

Análisis de eficiencia del sector hospitalario: el caso colombiano*

Alejandro Montoya Castaño

Resumen:

Este trabajo realiza una estimación de eficiencia técnica para una muestra de hospitales públicos clasificados en niveles de complejidad II y III para el periodo 2004-2011, a través del uso de funciones de distancia estocásticas, las cuales se ajustan mejor a las características del sector hospitalario: prestan múltiples servicios, no buscan maximizar beneficio o minimizar costes y no tienen pleno control sobre su producción. Debido a que los hospitales realizan su labor social bajo diferentes condiciones, se controla por variables de ambiente y se introducen aspectos de calidad al análisis, de forma que se pueda contribuir al debate que plantea la disyuntiva entre mejoras en eficiencia y disminución de la calidad. Los resultados muestran que existen diferencias en el desempeño de los hospitales, ya que algunos realizan un menor número de procedimientos a mayores costos. Finalmente se realizó una descomposición de los cambios en productividad en: avance tecnológico, mejoras en eficiencia técnica y cambios en la escala de producción, donde se encontró que este último componente es la principal fuente del cambio y que las brechas en eficiencia han ido disminuyendo, de forma que los hospitales con un menor aprovechamiento de los recursos al inicio del periodo han ido implementando, poco a poco, mejores prácticas.

Palabras claves: Eficiencia, frontera estocástica, funciones de distancia, hospitales, variables de ambiente.

Clasificación JEL: C23, C49, D24, I12

* Este trabajo fue entregado para optar al título de Maestría en Economía de la Universidad del Rosario. Agradezco los comentarios y el apoyo de mi asesor David Bardey, así como la invaluable ayuda brindada por Juan Diego Misas durante todo el desarrollo del presente documento

Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	METODOLOGÍA	4
II.a.	Eficiencia en panel de datos: el enfoque de Greene.....	5
II.b.	Funciones de distancia	6
II.c.	Control de la heterogeneidad por variables de ambiente	8
II.d.	Cambio tecnológico y eficiencia en el tiempo	9
III.	DATOS	10
IV.	RESULTADOS.....	16
V.	COMENTARIOS FINALES	23
	Tabla 3. Resultados de las estimaciones	25
	BIBLIOGRAFÍA	27
	ANEXOS	30
	Anexo 1.....	30
	Anexo 2.....	31
	Anexo 3.Hospitales Utilizados y su eficiencia promedio	33
	Anexo 4. Mapas de los hospitales utilizados	36

Análisis de eficiencia del sector hospitalario: el caso colombiano

I. INTRODUCCIÓN

Desde mediados de la década de 2000, la red hospitalaria colombiana enfrenta graves problemas financieros debido a las deudas en que han incurrido algunas aseguradoras, el sector privado y gobiernos locales con dicha red, lo cual puede generar enormes dificultades para llevar a cabo las reformas que se vienen implementando en salud. Por ejemplo, la unificación de los planes obligatorios de salud para los regímenes contributivo y subsidiado generaría un incremento en el número de procedimientos para los hospitales, que podrían no ser cubiertos debido a los conflictos financieros. Así mismo, los elevados costos de personal, evidenciados por Orozco (2005) y las críticas a la prestación de los servicios hospitalarios hacen necesarios una evaluación detallada del funcionamiento y la eficiencia en el uso de los recursos por parte de los hospitales.

A partir del año 2000, varios trabajos han abordado el tema de la eficiencia hospitalaria en Colombia a través de los enfoques de frontera estocástica – SFA-, técnica de corte econométrico, o análisis de envolvente de datos –DEA-, procedimiento matemático de programación lineal, si bien ninguno ha utilizado ambas metodologías al tiempo¹. Bajo el primer enfoque se encuentran los trabajos de Sarmiento *et al.* (2006) y Mutis (2006), mientras que la segunda metodología es abordada por Nupia y Sánchez (2001), Peñaloza (2003), Pinzón (2003) y Maldonado y Tamayo (2007)². Llama la atención que sólo el último trabajo mencionado realiza un análisis dinámico de la eficiencia, si bien su aporte consiste únicamente en la propuesta metodológica ya que no realiza estimaciones, mientras que los demás se enfocan en un análisis estático, en el cual sólo evalúan el desempeño de los hospitales para un año específico y no su comportamiento a lo largo de un periodo.

Por otra parte, variables como los diferentes esquemas regulatorios, los sistemas de contratación, las características epidemiológicas y los niveles de endeudamiento entre otras, si bien se encuentran por fuera del control de los hospitales, afectan las mediciones de eficiencia. Autores como Peñaloza (2003), Pinzón (2003) y Nupia y Sánchez (2001) han considerado el efecto que tienen tales variables, usualmente referidas como variables de ambiente, a través de la metodología de envolvente de datos con un procedimiento en dos etapas, sobre el cual recaen importantes críticas, las cuales se describen con mayor detalle en la metodología. El procedimiento en dos etapas realiza primero las estimaciones de eficiencia y luego busca explicar qué parte de las diferencias encontradas se deben a diferencias en las variables de

¹Las siglas SFA y DEA indican *Stochastic frontier analysis* y *Data Envelopment Analysis* respectivamente.

²El artículo de Mutis (2006) es casi idéntico al escrito por Mutis *et al.* (2006) denominado Eficiencia técnica de hospitales de nivel II en Colombia, por lo cual se asumen en este documento como un único trabajo.

ambiente, por lo cual en este tipo de estimaciones no se hace, estrictamente hablando, un control previo por estas variables.

La idea del presente trabajo consiste en realizar una estimación de eficiencia para una muestra de hospitales públicos de niveles II y III de complejidad desde 2004-2011, realizando algunas contribuciones que complementen los estudios enunciados previamente para Colombia, especialmente en i) la introducción de variables de ambiente, de forma que éstas busquen equiparar las condiciones iniciales bajo las cuales operan los hospitales, antes de realizar las estimaciones, a través de un procedimiento en una etapa, el cual produce menores sesgos ii) la realización de un análisis dinámico y iii) el uso de una metodología de frontera estocástica con mayor flexibilidad³. Esto último permite el uso de múltiples productos, de forma que las estimaciones reflejen con mayor exactitud el estado real de la eficiencia.

