, GSBOL_{it}, DEMOC_{it}, EFPUB_{it}, OECD_i, AL_i] \end{aligned}$$

El modelo permitirá variaciones de la eficiencia técnica a través del tiempo, por lo que se incluirán 14 variables dicotómicas que capturarán este efecto.

$$\mathbf{t}_{it} = [a1996, a1997, \dots, a1999]$$

Como variables dependientes se consideran a los vectores \mathbf{x}_{it} y \mathbf{z}_{it} , este último porque la densidad poblacional y la localización geográfica son variables que a opinión de Greene (2004) “son variables que son más apropiadas como impactos en los niveles de producción que como conductores de ineficiencia”, dejando pendiente el lugar donde se ubicaría el vector \mathbf{k}_{it} , al respecto se tienen las siguientes opciones:

$$(A) LnEV_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (30)$$

$$(B) LnEV_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \mu_i &= \delta_0 + \mathbf{k}'_{it}\delta_1 \\ (C) LnEV_{it} &= \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (32) \\ \mu_i &= \delta_0 + \mathbf{k}'_{it}\delta_1 \end{aligned}$$

El modelo A no está truncado y el vector \mathbf{k}_{it} está trasladando la frontera de producción, el modelo B está truncado e incluye el vector \mathbf{k}_{it} en la media de la heterogeneidad, mientras que en el modelo C el vector \mathbf{k}_{it} afecta la heterogeneidad tanto como a la función de producción. Greene (2004) señala que como estos modelos no son anidados, es mejor usar el test de Voung que consiste en estimar los modelos por máxima verosimilitud, y estimar $L_i(A)$ como la contribución del país i a la función de verosimilitud medido de acuerdo al modelo A, de la misma se procede para los dos modelos adicionales B y C, de esta forma se obtiene $q_i = L_i(A) - L_i(B)$, y el estadístico es $\sqrt{n}\bar{q}/s_q$, donde

\bar{q} y s_q es la media muestral y la desviación estándar, respectivamente. El estadístico se comporta como una normal estándar, de manera que a valores mayores a 1.96 se favorece al primer modelo (en este caso A) y para valores menores a -1.96 se preferiría al segundo modelo (en este caso al modelo B) en los casos intermedios (entre -1.96 y 1.96) el test señala que nos encontramos en la zona de indecisión.

Los resultados del test de Voung son los siguientes: para $q_i = L_i(A) - L_i(B)$ el estadístico toma el valor de 1.0987, lo que deja en el campo de la indecisión respecto a elegir entre A o B, sin embargo los estadísticos para $q_i = L_i(A) - L_i(C)$ y para $q_i = L_i(B) - L_i(C)$, son -7.5238 y -8.5412 respectivamente, por lo que en adelante se preferirá la especificación C.

A continuación se presenta las diferentes especificaciones consideradas, los que incluyen los modelos más representativos de la aproximación estocástica a la frontera.

Modelo de Efectos Fijos (EF) Cornwell Schmidt y Sickles (1990)

$$\ln EV_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (33a)$$

$$\hat{u}_i = \max_i(\hat{\alpha}_i) - \hat{\alpha}_i \geq 0 \quad (33b)$$

Modelo de Efectos Aleatorios (EA) Aigner et al. (1977)

$$\ln EV_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (34a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (34b)$$

$$u_{it} = |U_i|, U_i \sim N[\mu, \sigma_u^2] \quad (34c)$$

Normal- Normal Truncado (Stevenson(1980))

$$\ln EV_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (35a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (35b)$$

$$u_{it} = |U_i|, U_i \sim N[\mu + \mathbf{k}'_{it}\delta, \sigma_u^2] \quad (35c)$$

Doble Heteroscedasticidad (Hadri et al.2003)

$$\ln EV_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (36a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_{vi}^2]; \sigma_{vi} = \sigma_v \exp(\mathbf{k}'_{it}\delta_v) \quad (36b)$$

$$u_{it} = |U_{it}|, U_{it} \sim N[0, \sigma_{ui}^2]; \sigma_{ui} = \sigma_u \exp(\mathbf{k}'_{it}\delta_u) \quad (36c)$$

Battese y Coelli (1992)

$$\ln EV_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (37a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (37b)$$

$$u_{it} = \eta_t |U_i|, U_i \sim N[\mu + \mathbf{k}'_{it}\delta, \sigma_u^2], \eta_t = \exp[-\eta(t - T)] \quad (37c)$$

Rayleigh Distribution, Gholamreza Hajargasht (2014)

$$\ln EV_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (38a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (38b)$$

$$u_{it} \sim \text{Rayleigh} \left[\sigma_u \sqrt{\pi/2}, \frac{4-\pi}{2} \sigma_u^2 \right]; \quad (38c)$$

Modelo de Efectos Fijos Verdaderos – EFV (Greene(2005))

$$\ln EV_{it} = \alpha_i + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (39a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (39b)$$

$$u_{it} = |U_{it}|, U_{it} \sim N[0, \sigma_{ui}^2]; \mu_i = \delta_{0i} + k'_i \delta \quad (39c)$$

Modelo de Efectos Aleatorios Verdaderos - EAV (Greene (2005))

$$\ln EV_{it} = (\alpha + w_i) + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (40a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (40b)$$

$$u_{it} = |U_{it}|, U_{it} \sim N[0, \sigma_{ui}^2]; \quad (40c)$$

$$w_i \sim N[0, \sigma_w^2] \quad (40d)$$

Modelo de Parámetros Aleatorios –MPA (Greene (2005))

$$\ln EV_{it} = \alpha_i + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (41a)$$

$$(\alpha_i, \beta_i) \sim N[(\alpha, \beta), \Sigma] \quad (41b)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (41c)$$

$$u_{it} \sim N[0, \sigma_u^2]; \quad (42d)$$

Modelo de Alvarez, Arias y Greene (ALV) (2004)

$$\ln EV_{it} = \alpha_i + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (43a)$$

$$\alpha_i = \alpha + \theta_\alpha w_i + \theta_\alpha \left(\frac{1}{2} w_i^2\right) \quad (43b)$$

$$\beta_{k,i} = \beta_k + \lambda_k w_i \quad (43c)$$

$$w_{it} \sim N[0, 1] \quad (43d)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (43e)$$

$$u_{it} = |U_{it}|, U_{it} \sim N[0, \sigma_u^2]; \quad (43f)$$

Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos - GEAV (Filippini y Greene (2014))

$$\ln EV_{it} = \alpha + (w_i - h_i) + \mathbf{x}'_{it}\beta + \mathbf{z}'_{it}\gamma + \mathbf{k}'_{it}\theta + \mathbf{t}'\varphi + v_{it} - u_{it} \quad (44a)$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2] \quad (44b)$$

$$u_{it} = |U_{it}|, U_{it} \sim N[0, \sigma_u^2]; \quad (44c)$$

$$w_{it} \sim N[0, \sigma_w^2] \quad (44d)$$

$$h_i = |H_{it}|, H_{it} \sim N[0, \sigma_h^2]; \quad (44e)$$

Asimismo siguiendo a Filippini y Greene (2014), se considera adicionalmente la versión con tratamiento Mundlak del último modelo (GEAVM) que considera una regresión auxiliar que permite tratar el sesgo por heterogeneidad de acuerdo con Mundlak (1978).

Para tratar la endogeneidad se ha incluido variables instrumentales naturales siguiendo la siguiente procedimiento: se estimó el promedio quinquenal de las variables gasto en salud, agua, embarazo adolescente, empleo, densidad poblacional, financiamiento público y gasto de bolsillo desde el año 1991 hasta el año 2005 los mismos que han sido usados como rezagos durante el periodo 1996-2010.

La Tabla N° 02 y 03 muestran los resultados de las estimaciones por grupos de modelos.

Tabla N° 02: Modelos Estocásticos de Eficiencia Invariante en el Tiempo con Datos Panel 1996-2010

	Modelos de eficiencia invariantes en el tiempo											
	(1) EF		(2) EA		(3) Heterosc.		(4) Truncado		(5) Battese / Coelli		(6) Rayleigh	
	COEF.	DEST	COEF.	DEST	COEF.	DEST	COEF.	DEST	COEF.	DEST	COEF.	DEST
Constant			3.88906 [1.29932]***		4.02642 [0.0181]***		3.88553 [0.02956]***		3.90491 [0.03105]***		3.94036 [0.03529]***	
LNGS	0.08957 [0.00767]***		0.08868 [0.00404]***		0.06321 [0.0025]***		0.10784 [0.0038]***		0.10306 [0.00391]***		0.10588 [0.00399]***	
AGUA	0.00082 [0.00026]***		0.00079 [0.00025]***		0.00108 [0.00017]***		0.00089 [0.00024]***		0.00075 [0.00029]***		0.00086 [0.00028]***	
LNEMADO	-0.0257 [0.00577]***		-0.02491 [0.00417]***		-0.00992 [0.00178]***		-0.02804 [0.00479]***		-0.02669 [0.00499]***		-0.02788 [0.0047]***	
EMP	0.00052 [0.00028]*		0.00046 [0.00026]*		-0.00016 [0.9823D-04]		0.0005 [0.00028]*		0.0004 [0.00029]		0.00043 [0.00029]	
LNGS2	-0.00638 [0.0007]***		-0.00628 [0.00043]***		-0.00397 [0.00021]***		-0.00835 [0.0004]***		-0.00797 [0.00041]***		-0.00811 [0.00039]***	
LNENPOB	0.05372 [0.01192]***		0.05408 [0.00493]***		0.03534 [0.00514]***		0.05384 [0.00589]***		0.0544 [0.00618]***		0.05623 [0.00594]***	
TROPIC			-0.07207 [1.09693]		0.04132 [0.02956]		-0.04412 [0.00671]***		-0.03574 [0.00736]***		-0.05098 [0.01609]***	
FINPUB	-0.00021 [0.00017]		-0.00022 [0.8959D-04]**		-0.00012 [0.4976D-04]**		-0.00014 [0.00010]		-0.00011 [0.00011]		-0.0002 [0.00010]**	
GSBOL	.45732D-04 [0.00018]		.41173D-04 [0.9984D-04]		-.00023 [0.5674D-04]***		0.00012 [0.9982D-04]		0.00014 [0.00010]		.77060D-04 [0.0001]	
DEMOC	0.01692 [0.00316]***		0.01735 [0.0016]***		0.01252 [0.00129]***		0.00894 [0.00165]***		0.00712 [0.00187]***		0.01356 [0.00183]***	
EFGUB	0.01939 [0.00362]***		0.0187 [0.0024]***		0.00306 [0.00119]**		0.01626 [0.00228]***		0.01469 [0.00242]***		0.01404 [0.00242]***	
OECD			0.06732 [1.31787]		-0.0194 [0.0077]**		-0.0062 [0.01069]		0.01086 [0.01089]		-0.04311 [0.02319]*	
AL			0.03325 [1.46047]		0.05107 [0.06919]		0.03345 [0.0067]***		0.0379 [0.00726]***		0.01904 [0.0203]	
1996	-0.01684 [0.0049]***		-0.01699 [0.01616]		-0.03196 [0.00306]***		-0.03334 [0.01671]**		-0.03199 [0.01709]*		-0.03178 [0.01712]*	
1997	-0.01646 [0.00471]***		-0.01655 [0.02112]		-0.02927 [0.00347]***		-0.03295 [0.02202]		-0.03172 [0.0223]		-0.03143 [0.02263]	
1998	-0.01638 [0.00454]***		-0.01647 [0.01895]		-0.02728 [0.00349]***		-0.03273 [0.01939]*		-0.03169 [0.01997]		-0.03132 [0.01978]	
1999	-0.01545 [0.00443]***		-0.0157 [0.01802]		-0.02577 [0.00271]***		-0.03166 [0.01927]		-0.03091 [0.01972]		-0.03042 [0.01924]	
2000	-0.01439 [0.00429]***		-0.01458 [0.01719]		-0.02319 [0.00332]***		-0.03047 [0.01817]*		-0.02985 [0.01863]		-0.02928 [0.01832]	
2001	-0.01513 [0.00373]***		-0.01538 [0.01776]		-0.01974 [0.00265]***		-0.02453 [0.01856]		-0.02366 [0.01913]		-0.02347 [0.01791]	
2002	-0.01451 [0.0035]***		-0.01448 [0.01778]		-0.01482 [0.00505]***		-0.02377 [0.01972]		-0.023 [0.02004]		-0.02276 [0.02001]	
2003	-0.01325 [0.00333]***		-0.01328 [0.01819]		-0.01648 [0.00273]***		-0.02228 [0.01873]		-0.02173 [0.01942]		-0.0214 [0.01929]	
2004	-0.01078 [0.00319]***		-0.01064 [0.02134]		-0.01207 [0.00286]***		-0.01964 [0.02269]		-0.01923 [0.02303]		-0.01882 [0.02326]	
2005	-0.0094 [0.00309]***		-0.0094 [0.02042]		-0.01008 [0.00254]***		-0.01794 [0.02309]		-0.01779 [0.02339]		-0.01732 [0.02283]	
2006	-0.01043 [0.00287]***		-0.01019 [0.01707]		-0.0078 [0.00272]***		-0.01132 [0.01877]		-0.01058 [0.01935]		-0.01099 [0.01826]	
2007	-0.00834 [0.00268]***		-0.00815 [0.02258]		-0.00611 [0.00287]**		-0.00885 [0.02447]		-0.00835 [0.0254]		-0.00868 [0.02578]	
2008	-0.00549 [0.00253]**		-0.00556 [0.02012]		-0.00377 [0.00316]		-0.00564 [0.02259]		-0.0054 [0.0233]		-0.00562 [0.02229]	
2009	-0.00256 [0.00244]		-0.00271 [0.0298]		-0.00233 [0.00392]		-0.00243 [0.03129]		-0.00229 [0.03236]		-0.00243 [0.03272]	
LNGS (-5)	0.01221 [0.00446]***		0.01008 [0.00332]***		0.0108 [0.00142]***		0.00389 [0.00365]		0.0024 [0.00379]		0.0062 [0.0036]*	
AGUA (-5)	-0.00018 [0.0003]		-.67702D-04 [0.00029]		-0.00069 [0.0002]***		-.60633D-04 [0.0003]		-.11882D-05 [0.00036]		.51439D-04 [0.00034]	
LNEMADO (-5)	0.01276 [0.00543]**		0.01195 [0.00399]***		0.00593 [0.00139]***		0.01404 [0.00486]***		0.01383 [0.00563]**		0.01451 [0.00479]***	
EMP (-5)	0.00061 [0.00034]**		0.00072 [0.00025]***		0.00035 [0.00012]***		0.00094 [0.00028]***		0.00092 [0.00029]***		0.00079 [0.0003]***	
LNENPOB (-5)	0.02837 [0.01672]*		0.02796 [0.00966]***		-0.03119 [0.00549]***		-0.04445 [0.00599]***		-0.04617 [0.00654]***		-0.04807 [0.00632]***	
FINPUB (-5)	-0.00056 [0.00024]**		-0.00058 [0.00016]***		0.00012 [0.7079D-04]**		-0.00017 [0.00016]		-0.00012 [0.00016]		-0.00034 [0.00017]**	
GSBOL (-5)	-0.00072 [0.00027]***		-0.00071 [0.00016]***		-0.00027 [0.8077D-04]***		-0.00036 [0.00016]**		-0.00026 [0.00016]		-0.00053 [0.00018]***	
					Heterosc. en (v)	Heterosc. en (u)	Ineficiencia en la media	Ineficiencia en la media			Heterosc. en (u)	
FINPUB					0.03316 [0.00106]***	-0.02904 [0.03312]	-0.03321 [0.06979]	-0.00051 [0.00225]			-0.02718 [0.00817]***	
GSBOL					-0.007 [0.001]***	-0.03638 [0.02948]	-0.04971 [0.09313]	-0.00273 [0.00431]			-0.02636 [0.00758]***	
DEMOC					0.15824 [0.01551]***	0.51682 [0.43634]	1.58643 [2.29756]	0.18981 [0.14087]			0.30977 [0.12819]**	
EFGUB					-0.73026 [0.02974]***	-1.11383 [0.49953]**	-2.93141 [3.99633]	-0.38494 [0.25036]			-0.40192 [0.11471]***	
OECD					-3.88246 [0.08089]***	-2.17805 [1.20073]*	-7.22162 [12.61253]	-0.49744 [0.55317]			-0.96555 [0.2868]***	
AL					-2.82514 [0.04431]***	-0.06515 [0.80945]	-4.55968 [7.19576]	-0.38891 [0.32517]			-0.78948 [0.25503]***	
Lambda			65.7137 [136.772]		68.2755 [796.6892]		23.2853 [181.2703]		8.97197 [0.04606]***			
Sigma(u)			1.34346 [0.34353]***		0.76067 [1.06965]		0.49699 [0.80123]		0.19148 [0.00295]***		1.50875 [1.08687]	
Eta									0.0023 [0.00045]***			
Log Verosimilitud			4966.14		6068.2546		5230.5232		5236.147		7153.2878	
Observaciones			2310		2310		2310		2310		2310	
Número de países			154		154		154		154		154	