Si bien las mediciones de eficiencia hospitalaria deberían tener en cuenta la capacidad de los hospitales para mejorar el estado de salud de los pacientes de forma oportuna, este aspecto es raramente evaluado, debido a los notorios limitantes de información. De igual forma, consideraciones sobre la calidad de los servicios prestados por los hospitales deberían ser introducidas dentro del análisis, ya que existe el debate que las mejoras en la eficiencia han ido en contravía de la calidad, aunque pocos trabajos lo hacen. Lo habitual es trabajar con indicadores de desempeño físico únicamente, los cuales funcionan en términos relativos con respecto a la(s) unidad(es) que obtuvieron mejores resultados⁴. Estos indicadores evalúan principalmente eficiencia técnica y eficiencia asignativa⁵: la primera hace referencia a la producción de bienes finales usando la menor cantidad de insumos posible, la segunda ocurre cuando los insumos son adquiridos al menor valor en el mercado⁶. No obstante, esta última presenta dificultades al requerir información sobre precios, y debido a que no se cuenta con dicha información para algunos insumos ni con las cantidades utilizadas en algunos casos, no es posible calcular eficiencia asignativa, por lo cual sólo se realizarán estimaciones de eficiencia

³ Se excluyeron los hospitales de nivel I de complejidad. La razón para dicha exclusión es que se buscaba un universo de hospitales con mayor información sobre los procedimientos y mayor facilidad para verificar los resultados. No obstante, una de las ampliaciones a este trabajo se centra en abarcar los hospitales de nivel I.

⁴ Para mayor profundidad y referencias sobre análisis relacionados con la mejora en el estado de salud de los pacientes así como análisis sobre el buen uso de los recursos, ver Hollingsworth (2008).

⁵ También es frecuente encontrar en la literatura eficiencia económica, la cual hace referencia a una combinación de ambas, eficiencia técnica y asignativa.

⁶ Esto ocurre en el caso de una orientación tipo insumo. También puede hacer referencia a la máxima producción de bienes utilizando una cantidad dada de insumos, la cual es una orientación hacia el producto.

técnica⁷. Adicional a ello, se analizarán consideraciones de calidad del servicio basadas en los datos de la División de calidad del Ministerio de la Protección social⁸

El marco regulatorio del presente trabajo se desprende de la Ley 100 de 1993, bajo la cual los hospitales, clínicas, puestos y centros de salud conforman el Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) junto con las aseguradoras, encargadas del manejo de los recursos y el posterior pago a los hospitales de los servicios de salud utilizados por los asegurados; y las entidades reguladoras, el Ministerio de Salud y la Superintendencia Nacional de Salud⁹. Las aseguradoras se dividieron en dos tipos: Entidades Promotoras de Salud, EPS, para los contribuyentes al sistema y Administradoras del régimen subsidiado, ARS, que en general cubren a la población de menores recursos. Los objetivos de la ley 100 eran lograr una cobertura universal (o aseguramiento de toda la población), aumentar el nivel de eficiencia en cuanto al manejo de los recursos y prestar un servicio de mayor calidad en salud.

Para ello, los hospitales públicos sufrieron dos grandes cambios. El primero fue la adopción de una estructura organizacional de forma piramidal, al dividir a los hospitales en tres niveles de complejidad, de acuerdo con los procedimientos médicos que efectuaran. El segundo cambio fue su transformación en Empresas Sociales del Estado -E.S.E-, otorgándoles de esta forma autonomía financiera y administrativa, ya que debían financiarse principalmente por medio de la venta de servicios y no por las transferencias que el gobierno enviaba a cada hospital, de modo que quedaran en el mercado únicamente las entidades eficientes y que prestaran un servicio de calidad¹⁰. No obstante, los hospitales seguirían recibiendo recursos del Estado por concepto de población pobre no asegurada o no afiliada a ninguno de los dos regímenes hasta que la cobertura universal se hubiese alcanzado¹¹.

Sin embargo, el hecho de que algunos hospitales todavía dependieran fuertemente de las transferencias, el elevado gasto en prestaciones, producto de las convenciones colectivas, la

⁷ El trabajo de Nupia y Sánchez (2001) calcula eficiencia asignativa para Bogotá, tomando únicamente precios para la mano de obra y utilizando una fuente diferente de información. En el presente trabajo, algunas de las variables utilizadas se tienen a nivel de gasto, pero al no contar con cantidades, no podría separarse la eficiencia técnica de la asignativa.

⁸ Infortunadamente, no se cuenta con información para hospitales privados, debido a que éstas no están obligadas a presentarla. Sin embargo, los hospitales públicos atienden a aproximadamente la mitad de la población colombiana.

⁹ Las aseguradoras funcionan como un intermediario entre los pacientes y los hospitales, y de ellas depende en gran parte el pago oportuno que se haga a los hospitales. Cabe mencionar que las ARS deben contratar al menos el 60% del total de tratamientos para sus afiliados con hospitales públicos, de forma que siempre exista esta financiación para la red pública de hospitales.

¹⁰ Antes de la ley 100 de 1993, los recursos se transferían de acuerdo con el presupuesto histórico del hospital, esto es, dependían de los gastos anteriores en nómina, insumos e infraestructura, lo cual generaba un incentivo perverso para la eficiencia (Orozco, 2005). Con la ley 100, se puede decir que se pasó de un esquema de subsidios a la oferta a subsidios a la demanda.

¹¹ Cabe mencionar entonces que los hospitales públicos eran los responsables de la población pobre no asegurada.

existencia de nóminas paralelas para el pago de favores políticos y la corrupción, como menciona Orozco (2005), aunados al exceso de personal administrativo frente a una baja cantidad de personal asistencial y la combinación ineficiente de recursos reflejada, por ejemplo, en salas de cirugía sin la cantidad adecuada de médicos y enfermeras para operarla u hospitales con consultorios de urgencias y sin camas para atenderlos, de acuerdo a Sarmiento *et al.*(2006), dan indicios de ineficiencia en el sector hospitalario. Por ello, la identificación y análisis de tales ineficiencias resulta fundamental, ya que permite señalar cuales hospitales son susceptibles a correctivos para el mejoramiento en su desempeño.

Este trabajo se compone de cinco secciones, siendo esta introducción la primera. En la siguiente sección se describe con detalle la metodología, explicando las técnicas utilizadas de frontera estocástica, funciones de distancia, control de la heterogeneidad de las unidades de análisis y la descomposición de la productividad en el tiempo. La tercera sección describe la información disponible, especialmente la agrupación de variables a usar, los problemas con los datos y la especificación del modelo a estimar. Finalmente, las secciones cuatro y cinco presentan los resultados de las estimaciones y los comentarios finales respectivamente.

II. METODOLOGÍA

La técnica que se empleará es la de frontera estocástica con análisis para múltiples productos a través de funciones de distancia, conocidas como funciones de distancia estocástica. Dicha técnica se escogió ya que presenta algunas ventajas sobre la técnica de envolvente de datos, DEA, más frecuentemente utilizada para medir eficiencia hospitalaria. En particular funciona mejor cuando muchos aspectos de la producción están por fuera del control de las unidades de análisis, como en el caso de los hospitales. Además, ésta es más robusta a errores de medición y datos atípicos, frecuentes en los datos para Colombia, aunque, tiene el inconveniente de asumir formas funcionales para los diferentes componentes¹². Las estimaciones se realizarán utilizando el “verdadero” modelo de efectos aleatorios propuesto por Greene (2002, 2005a y 2005b) para aislar la heterogeneidad individual no observada y permitir medidas de eficiencia que varíen en el tiempo y el cual se explica con más detalle en las siguientes subsecciones. Además se incluirán variables de ambiente y variables que reflejen calidad en los servicios prestados, y se buscará crear una muestra homogénea de hospitales de acuerdo a la complejidad de sus procedimientos. Finalmente, se realizará un ejercicio para medir el peso que tiene el cambio en la eficiencia técnica sobre el cambio en la productividad total de los hospitales.

¹²Hollingsworth (2008) toma una muestra de 317 estudios realizados hasta 2006, donde muestra que menos de un 20% utilizan frontera estocástica, siendo envolvente de datos la técnica predilecta. También es frecuente encontrar que una de las ventajas de DEA sobre SFA es que permite hacer un análisis con múltiples productos, cuando en realidad las funciones de distancia para frontera estocástica también lo permiten.

Aunque trabajos como el de Daidone y D'Amico (2009) y O'Donnell y Nguyen (2012) para el sector hospitalario aplican la mayor parte de las metodologías mencionadas, exceptuando el modelo de Greene, no se encontraron artículos en la literatura internacional que las usen en conjunto para medir eficiencia técnica en este sector. Por lo tanto, su realización se constituye en una contribución adicional de la investigación propuesta. A continuación, se describen con mayor detalle las técnicas empleadas.

II.a. Eficiencia en panel de datos: el enfoque de Greene

Greene (2002, 2005a y 2005b) propone los “verdaderos” modelos de efectos fijos y aleatorios, los cuales permiten controlar la heterogeneidad de las firmas invariante en el tiempo, asumiendo que toda ineficiencia es susceptible de sufrir variaciones a través del tiempo, de forma que no existen ineficiencias estructurales que no puedan ser corregidas durante el periodo de análisis. La diferencia entre ambos modelos radica en que el modelo de efectos aleatorios asume que la heterogeneidad de las firmas no debe estar correlacionada con las variables explicativas, mientras que este supuesto no es necesario en el modelo de efectos fijos. Ambos modelos complementan el tratamiento preliminar de eficiencia en panel de datos realizado por Schmidt y Sickles (1984), en el cual la eficiencia se asume constante en el tiempo y ésta equivale al vector de efectos fijos no observados, el cual absorbe otras características externas, no necesariamente asociadas a ineficiencia, que sólo son un reflejo de la heterogeneidad entre las firmas. No obstante, permitir este cambio requiere hacer supuestos sobre la distribución del término compuesto de eficiencia¹³, hecho que no era necesario en el modelo de Schmidt y Sickles, que no requiere imponer formas funcionales. Por otra parte, permite solucionar los inconvenientes encontrados por Kumbhakar (1990) y Battese y Coelli (1992), quienes, utilizando un enfoque que permite la variación de la eficiencia en el tiempo, asumen que el ordenamiento de ésta a través de las firmas es constante, es decir, las más eficientes en el primer periodo serán las más eficientes durante todo el periodo de análisis, lo cual puede no resultar muy realista en algunos contextos.

Si bien el “verdadero” modelo de efectos fijos pareciera tener menos restricciones que el aleatorio, uno de los grandes inconvenientes que enfrenta es el problema de los parámetros incidentales, que surge cuando el número de unidades transversales en el panel de datos es grande en comparación con su longitud, de forma que se producen estimaciones sesgadas al tener que estimar muchos parámetros auxiliares o, en este caso, el efecto fijo asociado a cada unidad de análisis. Greene (2005a, 2005b) a través de simulaciones con datos para el sistema bancario

¹³ Los modelos de frontera estocástica dividen el término de perturbación tradicional ε_i en dos componentes, uno que captura la eficiencia de las unidades de análisis μ_{it} y otro componente que corresponde al ruido estocástico v_{it} . No obstante, el ejercicio econométrico sólo permite la estimación conjunta, aunque existen dos descomposiciones frecuentemente utilizadas, JLMS (Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt, 1982) y BC (Battese y Coelli, 1988).

de Estados Unidos concluye que no debe dársele mucha relevancia a este problema, ya que los sesgos para $T=5$ son pequeños, aunque Belotti *et al.* (2012) afirman que el modelo de efectos fijos sólo es apropiado cuando la longitud del panel es superior a diez periodos ($T \geq 10$)¹⁴. Debido a que no se cuenta con un panel de esta longitud y a problemas computacionales que impiden la convergencia del algoritmo para el cálculo del modelo “verdadero” de efectos fijos, se optó por su contraparte aleatoria.