Errores estándar en corchetes
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tabla N° 03: Modelos Estocásticos de Eficiencia Variante en el Tiempo con Datos Panel 1996-2010

	Modelos de eficiencia variable en el tiempo											
	(7) EFV		(8) EAV		(9) MPA ¹		(9) ALV ²		(11) GEAV		(12) GAVM ³	
	COEF	SD	COEF	SD	COEF	SD	COEF	SD	COEF	SD	COEF	SD
Constant			3.76776 [0.01199]***		3.57481 [0.01301]***		3.85925 [0.01184]***		3.82004 [0.01396]***		4.0357 [0.0145]***	
LNGS	0.0709 [0.0017]***		0.0948 [0.00252]***		0.10182 [0.00245]***		0.09028 [0.00254]***		0.0952 [0.00269]***		0.10112 [0.00262]***	
AGUA	0.00567 [0.00012]***		0.0008 [0.00013]***		0.00058 [0.00014]***		0.00032 [0.00014]***		0.00083 [0.00014]***		0.00089 [0.00013]***	
LNEMADO	-0.00143 [0.00174]		-0.02673 [0.00259]***		-0.02373 [0.00278]***		-0.02727 [0.00261]***		-0.03079 [0.00277]***		-0.02232 [0.00319]***	
EMP	0.00111 [0.00012]***		0.00025 [0.00017]		0.00035 [0.00018]*		0.00032 [0.00016]*		0.00031 [0.00017]*		0.00061 [0.00021]***	
LNGS2	-0.00526 [0.00014]***		-0.00718 [0.00023]***		-0.00792 [0.00023]***		-0.00664 [0.00023]***		-0.00734 [0.00024]***		-0.00799 [0.00023]***	
LNENPOB	-0.06429 [0.00254]***		0.0391 [0.00058]***		0.03748 [0.00587]***		0.04689 [0.00054]***		0.04278 [0.00055]***		0.04228 [0.00054]***	
TROPIC	0.0015 [0.6431D-04]***		-0.12827 [0.00134]***		-0.12878 [0.00134]***		-0.20736 [0.00161]***		-0.15497 [0.00149]***		-0.04323 [0.00128]***	
FINPUB	0.00226 [0.6467D-04]***		-0.00026 [0.7897D-04]***		-0.00409 [0.8692D-04]***		-0.00036 [0.8007D-04]***		-0.00017 [0.7566D-04]**		-0.00025 [0.8613D-04]***	
GSBOL			.20439D-04 [0.7849D-04]		0.0042 [0.0001]***		-0.0001 [0.8076D-04]		0.00022 [0.7523D-04]***		.27144D-04 [0.8937D-04]	
DEMOC			0.01594 [0.00076]***		0.01676 [0.00097]***		0.01907 [0.00077]***		0.01785 [0.00077]***		0.01506 [0.0008]***	
EFGUB			0.01343 [0.00105]***		0.06039 [0.00125]***		0.0146 [0.00102]***		0.01559 [0.0011]***		0.01519 [0.00109]***	
OECD			-0.00023 [0.00184]		-0.04514 [0.00187]***		-0.0195 [0.00183]***		0.00465 [0.00189]**		-0.00863 [0.00193]***	
AL			0.15147 [0.00143]***		0.16838 [0.00147]***		0.15735 [0.0014]***		0.13173 [0.00148]***		0.17758 [0.00157]***	
1996			-0.02638 [0.00953]***		-0.03431 [0.01073]***		-0.02554 [0.00899]***		-0.02863 [0.01331]**		-0.03329 [0.01308]**	
1997			-0.02988 [0.01257]**		-0.03783 [0.01391]**		-0.0289 [0.01129]**		-0.03025 [0.01755]**		-0.0352 [0.01665]**	
1998			-0.03239 [0.01279]**		-0.03988 [0.01405]***		-0.03116 [0.01223]**		-0.0311 [0.01675]**		-0.03632 [0.01566]**	
1999			-0.03229 [0.01122]**		-0.04017 [0.01195]**		-0.03169 [0.01041]**		-0.03086 [0.01565]**		-0.03549 [0.01493]**	
2000			-0.03138 [0.00974]***		-0.03858 [0.01063]***		-0.03046 [0.00911]**		-0.03009 [0.01395]**		-0.03495 [0.01323]**	
2001			-0.0281 [0.00956]***		-0.03255 [0.01218]***		-0.02695 [0.00903]***		-0.02649 [0.01261]**		-0.02967 [0.01306]**	
2002			-0.02752 [0.01181]**		-0.03165 [0.01325]**		-0.02647 [0.01156]**		-0.02538 [0.01482]**		-0.02866 [0.01483]**	
2003			-0.02577 [0.01253]**		-0.02943 [0.01221]**		-0.02484 [0.01233]**		-0.02358 [0.01634]		-0.0266 [0.01522]**	
2004			-0.02297 [0.01358]**		-0.02625 [0.01449]**		-0.02224 [0.01293]**		-0.02049 [0.01805]		-0.02361 [0.0173]	
2005			-0.02109 [0.01314]		-0.02411 [0.0151]		-0.02036 [0.01242]		-0.01833 [0.01739]		-0.02149 [0.01674]	
2006			-0.01714 [0.01063]		-0.01845 [0.01176]		-0.01622 [0.01002]		-0.01348 [0.01364]		-0.01629 [0.01367]	
2007			-0.01401 [0.01337]		-0.01467 [0.01476]		-0.01406 [0.012]		-0.01092 [0.01886]		-0.01299 [0.01783]	
2008			-0.00978 [0.01379]		-0.00982 [0.015]		-0.00961 [0.01308]		-0.00693 [0.01928]		-0.00865 [0.01803]	
2009			-0.0045 [0.01838]		-0.00482 [0.02068]		-0.00487 [0.01683]		-0.0026 [0.02433]		-0.00425 [0.0239]	
LNGS (-5)	0.0283 [0.00120]***		0.0132 [0.0019]***		0.00759 [0.00195]***		0.01268 [0.00186]***		0.00909 [0.00191]***		0.01118 [0.00233]***	
AGUA (-5)	-0.00303 [0.0011]***		0.00013 [0.00013]		-0.00023 [0.00014]		0.00013 [0.00014]		0.00048 [0.00014]***		-0.00024 [0.00015]	
LNEMADO (-5)	-0.01593 [0.00191]***		0.01428 [0.00269]***		0.01612 [0.00286]***		0.01691 [0.00263]***		0.01372 [0.00287]***		0.01457 [0.00278]***	
EMP (-5)	-0.00033 [0.00012]***		0.00016 [0.00016]		0.00014 [0.00018]		0.00016 [0.00016]		0.00053 [0.00016]***		0.00078 [0.0002]***	
LNENPOB (-5)	0.07052 [0.00255]***		-0.02552 [0.0058]***		-0.0389 [0.00586]***		-0.02383 [0.00542]***		-0.03995 [0.00559]***		-0.03285 [0.00554]***	
FINPUB (-5)	0.00043 [0.6905D-04]***		0.00046 [0.8335D-04]***		-0.00043 [0.8580D-04]***		.45179D-04 [0.8757D-04]		0.0006 [0.7876D-04]***		0.00026 [0.9138D-04]***	
GSBOL (-5)	-0.00031 [0.6620D-04]***		0.00018 [0.8443D-04]**		-0.00066 [0.0001]***		-0.00038 [0.8885D-04]***		0.0005 [0.8037D-04]***		.38363D-04 [0.9289D-04]	
			DE true random effect		DE true random effect		unobservable fixed management					
Constant			0.08851 [0.00058]***		0.07723 [0.00052]***		0.07736 [0.00546]***		0.00096 [0.00044]***		0.00055 [0.2281D-04]***	
LNGS							0.00096 [0.00044]***		0.00055 [0.2281D-04]***		-0.00101 [0.00077]	
AGUA							0.00055 [0.2281D-04]***		-0.00101 [0.00077]		-0.00028 [0.3937D-04]***	
LNEMADO												
EMP												
Alpha_mm							0.00691 [0.00064]***					
Sigma	9.26845 [0.17107]***		0.03414 [0.00027]***		0.03437 [0.00027]***		0.03345 [0.00026]***		0.02946 [0.00028]***		0.03016 [0.00029]***	
Lambda	0.13922 [0.00022]***		3.08631 [0.12471]***		2.96354 [0.12459]***		3.11221 [0.13069]***		1.70667 [0.06595]***		1.94425 [0.07677]***	
Theta_ai									0.78784 [0.02542]***		0.65634 [0.02447]***	
Theta_fi									0.10549 [0.00068]***		0.09086 [0.00063]***	
Sigma(u)	0.1384								0.2542			
Sigma(v)	0.0149								0.01489			
Log Verosimilitud	3775		5225		5195		5234		5215		5252	
Observaciones	2310		2310		2310		2310		2310		2310	
Número de países	154		154		154		154		154		154	

Errores estándar en corchetes

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

¹ Parámetros con heterogeneidad aleatoria en la media en FINPUB, GSBOL, DEMOC, EFGUB, OECD y AL

² Parámetros con heterogeneidad aleatoria en la media en LNGS, LNAGUA, LNEMADO, LNEMP

³ Parámetros Mundlak no mostrados

4.3. Resultados de eficiencia con la aproximación no paramétrica

A continuación se presentan los resultados de la aproximación paramétrica DEA y el índice de Malmquist.