La formulación matemática del “verdadero” modelo de efectos aleatorios de Greene se puede denotar mediante la ecuación (1), en la cual la producción (y_{it}) de un hospital i para un periodo t , depende de los insumos utilizados x_{it} , las características del hospital invariantes en el tiempo w_i , así como de factores ajenos al hospital, como regulaciones del ministerio, epidemias, etc., que representan el error estocástico, denotadas como v_{it} y un término μ_{it} que denota la eficiencia técnica. Para ejemplificar, utilizando distribuciones normal y normal positiva para el error estocástico y el término de eficiencia respectivamente, se obtiene¹⁵,

$$y_{it} = (\alpha + w_i) + \beta'x_{it} + v_{it} - \mu_{it}, \text{ donde } v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2], \mu_{it} \sim |N[0, \sigma_\mu^2]| \quad (1)$$

Donde α es un parámetro que no depende de la unidad de análisis o el periodo. Se puede notar que la formulación permite que el término de eficiencia varíe aleatoriamente en el tiempo. La parte de “verdadero” se debe a que en realidad, la eficiencia se puede encontrar en un término medio entre estabilidad (la eficiencia es una característica individual invariante en el tiempo) y variación permanente. Vale la pena anotar que este modelo asume que x_{it} , μ_{it} , v_{it} y w_i están mutuamente no correlacionados.

II.b. Funciones de distancia

Las funciones de distancia constituyen una buena herramienta cuando se trabaja con tecnologías para múltiples productos y en casos donde es difícil obtener información de precios o resulta inapropiado asumir un comportamiento que maximiza beneficios o minimiza costos por parte de las firmas. Este hecho, encaja perfectamente con las características de los hospitales públicos, ya que su finalidad es atender las necesidades de salud de la población. Normalmente se utilizan funciones de distancia para insumos o para productos (Coelli *et al.*, 2005)¹⁶. En el caso de los

¹⁴Greene muestra que la mayor parte del sesgo proviene de la estimación de parámetros asociados a la varianza (σ y λ) necesarios para el cálculo de la eficiencia a través de las descomposiciones de JLMS o BC, y no de los parámetros (betas) del modelo.

¹⁵Los cálculos para el vector de eficiencia son robustos a la forma funcional escogida, tal como muestra Greene (2007), págs. 180-184. No obstante, se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos por el autor dependen también de los datos con que se cuente. Cabe anotar que el vector de eficiencia relevante para el análisis es $E[\mu|\varepsilon_i]$, obtenido a partir de la descomposición del término de perturbación a través de las descomposiciones de JLMS o BC.

¹⁶Para funciones de distancia orientadas al producto, ver Greene (2007), debido a que en el presente trabajo sólo se aborda la orientación al insumo.

hospitales, lo más correcto es trabajar con funciones de distancia para insumos, ya que estos no tienen total control sobre la producción, al depender esta de la cantidad de pacientes y el estado de salud con el que ingresan, epidemias y otras variables externas.

La función de distancia para insumos indica la máxima cantidad en la cual la firma puede contraer radialmente el vector de insumos, de modo que el vector de producción eficiente siga siendo factible. Matemáticamente, se puede denotar como $D^I(x, y) = \max\{\lambda: x/\lambda \in L(y)\}$, donde x son los insumos e y los productos, y $L(y)$ representa todos los vectores de insumos x que pueden producir y (o la isocuanta para y)¹⁷. De este modo, $D^I(x, y) \geq 1$, donde la igualdad indica que la firma es eficiente y se ubica en la frontera o lo que es lo mismo, el vector de insumos no necesita ser contraído. La función D^I debe ser no decreciente, linealmente homogénea y cóncava en los insumos y cuasi-cóncava en los productos (Coelli *et al.*, 2005) y las formas funcionales más comunes que toma son la Cobb-Douglas y la trascendente logarítmica-*translog*¹⁸.

A través de algunas transformaciones, las cuales se explican con detalle en el anexo 1, es posible expresar la función de distancia, de forma económicamente estimable a través de frontera estocástica, tal como se muestra en la ecuación (2), donde el logaritmo de x_{1it} , un insumo escogido aleatoriamente para normalizar la función de distancia de todos los hospitales en cada periodo, de forma que se cumpla la homogeneidad de grado uno en los insumos, es regresado contra la función de distancia que depende de parámetros conocidos (insumos y productos), un componente de error aleatorio v_{it} y un componente de eficiencia, que refleja la contracción del vector de insumos y se denota como $\exp(-\mu_{it})$. Continuando con la notación de los subíndices (donde i es hospital y t periodo), se puede observar que esta ecuación se asemeja a aquella denotada en (1).

$$-\ln x_{1it} = \ln D_{it}^I(x_{2it}/x_{1it}, x_{3it}/x_{1it}, \dots, x_{kit}/x_{1it}; y_{it}) + \ln [\exp(-\mu_{it})] + v_{it} \quad (2)$$

Los problemas que pueden surgir al utilizar funciones de distancia son: primero, la posible correlación entre el término de error compuesto y las variables explicativas, o endogeneidad, que puede generar sesgos en la estimación, por lo cual se debería recurrir al uso de variables instrumentales. Segundo, el no cumplimiento de las propiedades de concavidad y cuasi-concavidad que puede llevar a conclusiones erradas¹⁹.

¹⁷ $L(y) = \{x | (x, y) \in T\}$, donde T es la tecnología, que usa insumos x para obtener productos y . La tecnología usada debe satisfacer las propiedades económicas clásicas: cerrada, acotada y convexa (Hattori, 2002)

¹⁸Es necesario aclarar que el supuesto que la función de distancia sea linealmente homogénea no indica que la producción funciona con rendimientos constantes a escala.

¹⁹Normalmente, estos aspectos rara vez se tienen en cuenta en los trabajos analizados. Una de las excepciones es Feng y Serletis (2011) quien aborda el segundo inconveniente. Lo que sugieren los autores, procedimiento que aplica en la mayoría de los casos, es ajustar la curvatura a través de métodos Bayesianos.

II.c. Control de la heterogeneidad por variables de ambiente

Es conocido que las unidades de análisis producen bajo diferentes condiciones ambientales y que no es suficiente modelar tal heterogeneidad cambiando únicamente la perturbación estocástica v_{it} , por lo cual resulta fundamental controlar por variables que reflejen características bajo las cuales cada unidad opera. Greene (2007) clasifica dicha heterogeneidad en observable (controlada por variables de ambiente) y no observable, donde esta última puede asociarse al efecto fijo no observado de panel de datos o a variables sobre las cuales no existe información. El dilema con las variables de ambiente consiste primordialmente en saber si estas afectan directamente la tecnología usada, el vector de eficiencia o una mezcla de ambos.

Una de las formas más tradicionales en las que se han incluido las variables de ambiente es a través de un procedimiento en dos etapas, en el cual no es necesario suponer formas funcionales para introducirlas al modelo. En la primera etapa se estima el vector de eficiencia sin tener en cuenta las variables de ambiente para, en una segunda etapa, regresarlo contra las variables de ambiente, a través de un modelo Tobit o de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). No obstante, varios autores argumentan en contra de dicho procedimiento, ya que la omisión de las variables de ambiente en la primera etapa se asemeja a un problema de variable omitida que transmite sesgos hacia la segunda etapa (Wang y Schmidt, 2002; Greene, 2007) y puede llevar a conclusiones erradas si existe una fuerte correlación entre las variables de ambiente y los insumos o productos utilizados (Fried *et al.* 1999, Matawie y Assaf, 2010). Además, en la primera etapa se asume que el vector de eficiencia está idénticamente distribuido, pero al utilizar una segunda etapa, este vector adquiere una forma funcional que depende de las variables de ambiente, lo cual es contradictorio (Kumbhakar y Lovell, 2000). Por ello, se sugiere incluir las variables de ambiente en una única etapa, si bien este procedimiento tiene la limitación de establecer formas funcionales.

Para introducir las variables de ambiente (Z) en funciones de distancia, se sigue uno de los modelos propuestos por Hattori (2002), en el cual dichas variables afectan directamente la frontera de producción, de forma que tienen un efecto indirecto sobre la eficiencia. Matemáticamente y siguiendo la formulación utilizada en etapas anteriores (ver ecuación 2), la introducción de las n variables de ambiente (Z) en el modelo se describe mediante la ecuación (3), donde éstas son expresadas en logaritmos. Se seleccionó esta forma de introducir dichas variables ya que es la que arroja resultados más coherentes en las estimaciones, si bien se presentan alternativas para su inclusión en el vector de eficiencia.

$$-\ln x_{1it} = \ln D_{it}^I(x_{2it}/x_{1it}, x_{3it}/x_{1it}, \dots, x_{kit}/x_{1it}; y_{it}) + \ln [\exp(-\mu_{it})] + v_{it} + \ln[(\sum_n \rho_n Z_{nit})] \quad (3)$$

II.d. Cambio tecnológico y eficiencia en el tiempo

En la literatura, los cambios en la productividad total de una firma (PTF) se pueden descomponer en cuatro términos: cambio tecnológico, cambio en la escala de producción, cambio en la eficiencia técnica y cambio en la eficiencia asignativa, si bien este último sólo se considera cuando se cuenta con información de precios confiable. Lo relevante de esta descomposición es que permite conocer que tan importante es el esfuerzo de la firma por mejorar sus niveles de eficiencia (mejorar el manejo de los recursos) o si por el contrario, las mejoras que experimenta provienen de otros factores, como nuevas tecnologías adoptadas en todo el sector.

Para dicha descomposición se usará el enfoque propuesto en Kumbhakar y Lovell (2000), frecuentemente encontrado bajo el nombre de *Primal approach* o *Primal Divisia*, el cual posee ventajas sobre los índices de Malmquist, usados con mayor frecuencia, al no tener que asumir retornos constantes de escala (Feng y Serletis, 2010). Esto es relevante para el presente estudio, ya que los hospitales se caracterizan por un marcado poder de mercado. La ecuación que representa la descomposición se describe en (4).

$$PTF = T\Delta + RE\Delta + ET\Delta, \quad (4)$$

donde $T\Delta = -\partial \ln D^I(y, x, t, z) / \partial t$ representa el cambio tecnológico, $ET = ET_t - ET_{t-1}$ la variación en la eficiencia técnica y el término del medio mide el cambio en la escala de producción, donde $RE\Delta = (RE - 1) \sum_m (\varepsilon_m / \varepsilon) \dot{y}_m$, con $\varepsilon_m = - \left[\frac{\partial D^I(y, x, t, z)}{\partial \ln y_m} \right]$, $\varepsilon = \sum_m \varepsilon_m$. RE indica el nivel de retornos a escala del hospital, que equivale a $(1/\varepsilon)$, siendo ε_m la elasticidad de la función de distancia con respecto a cada producto, y ε la sumatoria de dichas elasticidades²⁰. Nótese que los aportes de cambios en la escala sobre la productividad son nulos cuando existen retornos constantes a escala, negativos en caso de retornos decrecientes y positivos con retornos crecientes. Si bien algunos estudios incluyen en la descomposición las variables de ambiente, en este caso particular se omitieron ya que el propósito de su incorporación consiste en equiparar las condiciones iniciales de los hospitales, de forma que éstas no determinan estrictamente la producción de un hospital, como si podría ocurrir en otros casos. Una explicación más detallada de este procedimiento se encuentra en Feng y Serletis (2010).

²⁰La descomposición total de la productividad es un ejercicio que busca separar todos los términos de la función de distancia en variaciones de cada variable (t, x_i, y_i, Z_i) . Siguiendo a Feng y Serletis (2010), los retornos a escala se pueden medir para una función de distancia orientada al producto como $\frac{\partial D_o(\cdot)}{\partial \ln x} / \frac{\partial D_o(\cdot)}{\partial \ln y}$, donde la derivada de la función de distancia con respecto al vector de producto es igual a 1, de acuerdo a las restricciones de homogeneidad. En el caso de las funciones de distancia con orientación al insumo, esta relación se realiza de forma inversa, ya que derivada del vector de la función de distancia con respecto a los insumos es igual a la unidad.

III. DATOS

Las estimaciones se realizan utilizando información de hospitales públicos para el periodo 2004-2011, provenientes del Sistema de Información Hospitalaria (SIHO) del Ministerio de Salud, así como datos de la División de calidad de dicho Ministerio. Debido a la amplia variedad de servicios que producen los hospitales, se procedió a crear tres categorías para agruparlos, a saber: a) egresos totales, que se compone de los diferentes tipos de cirugías realizadas, número de partos y otros egresos no quirúrgicos ni obstétricos, cuya característica es que requieren la hospitalización del paciente b) número de consultas de medicina general y especializada, ya sea electiva o por urgencias y c) otros servicios prestados por el hospital²¹. Estos últimos, fueron ponderados a través de unidades de valor relativo, las cuales asignan valores a los diferentes procedimientos de acuerdo al nivel de complejidad que demandan, utilizando el “Aplicativo para calcular variación de la Unidad de Valor Relativa” del Ministerio de Salud, actualizado a marzo de 2012.