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

Se ha estimado la eficiencia técnica por el método no paramétrico de *Data Envelopment Analysis* tanto con rendimientos constantes, variables y decrecientes a escala la Tabla N° 04 muestra los resultados para el modelo con rendimientos variables a escala.

Tabla N° 04 : Resultados con DEA RVE por grupos de países

AÑOS	TODOS		AMÉRICA LATINA		OECD		OTROS PAÍSES	
	Países	Eff.	Países	Eff.	Países	Eff.	Países	Eff.
1996	154	0.9310	27	0.95061	30	0.96951	98	0.91423
1997	154	0.9240	27	0.9491	30	0.9703	98	0.9035
1998	153	0.9240	27	0.9504	30	0.9712	97	0.9025
1999	154	0.9235	27	0.9515	30	0.9708	98	0.9019
2000	154	0.9225	27	0.9505	30	0.9699	98	0.9008
2001	153	0.9242	27	0.9514	30	0.9709	97	0.9028
2002	154	0.9248	27	0.9528	30	0.9708	98	0.9036
2003	153	0.9256	27	0.9539	30	0.9714	97	0.9040
2004	154	0.9296	27	0.9546	30	0.9728	98	0.9100
2005	154	0.9310	27	0.9565	30	0.9754	98	0.9109
2006	154	0.9305	27	0.9564	30	0.9743	98	0.9104
2007	154	0.9328	27	0.9583	30	0.9744	98	0.9136
2008	154	0.9343	27	0.9571	30	0.9756	98	0.9159
2009	154	0.9360	27	0.9568	30	0.9737	98	0.9191
2010	154	0.9353	27	0.9569	30	0.9754	98	0.9176
PROMEDIO		0.9286		0.9538		0.9724		0.9087

Se observa que de acuerdo a este modelo los países miembros de la OECD muestran una mayor desempeño, seguido por los países de América Latina, y luego los demás países, se observa asimismo que tanto los países de la OECD como América Latina se ubican por encima del promedio.

El gráfico N° 02 muestra que el desempeño no ha tenido grandes variaciones a lo largo de los años. Este comportamiento es similar a los modelos con resultados de eficiencia invariantes en el tiempo y como se verificará más adelante tienen una alta correlación entre ellos.

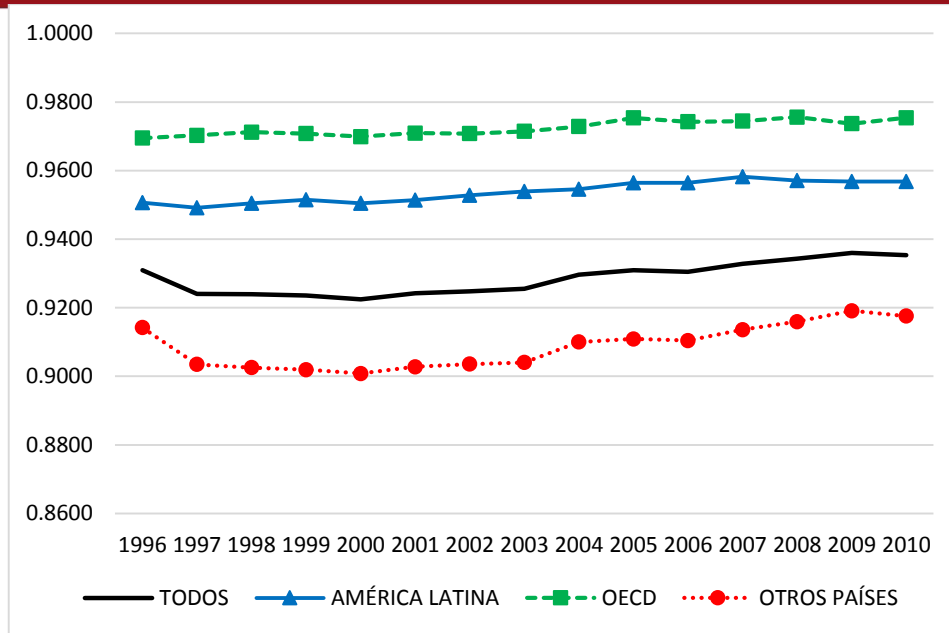


Gráfico N° 02 : Resultados DEA RVE por grupos de países para el periodo 1996-2010

De manera similar se ha procedido a estimar los resultados para el modelo DEA con rendimientos constantes y decrecientes a escala, a continuación, el Gráfico N° 03 presenta la comparación de la densidad Kernel de las estimaciones de eficiencia de las tres especificaciones.

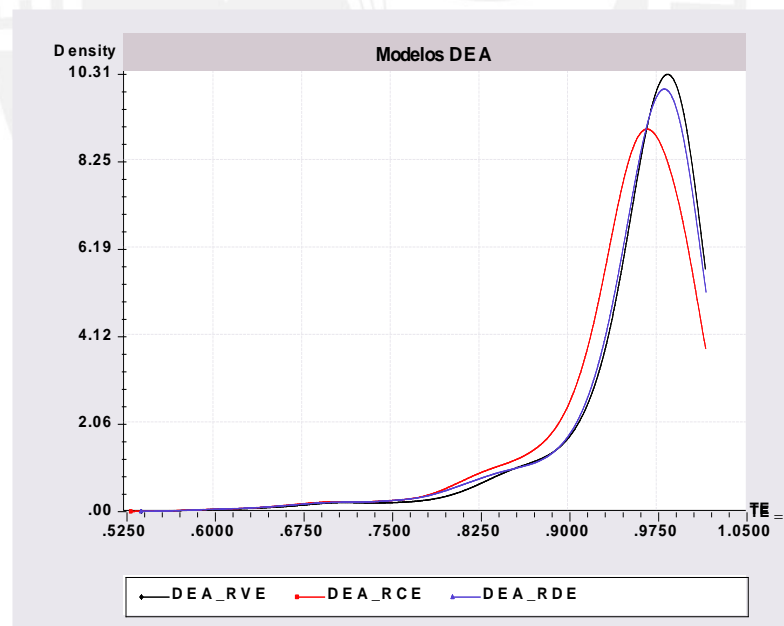


Gráfico N° 03: Densidad kernel de los modelos DEA

INDICE DE MALMQUIST

La Tabla N° 05 muestra los resultados de la estimación del índice de Malmquist.

TABLA N° 05: Resultados del Índice de Malmquist

PERIODO	MUNDO			AMÉRICA LATINA			OECD			OTROS PAÍSES		
	Produc.	Eficienc.	Tecnol.	Produc.	Eficienc.	Tecnol.	Produc.	Eficienc.	Tecnol.	Produc.	Eficienc.	Tecnol.
1996/1997	1.0013	0.9924	1.0089	0.9992	0.9996	0.9996	1.0027	1.0044	0.9983	1.0014	0.9869	1.0147
1997/1998	0.9981	1.0017	0.9964	1.0001	1.0011	0.9990	1.0016	1.0033	0.9983	0.9966	1.0014	0.9952
1998/1999	1.0008	0.9988	1.0020	1.0013	1.0007	1.0006	1.0010	0.9992	1.0017	1.0006	0.9981	1.0025
1999/2000	0.9997	1.0001	0.9996	1.0002	0.9991	1.0011	1.0027	1.0009	1.0018	0.9987	1.0002	0.9985
2000/2001	0.9983	1.0039	0.9945	1.0003	1.0018	0.9985	1.0040	1.0056	0.9984	0.9961	1.0039	0.9922
2001/2002	0.9990	1.0004	0.9985	1.0009	1.0027	0.9983	1.0017	1.0004	1.0012	0.9976	0.9998	0.9978
2002/2003	0.9983	1.0031	0.9953	1.0008	1.0018	0.9990	1.0017	1.0017	1.0000	0.9966	1.0038	0.9928
2003/2004	0.9990	1.0045	0.9945	1.0000	1.0009	0.9991	1.0054	1.0044	1.0010	0.9968	1.0055	0.9913
2004/2005	0.9986	1.0026	0.9960	1.0013	1.0037	0.9976	1.0016	1.0032	0.9984	0.9969	1.0021	0.9948
2005/2006	0.9996	1.0005	0.9991	0.9982	0.9991	0.9991	1.0025	1.0014	1.0011	0.9991	1.0006	0.9985
2006/2007	0.9993	1.0042	0.9952	0.9997	1.0028	0.9969	1.0010	1.0019	0.9991	0.9987	1.0052	0.9935
2007/2008	1.0004	1.0020	0.9984	0.9987	0.9989	0.9999	1.0026	1.0007	1.0019	1.0002	1.0032	0.9970
2008/2009	1.0014	1.0021	0.9992	0.9995	1.0000	0.9995	1.0029	1.0001	1.0028	1.0014	1.0033	0.9981
2009/2010	1.0032	1.0004	1.0028	1.0015	0.9992	1.0023	1.0027	1.0003	1.0024	1.0039	1.0008	1.0031
PROMEDIO	0.9998	1.0012	0.99859	1.0001	1.0008	0.9993	1.0024	1.0020	1.0005	0.9989	1.0010	0.9978

El gráfico N° 04 presenta los cambios en la producción total de factores por grupos de países. Según estos resultados los países de la OECD tienen un mayor valor del Índice de Malmquist seguido de los países de América Latina, el promedio mundial y los demás países.

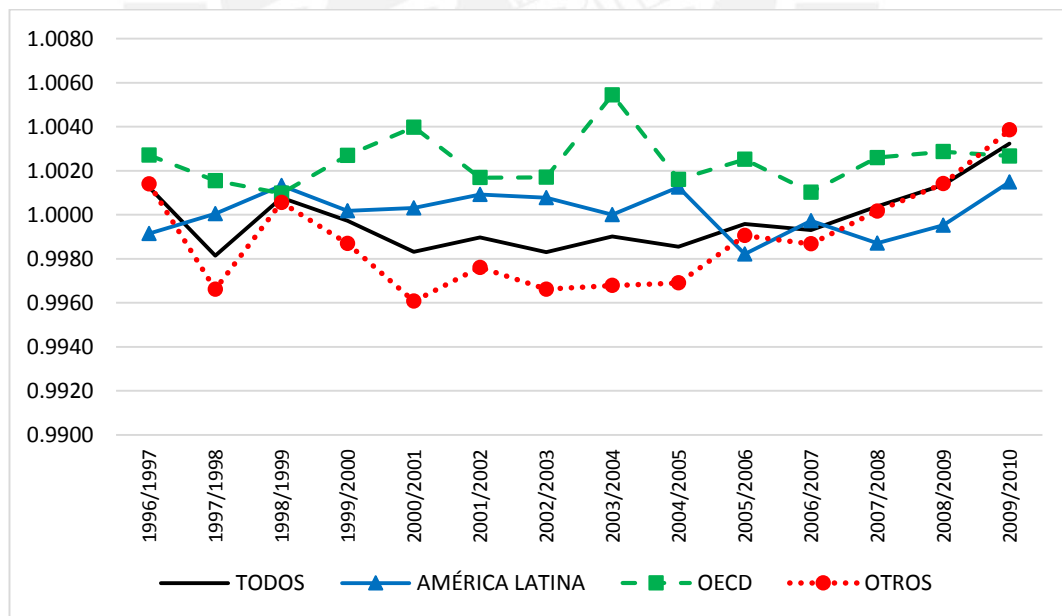


Gráfico N° 04: Cambios en la productividad total de factores por grupo de países

Se observa que la variación de la productividad total de factores promedio es mínima, aunque este al principio disminuyó, al final del periodo se incrementó ligeramente, en términos promedios ha disminuido en 0.02% durante los 15 años del análisis. América Latina

también ha tenido un comportamiento similar, la productividad total de factores ha permanecido prácticamente invariable, siendo su tasa promedio anual de crecimiento del orden del 0.01%, mientras que los países de la OECD han incrementado ligeramente la productividad total de factores en un 0.27%.

El gráfico N°05 muestra los cambios interanuales de la eficiencia técnica por grupo de países, en este se observa que los países a nivel mundial han incrementado su eficiencia ligeramente, este cambio es en promedio del orden de 0.12% anual, los países de América Latina han tenido una variación promedio del 0.08% anual y los países de la OECD un incremento anual del 0.2%.

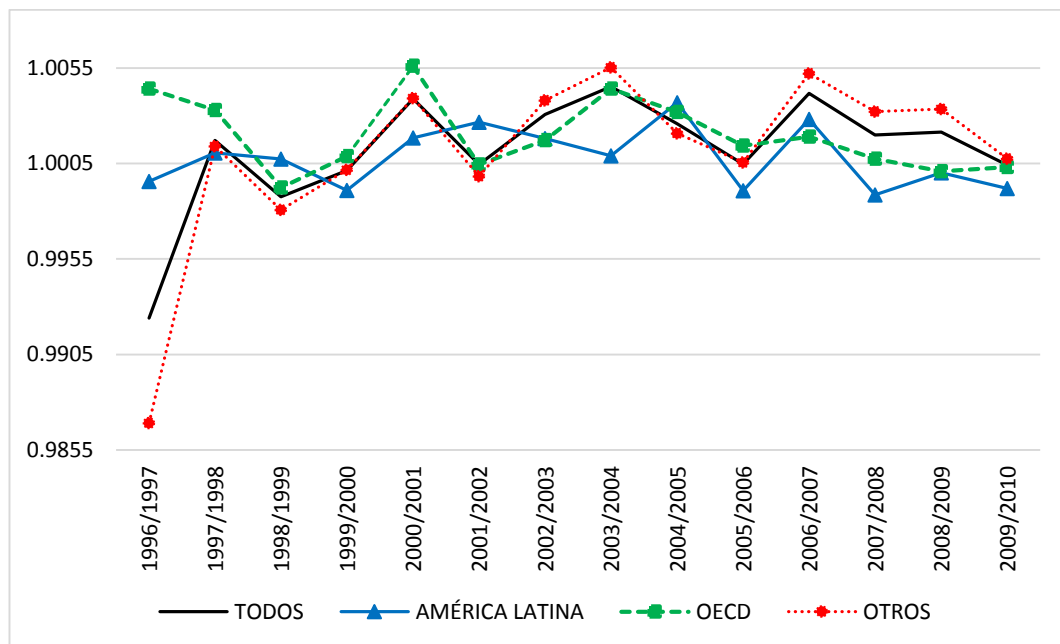


Gráfico N° 05 Cambios en la eficiencia técnica por grupo de países

En cuanto a la variación del cambio tecnológico el gráfico N° 06 muestra que la variación del cambio tecnológico a nivel de todos los países ha sido mínima, disminuyendo en promedio en 0.015% anual, se observa asimismo que aunque América Latina tiene un comportamiento ligeramente superior al promedio mundial, éste sigue siendo negativo, para estos países la tasa de crecimiento interanual promedio disminuye en 0.007% anual, sólo los países de la OECD son los que tienen una tasa de crecimiento positiva del 0.05% promedio anual.

Se puede observar que las tasas de crecimiento presentado en los tres gráficos son muy cercanos a cero y en términos prácticos todos ellos varían menos del 1%, esto se debe a que el modelo DEA en el que se basa el índice de Malmquist, al menos para el presente estudio, ha estimado eficiencias que varía muy poco a lo largo de los años, siendo una consecuencia de que el modelo no paramétrico tenga resultados de eficiencia prácticamente invariantes en el tiempo.

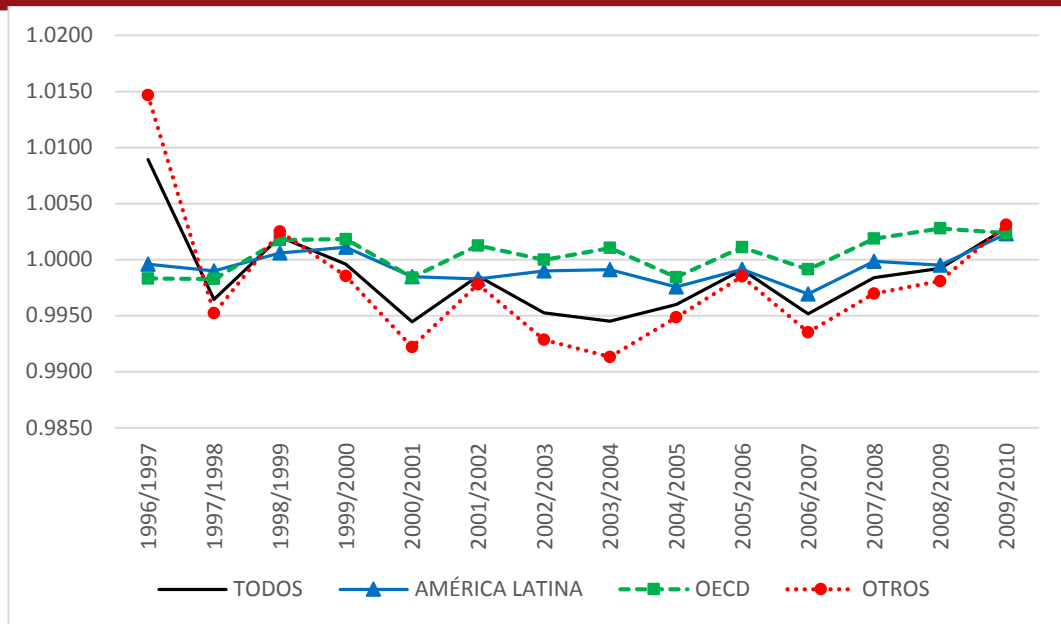


Gráfico N° 06 Variación del cambio tecnológico por grupo de países

4.4. Análisis Comparativo de Resultados

La Tabla N° 06 muestra las estadísticas descriptivas de la eficiencia estimada, se ha clasificado los modelos en cuatro grupos, los tres primeros corresponden a una clasificación de acuerdo a resultados de los modelos paramétricos y el último a los modelos no paramétricos.

Tabla N° 06 Estadísticas descriptivas de la eficiencia

Variable	Obs	Media	Desviación estándar	Minimo	Maximo
MODELOS CON RESULTADOS INVARIANTES EN EL TIEMPO					
EF	2310	0.71664	0.10173	0.46155	1.00000
EA	2310	0.71226	0.09886	0.48602	0.98350
HET	2310	0.87059	0.10590	0.54800	0.99961
TRUNC	2310	0.89802	0.08950	0.59219	0.99774
BC	2310	0.89729	0.09176	0.58021	0.99704
RAY	2310	0.87260	0.08661	0.57814	0.97483
MODELOS CON RESULTADOS VARIANTES EN EL TIEMPO					
EFV	2310	0.95657	0.01633	0.91476	0.99296
EAV	2310	0.97772	0.01854	0.81854	0.99839
MPA	2310	0.97763	0.01852	0.81201	0.99833
ALV	2310	0.97807	0.01809	0.82298	0.99843
MODELOS QUE DIFERENCIAN EFICIENCIA PERSISTENTE Y TRANSITORIA					
GEAV	2220	0.90473	0.00615	0.85451	0.91708
GEAV T	2220	0.98148	0.00675	0.92540	0.99510
GEAV P	2220	0.92180	0.00031	0.92120	0.92340
GEAVM	2220	0.91412	0.00709	0.85450	0.92761
GEAVM T	2220	0.98057	0.00778	0.91420	0.99550
GEAVM P	2220	0.93224	0.00049	0.93160	0.93470
MODELOS NO PARAMÉTRICOS (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS)					
DEA RVE	2307	0.92861	0.07854	0.55243	1.00000
DEA RCE	2310	0.91381	0.07978	0.54351	1.00000
DEA RDE	2309	0.92359	0.08140	0.55243	1.00000

El primer grupo corresponde a los modelos con resultados invariantes en el tiempo, en estos se incluyen el modelo de efectos fijos (EF) el modelo de efectos aleatorios (EA), el modelo con heteroscedasticidad (HET), el modelo truncado (TRUNC) que corresponde a un modelo normal y media normal, el modelo de Battese y Coelli (BC) y el modelo con especificación Rayleigh (RAY), todos ellos estiman en la práctica los mismos resultados para todos los años.

En un segundo grupo se encuentran los modelos con resultados de eficiencia variables en el tiempo, entre ellos están los modelos de efectos fijos verdaderos (EFV), el modelo de efectos aleatorios verdaderos (EAV) el modelo de parámetros aleatorios (MPA), y los resultados de la especificación de Alvarez et al. (2004) (ALV), todos ellos tienen resultados de eficiencia que varían a través de los años.

En el tercer grupo se encuentra el modelo generalizado de efectos aleatorios verdaderos (GEAV) que diferencia eficiencia transitoria (GEAV T) y persistente (GEAV P), asimismo se encuentra el mismo modelo con tratamiento de Mundlak (GEAVM) y sus resultados de eficiencia transitoria (GEAVM T) y persistente (GEAVM P).

Por último en el cuarto grupo se encuentran los resultados de los modelos no paramétricos DEA tanto en su especificación de rendimientos constantes a escala (DEA RCE), rendimientos variables a escala (DEA RVE) y rendimientos no crecientes a escala (DEA RDE).

La Tabla N° 07 muestra la correlación de Pearson y de Spearman de todos los modelos.

Tabla N° 07 Correlación de Pearson y Spearman para los modelos estimados

	EF	EA	HET	TRUNC	BC	RAY	EFV	EAV	MPA	ALV	GEAV	GEAV T	GEAV P	GEAVM	GEAVMT	GEAVMP	DEA RVE	DEA RCE	DEA RDE
EF	1.0000	0.9344	0.4317	0.5790	0.5566	0.5528	0.0789	0.1140	0.1381	0.1345	0.1059	0.1165	-0.2480	0.1289	0.1460	-0.3043	0.3638	0.3851	0.3776
EA	0.9307	1.0000	0.1926	0.4242	0.3921	0.3892	0.0410	0.0651	0.0868	0.0836	0.0668	0.0738	-0.1630	0.0834	0.0973	-0.2401	0.2571	0.2714	0.2527
HET	0.3057	0.0578	1.0000	0.9037	0.9226	0.8926	0.1761	0.1870	0.2202	0.1993	0.1656	0.1769	-0.2786	0.1872	0.2039	-0.3177	0.6493	0.6751	0.7244
TRUNC	0.5069	0.3539	0.7852	1.0000	0.9966	0.9928	0.2020	0.1999	0.2377	0.2166	0.1783	0.1889	-0.2692	0.2007	0.2193	-0.3509	0.7260	0.7681	0.7901
BC	0.4714	0.3062	0.8263	0.9896	1.0000	0.9842	0.2060	0.2038	0.2422	0.2198	0.1819	0.1930	-0.2790	0.2039	0.2227	-0.3568	0.7191	0.7593	0.7873
RAY	0.4634	0.2946	0.7706	0.9775	0.9531	1.0000	0.2048	0.2009	0.2363	0.2188	0.1765	0.1864	-0.2517	0.1985	0.2161	-0.3361	0.7291	0.7736	0.7928
EFV	0.0606	0.0415	0.0908	0.1266	0.1273	0.1295	1.0000	0.6123	0.5876	0.5795	0.6008	0.6029	-0.1997	0.5690	0.5701	-0.2171	0.2973	0.3314	0.3100
EAV	0.0319	0.0165	0.0572	0.0676	0.0672	0.0708	0.5685	1.0000	0.9504	0.9785	0.9822	0.9807	-0.2266	0.9797	0.9741	-0.2601	0.2113	0.2317	0.2301
MPA	0.0436	0.0273	0.0743	0.0840	0.0834	0.0848	0.5495	0.9134	1.0000	0.9393	0.9203	0.9215	-0.2680	0.9492	0.9470	-0.3022	0.2207	0.2492	0.2474
ALV	0.0372	0.0226	0.0547	0.0664	0.0655	0.0705	0.5306	0.9802	0.9019	1.0000	0.9547	0.9536	-0.2285	0.9621	0.9569	-0.2596	0.2266	0.2499	0.2490
GEAV	0.0312	0.0296	0.0350	0.0476	0.0458	0.0433	0.5510	0.9646	0.8535	0.9385	1.0000	0.9989	-0.2399	0.9819	0.9777	-0.2807	0.1933	0.2094	0.2096
GEAV T	0.0422	0.0358	0.0412	0.0499	0.0488	0.0452	0.5525	0.9599	0.8492	0.9348	0.9972	1.0000	-0.2851	0.9831	0.9813	-0.3189	0.1978	0.2145	0.2152
GEAV P	-0.1340	-0.0809	0.0066	0.0826	0.0689	0.0963	-0.0639	0.0043	0.0030	-0.0041	-0.0185	-0.0715	1.0000	-0.2813	-0.3321	0.8669	-0.1450	-0.1635	-0.1722
GEAVM	0.0505	0.0453	0.0482	0.0593	0.0581	0.0535	0.5406	0.9637	0.8948	0.9494	0.9726	0.9750	-0.0625	1.0000	0.9980	-0.3218	0.2003	0.2188	0.2179
GEAVMT	0.0745	0.0641	0.0646	0.0773	0.0762	0.0705	0.5352	0.9440	0.8755	0.9312	0.9584	0.9678	-0.1173	0.9922	1.0000	-0.3805	0.2066	0.2257	0.2255
GEAVMP	-0.1973	-0.2155	0.0075	-0.0376	-0.0357	-0.0139	-0.1004	-0.0213	-0.0151	-0.0254	-0.0724	-0.1076	0.5879	-0.0895	-0.1663	1.0000	-0.1666	-0.1820	-0.1934
DEA RVE	0.3399	0.2632	0.4832	0.6269	0.6162	0.6241	0.1690	0.0880	0.0914	0.0809	0.0660	0.0642	0.1061	0.0714	0.0751	0.0183	1.0000	0.9660	0.9718
DEA RCE	0.3757	0.2767	0.5076	0.6852	0.6669	0.6858	0.2252	0.1195	0.1232	0.1144	0.0889	0.0891	0.0694	0.0955	0.1009	0.0097	0.9363	1.0000	0.9860
DEA RDE	0.3495	0.2473	0.5633	0.6893	0.6827	0.6858	0.1837	0.0989	0.1004	0.0939	0.0733	0.0724	0.0791	0.0762	0.0805	0.0023	0.9553	0.9688	1.0000

Pearson debajo de la diagonal y Spearman por encima de la diagonal

Entre todos los modelos del primer grupo, con resultados de eficiencia invariante en el tiempo, se observa una alta correlación con excepción de los modelos de Efectos Fijos (EF) y Efectos Aleatorios (EA) el primero de ellos equivalente al trabajado por Evans. et al. (2000), en este grupo se encuentra también el modelo Truncado y el de Battese y Coelli los cuales fueron usados en Greene (2004), estos dos últimos mejoraron la estimación al considerar la heterogeneidad de los países, adicionalmente la alta correlación comprende al modelo con doble heteroscedasticidad y la especificación de Rayleigh. Asimismo en la Tabla N° 06 se puede observar que la eficiencia promedio de los cuatro últimos modelos de este grupo es mayor que el de los dos primeros.