Como insumos se escogieron cuatro variables: Número de camas (que incluye tanto camas de hospitalización como camas de observación) como una proxy de la capacidad instalada de cada hospital o variables de capital; gasto en personal de planta y gasto en servicios indirectos contratados, como indicadores de la mano de obra empleada, y gastos generales del hospital, para tener en cuenta el valor de los medicamentos y otros insumos médicos utilizados. Si bien para incluir variables de trabajo se usan frecuentemente el número de médicos, enfermeras y personal administrativo, no fue posible realizar dicha desagregación debido a que la información sobre personal externo contratado (o servicios indirectos) es deficiente y sólo se reporta el valor total de la contratación, teniendo en cuenta que en promedio, el gasto en servicios indirectos supera el gasto en personal de planta. Esta limitación es mencionada en Maldonado y Tamayo (2007), quienes sugieren trabajar con los gastos de nómina. Todas las variables monetarias fueron llevadas a precios constantes de 2008 utilizando el índice de precios al consumidor.

Las tablas 1A y 1B muestran estadísticas descriptivas de las variables mencionadas para todo el periodo de análisis y desagregadas por año respectivamente. En general, se puede observar una marcada tendencia creciente para todas las variables.

²¹Se incluyen: Dosis de biológico aplicadas, controles de enfermería, citologías cervicovaginales tomadas, total de consultas de odontología realizadas, sellantes aplicados, superficies obturadas (cualquier material), exodoncias (cualquier tipo), exámenes de laboratorio, número de imágenes diagnósticas tomadas, número de visitas domiciliarias e institucionales y número de sesiones de talleres colectivos Para mayor detalle con respecto a la terminología médica empleada, ver Anexo 2.

Tabla 1A. Estadísticas de las variables de insumos y productos utilizadas en los modelos

Variable/Estadístico	Promedio	Desviación	Mínimo	Máximo
Camas	117.96	92.65	13	667
Gasto Planta (millones)	5084.54	5209.71	418.40	30808.96
Gasto servicio indirectos (millones)	5424.10	5186.14	176.94	36527.48
Gastos generales (millones)	2351.84	2057.47	27.92	16673.43
Egresos	8683.29	6321.72	680	41683
Consultas	82672.58	48186.25	16556	339939
Otros Procedimientos	902837.30	1259177	13559.70	9932632
Observaciones	664			

Fuente: SIHO, cálculos propios

Tabla 1B. Promedios anuales de las variables de insumos y productos utilizadas en los modelos

Año/ Variable	Insumos (X)				Productos (Y)		
	Camas	Gasto Planta	Gasto Serv. Indirect.	Gastos Grales	Egresos	Consultas	Otros Proced.
2004	105.2	6233.17	2453.19	1726.67	7183.2	63835.7	539911.5
2005	109	5351.66	3258.98	2015.90	8301.9	69277.2	722197.2
2006	111.4	5183.61	4087.33	2225.60	8302.7	73260	812466.8
2007	112.9	4955.60	5048.57	2433.48	8514.7	82129.2	903494.3
2008	116.2	4780.51	5876.65	2463.32	8775.9	89273.8	947472.7
2009	126.5	4858.89	6865.69	2592.00	9241.8	95334.4	1045508
2010	128.5	4706.39	7802.53	2701.85	9809	94575.8	1122750
2011	133.9	4606.48	7999.82	2655.88	9337.1	93694.5	1128897
Total	118	5084.54	5424.10	2351.84	8683.3	82672.6	902837.3
Obs. Totales/Obs. Anuales (Hospitales)				664/83			

Fuente: SIHO, cálculos propios

Por otra parte, la calidad hospitalaria se reconoce como un concepto amplio y de difícil medición. De acuerdo a Filippini y Farsi (2004), las medidas de calidad se pueden clasificar en tres grupos generales: a) medidas estructurales, las cuales tienen en cuenta la infraestructura y tecnología de los hospitales y la calificación de su personal, b) medidas sobre la aplicación de los procedimientos médicos y c) medidas de resultados, asociadas al estado de salud y cuidado de los pacientes. Las primeras dos son medidas indirectas de calidad, ya que solo indican un mayor potencial de los hospitales para mejorar el estado de salud de los pacientes, mientras que la última, si bien es directa, puede estar fuertemente influenciada por factores externos. Filippini y Farsi muestran, en la revisión de literatura sobre calidad realizada, que las medidas de procedimientos y resultados parecen no tener efecto sobre los costos de los hospitales y por ende no afectan la eficiencia técnica ni asignativa.

Para Colombia no se cuenta con información sobre la calidad de la infraestructura de los hospitales y, debido a que la información de servicios indirectos es incompleta y sólo existe información detallada sobre el personal de planta, como se mencionó anteriormente, resulta imposible conocer el nivel de experiencia, formación y grado de especialización de todo el personal hospitalario. Adicional a ello, no existen datos sobre la aplicación de los procedimientos, por lo cual sólo se pueden obtener algunas aproximaciones sobre medidas de resultados, en este caso, número de infecciones intrahospitalarias por egreso, como un reflejo al adecuado tratamiento y cuidado de los pacientes, y el número de cirugías canceladas en el total de cirugías realizadas, como aproximación al grado de cumplimiento del hospital en su labor social. Estos dos indicadores se escogen debido a que cuentan con información durante todo el periodo de análisis, ya que si bien el Ministerio de Salud ha diseñado nuevos indicadores, muchos de estos sólo se comenzaron a recopilar desde 2006 en adelante. Además, ambos indicadores están bajo el control del hospital, a diferencia de otros como muertes hospitalarias que, aunque son utilizadas en la literatura, también dependen del estado de salud en el que ingresa el paciente, por lo cual es frecuente encontrar este indicador sólo cuando es ajustado por factores de riesgo. La inclusión de las variables de calidad dentro del modelo, se realiza del mismo modo utilizado para las variables de ambiente.