El gráfico N° 07 muestra la densidad de Kernel de los modelos con resultados invariantes en el tiempo, donde se observa que la estimación de los resultados con efectos fijos y efectos aleatorios tienen una moda menor y una mayor dispersión que los modelos truncado, de Battese y Coelli así como el modelo con distribución de Rayleigh.

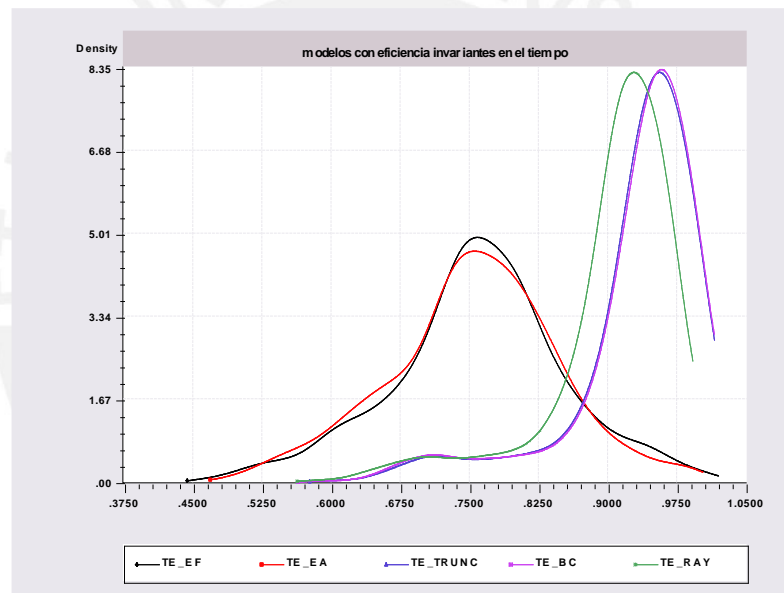


Gráfico N° 07: Densidad Kernel de modelos con eficiencia invariantes en el tiempo

También se observa que la estimación de la eficiencia de los modelos con resultados invariantes en el tiempo, en especial los tres últimos, tienen una alta correlación con los resultados de los modelos no paramétricos, esto se debe en parte a que aunque los modelos no paramétricos se estiman independientemente año a año (no en datos panel), tienen resultados similares, por lo que sus resultados se podrían clasificar como invariantes en el tiempo, el Gráfico N° 08 muestra esta relación.

De los cuatro modelos con resultados de eficiencia variantes en el tiempo, se tiene que son los resultados del modelo de Efectos Aleatorios Verdaderos, el Modelo de Parámetros Aleatorios y el modelo de Alvarez

et al. (2004), los que tienen una mayor correlación entre ellos, y una menor correlación respecto al Modelo de Efectos Fijos Verdaderos.

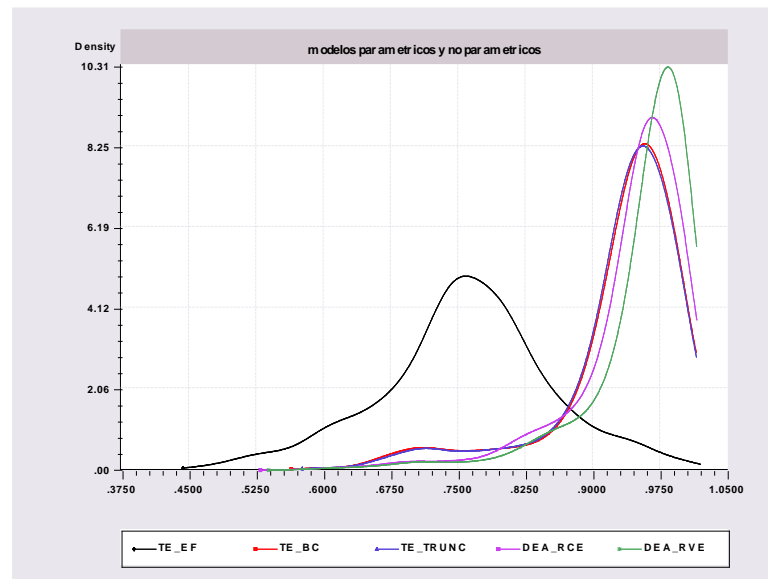


Gráfico N° 08: Comparación de modelos DEA y modelos estocásticos con resultados invariantes en el tiempo.

El gráfico N° 09 muestra la densidad de Kernel de los modelos con resultados de eficiencia variantes en el tiempo, donde se observa que los modelos EAV, MPA y ALV el Modelo de Parámetros Aleatorios (MPA) proporcionan resultados prácticamente idénticos.

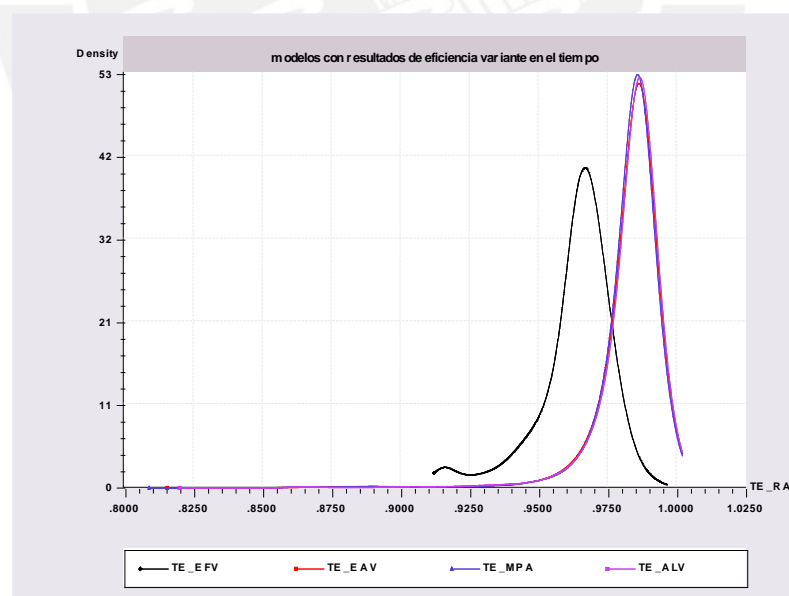


Gráfico N° 09 : Densidad Kernel de modelos con eficiencia variantes en el tiempo

Consideremos ahora los resultados del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos (GEAV) que discriminan eficiencia persistente como transitoria y su extensión con tratamiento Mundlak. Se esperaría que los resultados de eficiencia persistentes de ambos

(GEAV_P y GEAVM_P) muestren una alta correlación con el primer grupo de modelos o con los modelos DEA, sin embargo de acuerdo a la Tabla N° 07 existe una muy baja correlación e incluso negativa. Adicionalmente el gráfico N° 10 presenta el diagrama de dispersión entre el resultado de eficiencia persistente del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos con tratamiento Mundlak (GEAVM_P) y el modelo de efectos fijos donde no se observa correlación, se encuentra resultados similares con los demás modelos con resultados de eficiencia invariables en el tiempo.

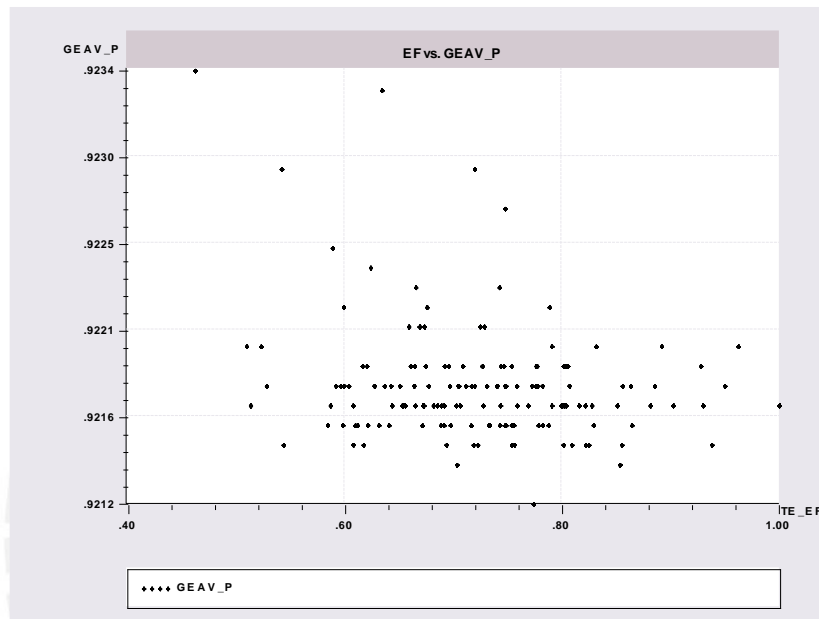


Gráfico N° 10: Diagrama de dispersión modelo GEAVM y Efectos Fijos

En contraste se verifica que los resultados transitorios (GEAV_T y GEAVM_T) están correlacionados con los resultados del segundo grupo de modelos en tres de las cuatro correlaciones estimadas donde se supera el 90%, el gráfico N° 11 compara la densidad Kernel de estos modelos y el gráfico N° 12 muestra al diagrama de dispersión de los resultados de eficiencia transitoria del modelo con tratamiento Mundlak y el modelo de Alvarez et al. (2004), de lo que se concluye que los modelos con resultados de eficiencia variantes en el tiempo capturan adecuadamente la eficiencia transitoria.

Filippini y Greene (2014) comparan la eficiencia persistente y transitoria estimada en su aplicación empírica por el Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos con los resultados que miden eficiencia persistente del modelo de Efectos Aleatorios y eficiencia transitoria con el modelo de Efectos Aleatorios Verdaderos, dichos autores concluyen que el modelo de efectos aleatorios no mide correctamente la eficiencia persistente. La razón podría ser, señalan los mismos autores, que en el modelo de efectos aleatorios la heterogeneidad invariante en el tiempo, no observable, que es capturado por el efecto individual se usa también para estimar la eficiencia.

Lo anterior permite ampliar la observación de Filippini y Greene (2014) a toda la familia de modelos con resultados invariantes en el tiempo, incluyendo los modelos DEA, es decir que estos modelos no estiman adecuadamente la eficiencia persistente, porque no toman en cuenta la heterogeneidad.

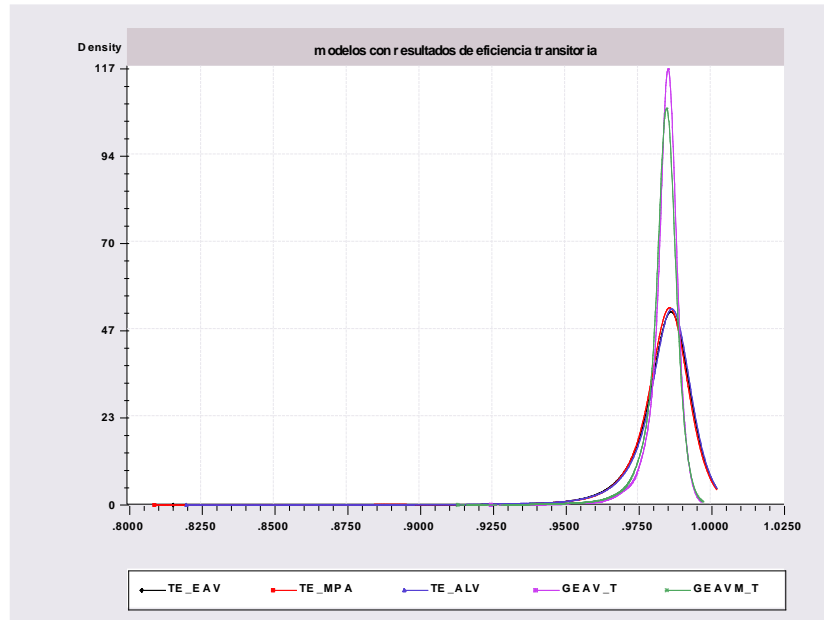


Gráfico N° 11: Kernel de modelos que estiman eficiencia transitoria.