Como variables de ambiente se incluyen: i) la población del municipio, la cual es una aproximación a la demanda potencial de servicios hospitalarios, de forma que hospitales localizados en los grandes centros urbanos pueden beneficiarse de una mayor escala de producción, ii) el índice de necesidades básicas insatisfechas del municipio en 2005, NBI, que brinda información adicional sobre el nivel de vida de la demanda potencial o población municipal iii) la cartera de cada hospital como proporción de los ingresos operacionales, que equivale al endeudamiento que las EPS, las ARS, así como los demás pagadores contraen con los hospitales, dificultando su normal funcionamiento por falta de recursos y iv) la proporción que factura el régimen subsidiado y la población pobre no asegurada, que sirve para controlar dos aspectos: el primero, que las EPS del régimen subsidiado en general, cancelan sus deudas a mayores plazos, disminuyendo el flujo de efectivo de los hospitales y su financiación a corto plazo y segundo, los pacientes de ambos regímenes, debido a que no contribuyen con recursos al régimen de salud y pertenecen a estratos menos favorecidos de la población y con menores condiciones de vida, pueden presentar menores incentivos a cuidarse y peor estado de salud al ingresar al hospital, de modo que los procedimientos a los cuales se someten podrían resultar más costosos. Las tablas 1C y 1D muestran estadísticas descriptivas para las variables de ambiente y calidad.

Tabla 1C. Estadísticas de las variables de calidad y ambiente utilizadas en los modelos

Variable/Estadístico	Promedio	Desviación	Mínimo	Máximo
Población municipal	391802.9	1310084	8031	7467804
NBI municipio	0.302	0.167	0.054	0.895
Prop. Cartera	0.763	7.911	0.076	204.192
Proporción subsidiado y PPNA	0.803	0.124	0.196	1
Infección intrahospitalaria	0.008	0.011	0	0.104
Cirugías canceladas	0.045	0.047	0	0.775
Observaciones	664			

Fuente: SIHO, cálculos propios

Tabla 1D. Promedios anuales de las variables de ambiente y calidad utilizadas en los modelos

Año/Variable	Ambiente				Calidad	
	Población	NBI	Prop. Cartera	Prop. Subs y PPNA	Infección intrahosp.	Cirugías canceladas
2004	372295.4	0.302	0.386	0.816	0.007	0.064
2005	377903.5	0.302	0.355	0.808	0.007	0.047
2006	383468.6	0.302	2.849	0.810	0.007	0.043
2007	389029.2	0.302	0.465	0.802	0.007	0.049
2008	394587.7	0.302	0.481	0.807	0.008	0.044
2009	400149.3	0.302	0.490	0.800	0.008	0.041
2010	405709.5	0.302	0.532	0.791	0.008	0.034
2011	411280.3	0.302	0.545	0.788	0.008	0.035
Total	391802.9	0.302	0.763	0.803	0.008	0.045
Obs. Totales/Obs. Anuales (Hospitales)				664/83		

Fuente: SIHO, cálculos propios

En total, existe información para 175 hospitales de niveles II y III, pero muchos de estos no reportaron producción alguna para algunos años, no reportaron datos de capacidad instalada u otra información requerida o no aparecían como habilitados, por lo cual fueron excluidos de la muestra. También se excluyeron hospitales psiquiátricos y mentales, aquellos que prestan servicios muy especializados, como clínicas dermatológicas, hospitales geriátricos y centros oncológicos, y hospitales que realizan esencialmente cirugías de alta complejidad, las cuales requieren unas condiciones especiales que no son frecuentes en la mayoría de los hospitales. Además se eliminaron del análisis aquellos cuyos procedimientos realizados no corresponden al nivel de complejidad en que se clasificaron²². Dichas modificaciones se realizan con el propósito

²²Los hospitales de nivel III deben reportar cirugías de niveles 20-23, según la clasificación del SOAT o contar con unidad de cuidados intensivos y los de nivel II deben reportar cirugías de niveles 11-13. Ver Sarmiento *et al.* (2005)

de consolidar una muestra homogénea para el análisis. Finalmente, se realiza un balanceo, de forma que todos los hospitales cuenten con todas las variables (incluyendo las designadas para medir calidad y control de ambiente) para todos los años, lo cual es importante para la descomposición de la productividad. La tabla 2 describe el proceso de selección de la muestra, mientras que los hospitales que se incluyeron dentro del análisis, así como los municipios y/o regiones en donde se ubican se muestran en los Anexos 3 y 4.

Tabla 2. Tamaño de la muestra

Muestra Total (hospitales niveles II y III)	175
(-) No habilitados	25
(-) Mentales y psiquiátricos	8
(-) Otros Hospitales especializados	6
(-) No reportan información para 1 o más años	21
(-) Niveles extremos de complejidad	22
(-) Excluidos por balanceo	10
Total	83

La función de distancia empleada utiliza una forma *translog*, debido a que es mucho más flexible que la Cobb-Douglas, y se encuentra representada de la siguiente forma para $m=1,..,3$ productos (y) y $k=1,..,3$ insumos (\hat{x}), donde $\hat{x} = x/x_1$ y corresponde al insumo x normalizado por x_1 , que en este caso se asume es el gasto en servicios indirectos, de forma que se cumpla el supuesto de homogeneidad lineal descrito en la metodología. Los subíndices i y t siguen representando hospital y periodo respectivamente:

$$\begin{aligned}
\ln D_{it}^I = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln \hat{x}_{kit} \\
& + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln \hat{x}_{kit} \ln \hat{x}_{lit} + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln \hat{x}_{kit} \ln y_{mit} + \varphi_1 t + \frac{1}{2} \varphi_{11} t^2 \\
& + \sum_{m=1}^M \alpha_{mt} \ln y_{mit} t + \sum_{m=1}^M \beta_{kt} \ln \hat{x}_{kit} t \quad (5)
\end{aligned}$$

para mayor detalle. En este caso, hospitales en los cuales los procedimientos clasificados por debajo del nivel 11, según el SOAT, ascienden a más del 95% del total de procedimientos fueron excluidos. De igual forma. Hospitales cuyos procedimientos de la más alta complejidad ascienden al 10% o más del total también fueron excluidos, debido a que son muy especializados en comparación con el resto de la muestra. Un ejercicio más riguroso podría realizarse clasificando los hospitales de acuerdo a los procedimientos que tiene habilitados, utilizando la base de habilitación del Ministerio de Salud. Ejercicios de este tipo se encuentran en Maldonado y Tamayo (2007), mientras que Proesa junto con Health Metrics (www.proesa.org.co) se encuentran desarrollando un algoritmo para la clasificación de hospitales utilizando esta misma base. No obstante, para el desarrollo de este trabajo no se contó con tal información.