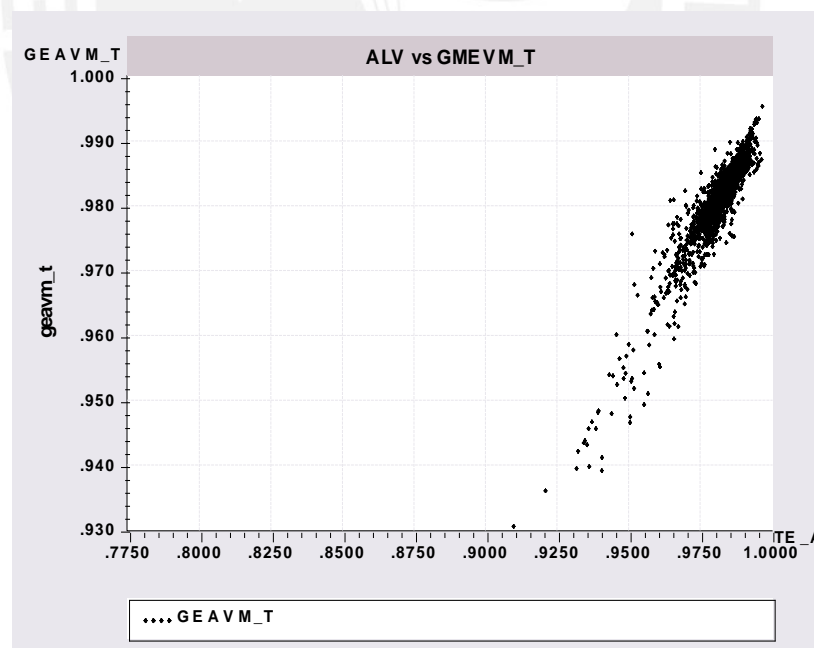


Gráfico N° 12: Diagrama de dispersión modelo GEAVM y Alvarez et al. (2004)

Los resultados de los modelos variantes en el tiempo dan como resultados estimaciones de eficiencia que tienen la forma de U invertida, el gráfico N° 13 muestra los resultados de tres de ellos comparados con

los resultados de eficiencia transitoria del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos con y sin tratamiento Mundlak.

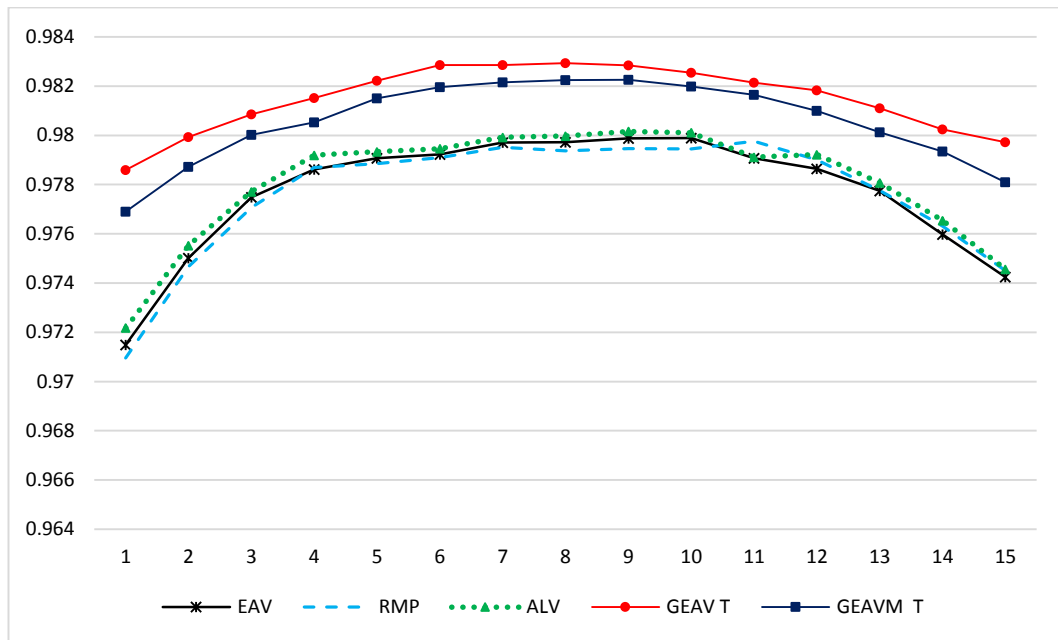


Gráfico N° 13: Comparación de resultados del modelo GEAVM con modelos representativos.

Aunque existe una ventaja de estos modelos en sus dos versiones con tratamiento Mundlak y sin él respecto a los anteriores, se identifica que es sensible a valores extremos, al no estimar resultados para seis países con menor esperanza de vida. El gráfico N° 14 muestra la densidad Kernel de ambos resultados en cuanto a la eficiencia global (que mide la eficiencia persistente y transitoria en su conjunto).

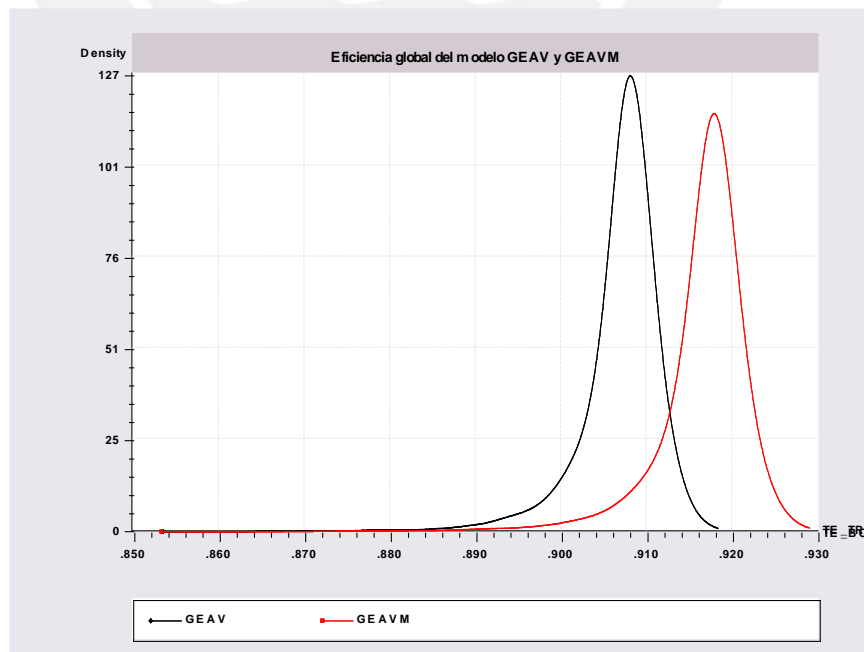


Gráfico N° 14: Kernel Modelo GEAV y GEAVM

El gráfico N° 15 muestra el diagrama de dispersión del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos con y sin tratamiento Mundlak, encontrando una alta correlación entre ambos. No obstante lo anterior, queda aún pendiente establecer una preferencia entre ellos.

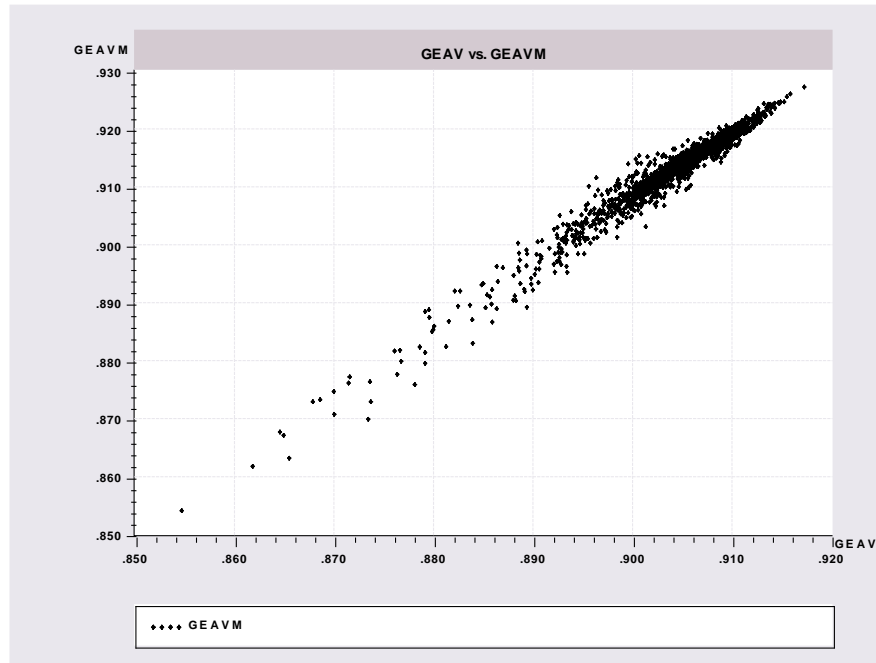


Gráfico N° 15: Dispersión modelo GEAV y GEAVM

Filippini y Greene (2014) para discriminar al mejor modelo usan el hecho de que dos parámetros (en su caso empírico particular el relacionado a los productos) para el modelo con tratamiento Mundlak era mucho menor que las demás especificaciones, sumando a que por el test de verosimilitud se comprobaba que los coeficientes Mundlak en conjunto eran distintos a cero.

En nuestro caso se advierte el hecho de que sólo en dos variables principales (Agua y Gasto en Salud) los parámetros son menores, sin embargo, también siguiendo a los autores señalados, el test de ratio de verosimilitud entre ambos modelos es de 74.16, superior al valor de la Chi-cuadrado crítico (aproximadamente 10) a favor del modelo con tratamiento Mundlak, adicionalmente se aplicó el test de Voung que da como resultado -12.58497 también a favor del modelo con tratamiento Mundlak. Por los motivos anteriores se justifica que para la presentación de los resultados finales se prefiera usar el modelo con tratamiento Mundlak.

El gráfico N° 16 muestra la densidad Kernel de la eficiencia transitoria, persistente y promedio del modelo GAVM con tratamiento Mundlak. La densidad más platicurtica corresponde a la eficiencia persistente, la densidad de la derecha corresponde a la eficiencia transitoria y la densidad de la izquierda a la eficiencia promedio.

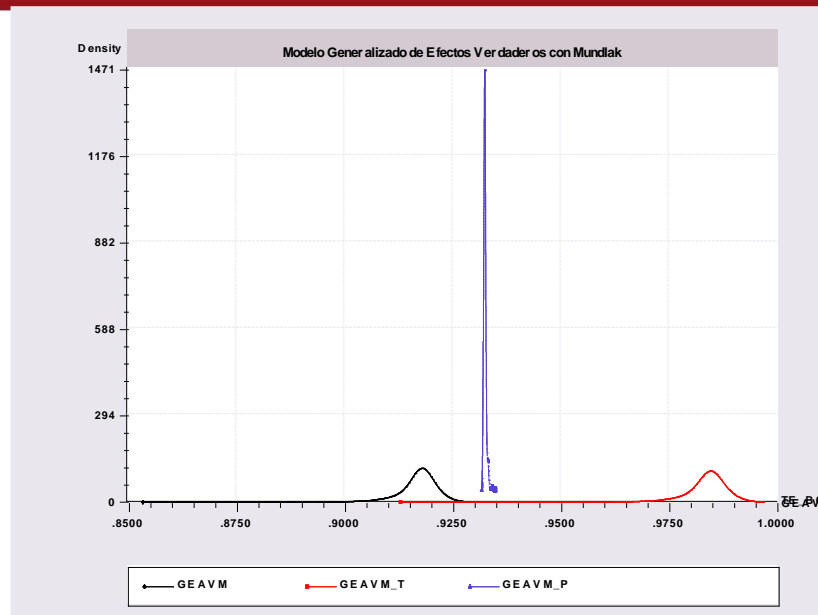


Gráfico N° 16: Comparación de eficiencia Persistente, Transitoria y promedio estimada por el modelo GEAVM

El gráfico N°17 muestra la comparación de las densidades Kernel entre el modelo GEAV con tratamiento Mundlak con los modelos representativos de la aproximación paramétrica, en particular se incluye de los modelos con resultados invariantes en el tiempo el modelo de Efectos Fijos y el de Battese y Coelli (corresponden a las dos densidades más platocúrticas), y entre los modelos con resultados variantes en el tiempo al Modelos de Parámetros Aleatorios y a la especificación de Alvarez et al. (2004) (corresponden a las dos densidades leptocúrticas de la derecha), la especificación GEAVM corresponde a la densidad más leptocúrtica.

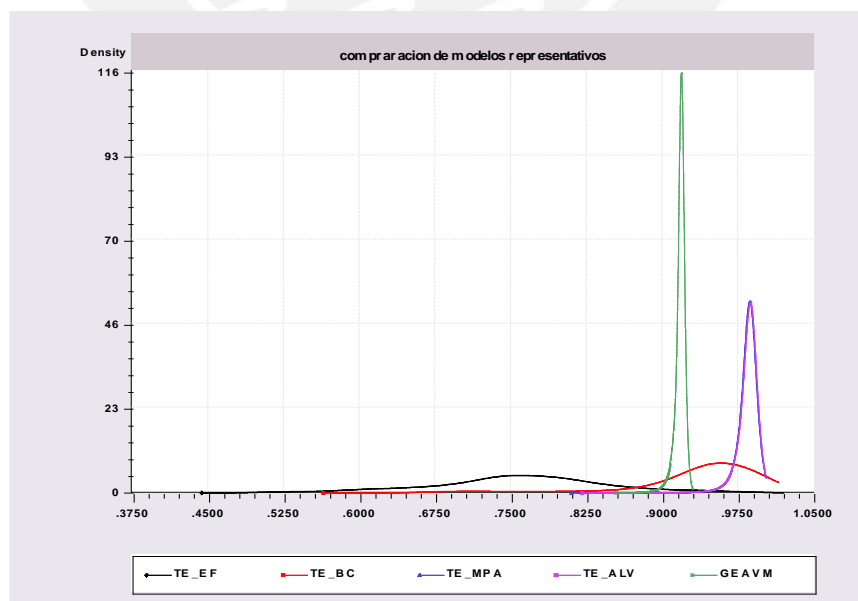


Gráfico N° 17: Modelo GEAVM con los demás modelos representativos.

La Tabla N° 08 presenta el resultado promedio del modelo generalizado de efectos aleatorios verdaderos con tratamiento Mundlak, el mismo que como ya se ha señalado se obtiene al multiplicar el resultado persistente y el transitorio $EAVGM = EAVGM_T \times EAVGM_P$.

Tabla N° 08: Resultado del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos con Tratamiento Mundlak

AÑOS	TODOS		AMÉRICA LATINA		OECD		OTROS PAÍSES	
	Países	Eff.	Países	Eff.	Países	Eff.	Países	Eff.
1996	148	0.91070	27	0.91421	29	0.90734	92	0.9107
1997	148	0.91239	27	0.91558	29	0.91026	92	0.91213
1998	148	0.91361	27	0.91674	29	0.91254	92	0.91303
1999	148	0.91408	27	0.91711	29	0.91334	92	0.91342
2000	148	0.91499	27	0.91752	29	0.91533	92	0.91415
2001	148	0.91542	27	0.91713	29	0.91529	92	0.91496
2002	148	0.91559	27	0.91745	29	0.91590	92	0.91495
2003	148	0.91568	27	0.91732	29	0.91603	92	0.91509
2004	148	0.91570	27	0.91682	29	0.91743	92	0.91483
2005	148	0.91544	27	0.91639	29	0.91774	92	0.91443
2006	148	0.91512	27	0.91500	29	0.91771	92	0.91434
2007	148	0.91452	27	0.91413	29	0.91734	92	0.91375
2008	148	0.91371	27	0.91279	29	0.91719	92	0.91288
2009	148	0.91299	27	0.91190	29	0.91665	92	0.91215
2010	148	0.91182	27	0.91043	29	0.91566	92	0.91101
PROMEDIO		0.91412		0.91537		0.91504		0.91346

La Tabla N° 09 muestra el detalle numérico de la estimación de la eficiencia global para los países de América Latina obtenidos por este modelo.

Tabla N° 09: Intervalos de confianza para GEAVM

Año	GEAVM	Std. Err.	[95% IC inf.]	[95% IC sup.]
1996	0.9107009	0.0009827	0.9087588	0.912643
1997	0.9123934	0.0008522	0.9107092	0.9140776
1998	0.9136091	0.0007401	0.9121466	0.9150717
1999	0.9140792	0.0006313	0.9128316	0.9153268
2000	0.9149935	0.0005556	0.9138954	0.9160915
2001	0.9154187	0.0004913	0.9144478	0.9163896
2002	0.9155927	0.0004431	0.9147171	0.9164684
2003	0.9156816	0.000401	0.9148891	0.9164741
2004	0.9156998	0.0003643	0.9149798	0.9164198
2005	0.9154394	0.0003364	0.9147746	0.9161041
2006	0.9151215	0.0003459	0.9144379	0.9158052
2007	0.914519	0.0003728	0.9137823	0.9152557
2008	0.9137079	0.0004505	0.9128176	0.9145982
2009	0.9129856	0.0005243	0.9119494	0.9140218
2010	0.9118162	0.0006053	0.9106199	0.9130125

El gráfico N° 18 muestra que la eficiencia global tiene un comportamiento de una U invertida, y este patrón es significativo al 95% de confianza, siendo el nivel de eficiencia en el año 2010 muy similar a la del año 1996.

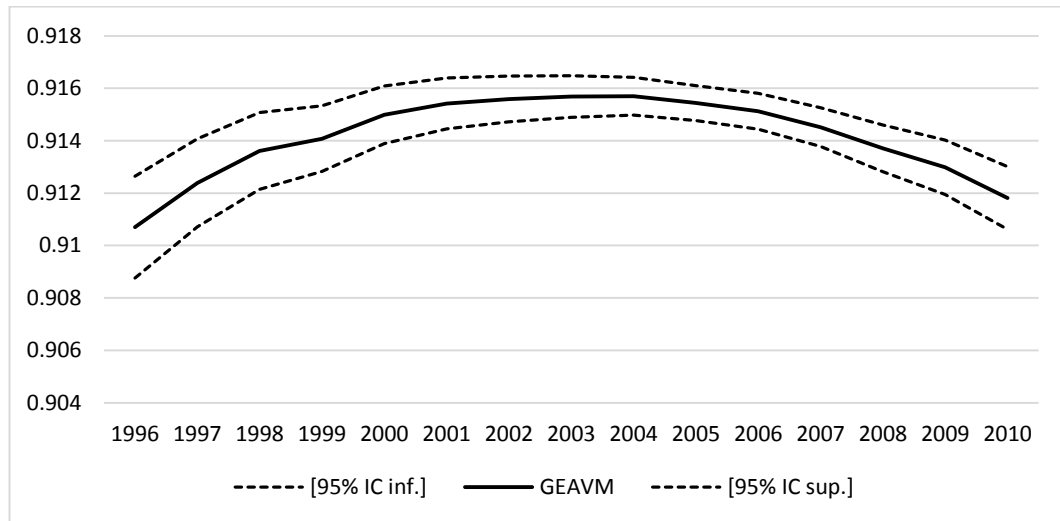


Gráfico N° 18: Intervalos de confianza para la estimación del modelo GEAVM

Por otra parte en el Gráfico 19 se puede observar que en el quinquenio 2000-2005 se ha alcanzado en la mayoría de países el máximo nivel de eficiencia (con excepción de la OECD en que el máximo se alcanzó en el año 2006) luego del cual se tiene una disminución de la eficiencia.

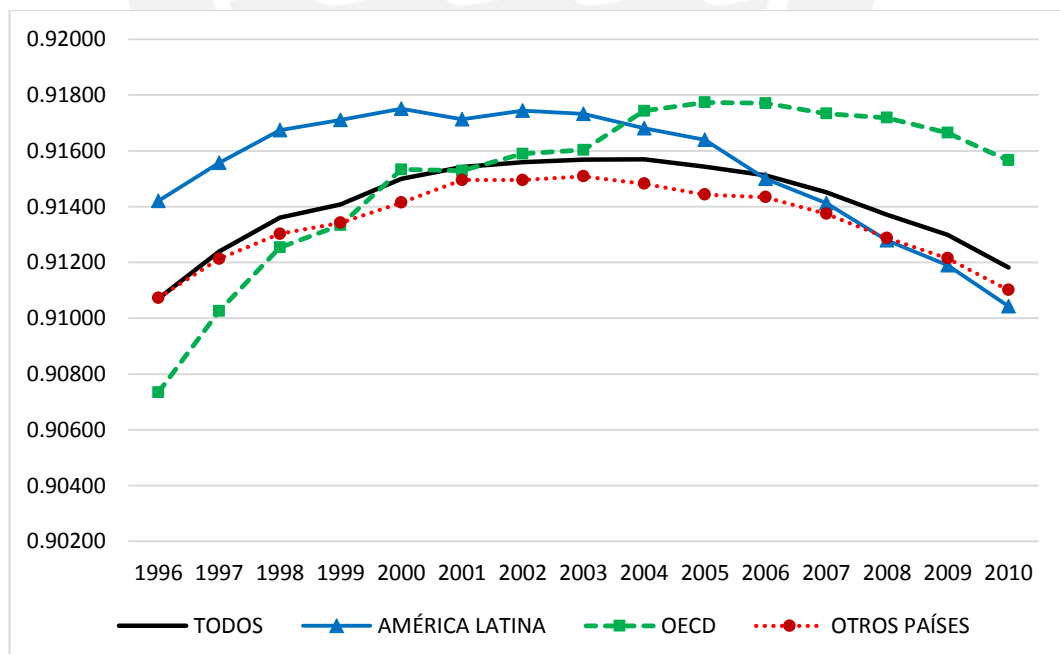


Gráfico N° 19: Comparación de la eficiencia estimada entre grupo de países, modelo GEAVM

Se debe notar que para el caso de América Latina, los resultados de la estimación de eficiencia alcanzan un máximo en el año 2000, y luego

del año 2002 experimenta una disminución constante hasta que en el año 2010 presenta una eficiencia similar a la eficiencia promedio mundial y menor que eficiencia alcanzada por la OECD (la diferencia es estadísticamente significativa).

Un hecho observado es la reversión aparente entre los países de América Latina y los países de la OECD, los primeros tienen una eficiencia promedio mayor que los segundos en el año 1996 y concluyen siendo menores en el año 2010, no se ha encontrado ninguna evidencia que explique este fenómeno.

La Tabla N° 10 explora algunas variables que pueden afectar la eficiencia estimada, parte de las cuales son instrumentos de política, las variables consideradas son el ingreso, la tasa de crecimiento de la economía, el coeficiente de Gini, la tasa de prevalencia de tuberculosis, la infección de VIH en adultos, los casos de malaria y la prevalencia de anemia en menores de 5 años.

Se observa que a nivel mundial la eficiencia está relacionada positivamente con el ingreso, y negativamente con la desigualdad, la prevalencia de tuberculosis y la malaria.

Tabla N° 10: Regresiones de la Eficiencia Estimada

	Constante	PBIPC	PBIPC2	TASA CREC.	GINI	TBC	VIH	MALARIA	ANEMIA	R ²
Todos (76 Países/ 921 obs)	0.8604023 [0.0199608]***	0.0145634 [0.0047596]***	-0.0008226 [0.0002854]***	-0.0084851 [0.0062862]	-0.0174987 [0.0034536]***	-0.00000703 [0.00000092]***	-2.06E-10 [0.0000000006]	-1.51E-09 [0.0000000003]***	-0.00000194 [0.0000021]	0.1541
AL (21 Países/ 247 obs)	0.7981169 [0.0534059]***	0.0257808 [0.0121811]**	-0.0013597 [0.0006918]**	-0.0157472 [0.0074796]**	-0.0022641 [0.005501]	0.0000173 [0.00000653]***	-5.93E-09 [0.00000000073]	-3.88E-09 [0.0000000007]	-0.0001095 [0.0000498]**	0.065
OECD (9 Países/ 135 obs)	-0.0462789 [0.2341863]	0.1835865 [0.0450512]***	-0.0087586 [0.0021664]***	0.0001997 [0.0098052]			-9.34E-10 [0.0000000005]*			0.1979
Otros (53 Países/ 659 obs)	0.919868 [0.0279546]***	0.0004563 [0.006816]	0.0000854 [0.0004209]	-0.0064196 [0.0077281]	-0.042447 [0.005935]***	-0.00000637 [0.00000011]***	3.7E-10 [0.0000000007]	-1.74E-09 [0.0000000004]***	0.0000622 [0.0000028]**	0.1774

Errores estándar en corchetes

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Para el caso de América Latina se encuentra entre los efectos significativos negativos a la tasa de crecimiento de la economía y a la anemia y positivamente al ingreso. El caso de los países de la OECD es particular, puesto que de los 29 países considerados en el estudio sólo 9 países tienen suficientes datos para realizar la estimación, para esta sub muestra de países se encuentra que la eficiencia está relacionada de manera positiva con el ingreso y de manera negativa con el VIH.

Asimismo para los países que no forman parte de América Latina o la OECD la eficiencia tiene relación negativa significativa con el coeficiente de Gini, la prevalencia de tuberculosis, malaria y anemia.

5. Conclusiones

El trabajo ha sido principalmente empírico, analizando la capacidad de estimar eficiencia de las diferentes metodologías tanto paramétricos como no paramétricos, incluyendo los modelos más recientes que identifican eficiencia persistente y transitoria.

Se prefiere la especificación del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos de Colombi et al. (2011), Kumbakar y Tsionas (2012) y Filippini y Greene (2014) porque identifica adecuadamente la heterogeneidad, distingue la eficiencia transitoria y persistente, aunque éste sea sensible a valores extremos. Se ha especificado el modelo sin y con tratamiento Mundlak prefiriendo el último en base al test de ratio de verosimilitud y el test de Voung.

Los resultados muestran que la eficiencia transitoria y global (resultado de multiplicar eficiencia transitoria y persistente) para todos los países en el periodo 1996-2010 tiene la forma de U invertida, alcanzando mayores niveles de eficiencia para todos los grupos de países durante los años 2001-2006, el patrón encontrado es estadísticamente significativo.

La eficiencia transitoria es también estimada por los modelos de Efectos Aleatorios Verdaderos, el Modelo de Parámetros Aleatorios ambos basados en Greene (2005) y el modelo de Alvarez et al. (2004), los resultados de eficiencia de estos modelos son variantes en el tiempo y la eficiencia en cada una de estas especificaciones tiene la forma de U invertida antes señalada.

La eficiencia persistente del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos con tratamiento Mundlak prácticamente no varía entre los grupos de países, las diferencias no son significativas, por lo que se podría afirmar que en términos de eficiencia de largo plazo todos los países a nivel mundial tienen una eficiencia similar, hecho nunca antes reportado por otro estudio.

La eficiencia persistente es estimada por los modelos con resultados invariantes en el tiempo, dentro de los cuales se encuentran los modelos de Efectos Fijos (que corresponde a los inicialmente trabajados por Evans et al (2000)), Efectos Aleatorios, Battese y Coelli (1995), Normal-Truncado y Rayleigh, todos ellos no tienen correlación con los resultados de eficiencia persistente del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos, por lo que se concluye que los modelos con resultados invariantes en el tiempo no estiman adecuadamente la eficiencia persistente porque no toman en cuenta la heterogeneidad, extendiendo lo encontrado en su oportunidad por Filippini y Greene (2014).

Los resultados de los modelos no paramétricos *Data Envelopment Analysis*–DEA, tienen resultados similares a los modelos con resultados invariantes en el tiempo, por lo que se sugiere considerarlos dentro de este grupo, asimismo los resultados de estos modelos tampoco tienen correlación con los resultados de eficiencia persistente del Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos.

El Índice de Malmquist que se basa en la estimación de panel de datos del *Data Envelopment Analysis* encuentra valores muy pequeños e en cuanto a la variación de la productividad total de factores, la variación en la eficiencia y la variación del cambio tecnológico, estos varían en un -0.02%, 0.12% y -0.14% respectivamente, esto se debe a que, de acuerdo a lo señalado anteriormente, el modelo no paramétrico DEA, en el cual se basa el índice, estima eficiencia que podría clasificarse como invariante en el tiempo, afectando de manera importante los resultados del Índice de Malmquist.

La diferencia de resultados entre los estudios de Evans et al. (2000), Greene (2004) y los presentados en la tesis sugieren que la ciencia en la medición de la eficiencia está en proceso de consolidación, se esperan nuevas metodologías que en el futuro permitan aproximar mejor los resultados.

Se observa que incluir las variables de acceso a agua, embarazo adolescente, el empleo, la efectividad gubernamental y la democracia determinan el traslado de la frontera de producción, por lo que existe un motivo adicional para proponer políticas que mejoren estos aspectos.

Como variables estructurales se tiene que el incremento de la desigualdad afecta la eficiencia de los países que no pertenecen a América Latina o la OECD, y en América Latina se encuentra que aunque la eficiencia se incrementa con el ingreso disminuye con el crecimiento económico.

De las regresiones auxiliares de la eficiencia estimada para el caso de América Latina se recomiendan políticas de reducción de la anemia, para el caso de los países de la OECD (aunque con pocas observaciones) se recomienda la disminución del VIH y en los países que no pertenecen ni a América Latina ni a la OECD disminuir la tuberculosis, la malaria y la anemia.

Ya de manera más local, se recomienda complementar la política de presupuesto por resultados en el Perú y dirigirlo hacia una política de presupuesto por resultados con eficiencia, puesto que como se demostró es posible alcanzar resultados aun derrochando recursos.

Se requieren estudios que complementen la explicación de las causas de la ineficiencia, en especial la persistente, así como existe un margen para mejorar la metodología, puesto que el Modelo Generalizado de Efectos Aleatorios Verdaderos no ha estimado resultados para 6 países con valores extremos.

6. Agradecimientos

Al Gran Yo Soy, el que era, que es y que ha de venir gracias por haberme permitido avanzar hasta aquí, un agradecimiento especial a Antonio Giuffrida por haberme presentado el tema mientras me encontraba en el BID como pasante, sin él jamás me hubiera venido a la mente estudiar un tema tan importante, a mi asesor Edmundo Beteta por la paciencia de patrocinar una tesis que ha demorado tanto, y a los autores que se citan en el trabajo en

especial a William Greene y a Tim Coelli que sin conocerlos me han permitido a través de sus escritos a ingresar a un mundo nuevo, una frontera de conocimientos que es necesario expandir con eficiencia. Las ideas, los métodos y por tanto los aciertos les pertenecen, más no así los errores que son plenamente míos.

7. Referencias

Aigner D, Lovell C.A. K and Peter Schmidt (1977) *“Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models”*. Journal of Econometrics 6(1977) 21-37. North-Holland Publishing Company.

Alvarez, Antonio, Arias, Carlos, and Greene, William (2004) *“Accounting for unobservables in production models: management and inefficiency”*. Economic Working Papers at Centro de Estudios Andaluces. no. E2004/72: 1-20

Anand, Shuhir y Hanson, Kara (1997) *“Disability-adjusted life years: a critical review”*, Journal of Health Economics 16 (1997) 685-702

Banco Mundial (2015) Base de Datos en línea. Consulta: 07 de Enero del 2015 <<http://data.worldbank.org/>>

Banco Mundial (2014) Base de Datos en línea. Consulta: 05 de Octubre del 2014 <<http://data.worldbank.org/>>

Banker, R.D., A. Charnes y WW. Cooper (1984) *“Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”*, Management Science, 30, 1078-1092

Bartram J, Cairncross S (2010) *“Hygiene, Sanitation, and Water: Forgotten Foundations of Health”*. PLoS Med 7(11): e1000367. doi:10.1371/journal.pmed.1000367

Battese G. y Corra, G. (1977) *“Estimation of a Production Frontier Model with Application to the Pastoral Zone of Easter Australia”*. Australian Journal of Agricultural Economics, 21(3): 167-179.

Battese G. Coelli T. (1992) *“Frontier production frontiers, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India”*. Journal of Productivity Analysis 3: 153-169

Battese G. Coelli T. (1995) *“A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production for panel data”*. Empirical Economics 20: 325-332

Caves, Douglas. Christensen, Laurits y Diewert, Erwin (1982) “*The economic theory of index numbers and the productivity of input, output, and productivity*” *Econometrica*, Vol 50 No. 6 November, 1393-1414

Central Intelligence Agency (2015) Belgica, Luxemburgo y Montenegro en *The World Factbook*. Washington, DC: consulta: 07 de Enero del 2015 <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>>

Charnes A, Cooper WW y Rhodes E. (1978) “*Measuring the efficiency of decision making units*”. *European Journal of Operational Research* 2, 429-444.

Coelli, T., Rao, P., O'Donnell, C. y Battese, G. (2005). “*An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*”. Kluwer, Boston.

Coelli T.J. (1996) A Guide to DEAP Version 2.1: “*A Data Envelopment Analysis (Computer) Program.*” CEPA Working Papers Department of Econometrics University of England, Armidale

Colombi, R. Martini, G. y Vittadini, G (2011), “*A stochastic frontier model with short-run and long-run inefficiency random effects*”. Department of Economics and Technology Management, University of Bergamo, Working Paper Series.

Cornwell C, Schmidt P y Sickles R. (1990) “*Production frontiers with cross sectional and time series variation in efficiency levels*” *Journal of Economics* 46: 185-200

Evans D, Tandon A, Murray C y Lauer J (2000) “*The comparative efficiency of national health systems in producing health: An analysis of 191 countries*” GPE Discussion Paper Series: No. 29 EIP/GPE/EQC World Health Organization.

Färe, Rolf. Grosskopf, Shawna. Norris, Mary. Zhang Zhongyang (1994) “*Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries*”. *The American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 66-83 Published by: American Economic Association

Farrell, M.J., (1957), “*The measurement of productive efficiency*” *Journal of the Royal Statistical Society (A, general)* 120, pt. 3, 253-281.

Fundación Oswaldo Cruz y Ministerio de Salud del Brazil (2000) Report of the Workshop “*Health Systems Performance-The World Health Report 2000*” Rio de Janeiro

Gholamreza Hajargasht (2014) *“Stochastic frontiers with Rayleigh distribution”* Journal of Productivity Analysis 2014, Springer US DOI 10.1007/s11123-014-0417-8

Greene, William (2015) Base de datos NLOGIT *“WHO Health System Data”*, Stochastic Frontier Efficiency Estimation, fecha de consulta 10.01.15 <<http://people.stern.nyu.edu/wgreene/FrontierModels.htm>>

Greene, William (2007) *“The Econometric Approach to Efficiency Analysis”* Fried chapter 02:91-159

Greene, William (2005) *“Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model”* Journal of Econometrics 126 (2005) 269-303

Greene, William (2004) *“Distinguishing between heterogeneity and inefficiency: stochastic frontier analysis of the World Health Organization’s panel data on national health care systems”* Health Economics 13:959-980

Grossman, Michael (1972) *“On the concept of health capital and the Demand for Health”*, The Journal of Political Economy Vol 80, No2 (Mar.-Apr., 1972) pp.223-255

Hadri, K., C. Guermat and J. Whittaker (2003) *“Estimation of Technical Inefficiency Effects Using Panel Data and Doubly Heteroscedastic Stochastic Production Frontiers”* Empirical Economics, 28, pp. 203-222.

Hollingsworth, Bruce and Wildman, John (2002) *“The Efficiency of Health Production: Re-estimating the WHO Panel Data Using Parametric and Nonparametric Approaches to Provide Additional Information”* Health Economics; 11: 1-11

Jondrow J, Lovell K, Materov I, Schmidt P. (1982) *“On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model”*. Journal of Econometrics 19:233-238

Kumbhakar, S. C. y Tsionas, E. G. (2012). *“Firm Heterogeneity, Persistent and transient Technical Inefficiency: A generalized True Random Effects model”*. Journal of Applied Econometrics, 29(1), 110–132.

Meeusen, W y van den Broeck, J. (1977) *“Efficiency Estimation from Cobb- Douglas production functions with composed error”*. International Economic Review, 18: 435-444.

Murray CJL, Frenk J. (1999) “*A WHO framework for health system performance assessment*”. Geneva, Switzerland. World Health Organization, (Global Program on Evidence for Health Policy Discussion Paper No.6.)

Pitt M, y Lee L. (1981) “*The measurement and sources of technical efficiency in Indonesian weaving industry*” *Journal of Development Economics* 9: 43-64

Schmidt P, Sickles R. (1984) “*Production frontiers with panel data*” *Journal of Business Economics and Statistics* 2:367-374

Sen, Amartya (1998) “*Mortality as an indicator of economic success and failure*” *The Economic Journal*, 108 (January), 1-25. Published by Blackwell Publishers, 108 Cowley Road, Oxford Ox4 1J, UK and 350 Main Street, Malden, MA 02145, USA.

Spinks, Jean y Hollingsworth, Bruce (2005) “*Health production and the socioeconomic determinants of health in OECD countries: the use of efficiency models*” Working Paper 151 Centre for Health Economics, Monash University.

Stevenson, R., 1980, “*Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation,*” *Journal of Econometrics*, 13, pp. 58-66.

Mundlak, Y. (1978). “*On the Pooling of Time Series and Cross Section Data*”. *Econometrica*, 46(1), 69–85.

Naciones Unidas (2013), “*Adolescent Fertility since the International Conference on Population and Development (ICPD) in Cairo (United Nations publication)*”. Departamento de Economía y Asuntos Sociales, División de Población

OMS – Organización Mundial de la Salud (2001) “*The Methods and Data used in the World Health Report 2000: A response to the commentary made by the Brazilian Delegation to the Executive Board, 17th and 19th January 2001*” Global Program on Evidence for Health Policy Geneva, Switzerland

OMS – Organización Mundial de la Salud (2000) “*Health Systems: Improving Performance*” *The World Health Report*. Geneva, Switzerland

Worthington, Andrew (2004) “*Frontier Efficiency Measurement in Healthcare: A Review of Empirical Techniques and Selected Applications*”. *Medical Care Research and Review* 61(2):pp. 1-36.