donde t es una tendencia que refleja el cambio tecnológico. La función Cobb-Douglas asume que $\alpha_{mn} = \beta_{kl} = \delta_{km} = \varphi_1 = 0$, siendo un caso particular de la *translog*. Es fundamental resaltar que esta ecuación debe ser reemplazada en (3) para establecer el modelo a estimar, teniendo en cuenta que la forma de separar el vector de eficiencia y el ruido estocástico será a través de la descomposición de Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982), JLMS. Para interpretar los parámetros como elasticidades parciales en los valores promedio, las variables son estandarizadas por su media. Además, restricciones sobre los términos cruzados de los insumos deben ser impuestas para cumplir con el supuesto de homogeneidad de grado uno, así como el supuesto de simetría de los términos cruzados, como se muestra en la ecuación (6).

$$\sum_{k=1}^K \beta_k = 1, \sum_{k=1}^K \beta_{kl} = 1, \sum_{k=1}^K \delta_{km} = 0$$

$$\alpha_{mn} = \alpha_{nm} ; \beta_{kl} = \beta_{lk} \quad (6)$$

Para la descomposición del cambio de la productividad total de los factores, se realizaron las derivadas propuestas en la sección II.d sobre la función *translog* en (5). Para ejemplificar el proceso de construcción, se muestra el cálculo para el cambio técnico, el cual consiste en la derivada de la función de distancia con respecto al tiempo:

$$\text{Cambio técnico } (T\Delta) = \frac{-\partial \ln D^I(y, x, t, z)}{\partial t} =$$

$$(\varphi_1 + \varphi_{11}t + \sum_{m=1}^M \alpha_{mt} \ln y_{mit} + \sum_{m=1}^M \beta_{kt} \ln x_{kit}) \quad (7)$$

Finalmente, dado que las variables se encuentran expresadas en logaritmos, las elasticidades de la función de distancia con respecto a cada variable de insumo o producto se expresan mediante la ecuación (8). La importancia del cálculo de elasticidades radica en que permite conocer el cambio porcentual producido por variaciones en dichas variables sobre la función de distancia. La eficiencia se denota como el inverso de la función de distancia, tal como se muestra en el Anexo 1.

$$\varepsilon_k = \frac{\partial \ln D^I(y, x, t, z)}{\partial \ln K} \quad (8)$$

donde $K = \widehat{X}_1, \widehat{X}_2, \widehat{X}_3, Y_1, Y_2, Y_3$ indica cada variable para la cual se calcula la elasticidad. Nótese que las ecuaciones (7) y (8) no llevan subíndices t o i , debido a que no se calculan para cada periodo ni para cada firma.

IV. RESULTADOS

En total se estimaron tres modelos, cuyas diferencias radican en la inclusión de variables de ambiente o variables de calidad, utilizando el módulo para la estimación de modelos de frontera estocástica para panel de datos, *Sfpanel*, diseñado para Stata por Belotti *et al.* (2012)

Modelo 1: Función *translog* sin controles

Modelo 2: Función *translog* con variables de calidad

Modelo 3: Función *translog* con variables de ambiente²³

Para la definición de la distribución del vector de eficiencia, se han escogido las formas funcionales: normal truncada $\sim N|(\mu, \sigma^2)|$ y normal positiva $\sim N|(0, \sigma^2)|$, siendo la segunda un caso específico de la primera. Melo y Espinosa (2005) sugieren probar la hipótesis nula $\mu = 0$ para escoger cuál de ambas distribuciones se ajusta mejor a los datos. Los resultados empíricos muestran que para todos los modelos, la distribución más adecuada es la normal positiva, ya que no se puede rechazar la hipótesis nula.

[\[Tabla 3\]](#)

En la tabla 3 se muestran los resultados del ejercicio econométrico. Los coeficientes de primer orden (α_m y β_k) resultan ser significativos al menos al 5% y tienen los signos esperados en todos los modelos a excepción de la variable consultas médicas. Los coeficientes de primer orden de las regresiones se interpretan como elasticidades parciales promedio, debido a que todas las variables fueron introducidas en logaritmos y normalizadas por su media. Por ejemplo, un coeficiente para uno de los insumos utilizados (llámese número de camas) de aproximadamente 0.40 indica que un incremento de un 1% para esta variable, para el hospital promedio, incrementa su función de distancia en un 0.4%, dado todo lo demás constante. En términos de eficiencia, esto significa que si un hospital era completamente eficiente y por ende el valor de su función de distancia era 1, dicho incremento cambiaría este valor a 1.04, por lo cual la nueva eficiencia sería igual a 0.962, que equivale al cociente $1/1.04$.

Los coeficientes de primer orden para los insumos deben tener signos positivos, lo cual se encuentra asociado a un mayor uso de recursos dejando la producción constante, y refleja menor eficiencia técnica. El caso contrario ocurre con los productos, que deben llevar signos negativos, indicando que su incremento reduce la distancia a la frontera eficiente. Debido a que el fin último de este trabajo es la estimación de eficiencia técnica, los términos de interacción o de segundo orden no son analizados, pero si se tienen en cuenta para los posteriores ejercicios.

²³ Este modelo se utilizará para los análisis posteriores, que incluyen el cálculo de los rendimientos a escala bajo los que opera el hospital, la descomposición de la productividad, el ranking de hospitales y las causas o explicaciones de para éste.

Lo habitual, para medir el efecto de cada variable sobre la eficiencia, es el cálculo de elasticidades, de forma que se incluyan los términos cruzados o coeficientes de segundo orden. Las elasticidades encontradas en el ejercicio econométrico se muestran en la tabla 4, donde se puede observar que todas las variables tienen el signo esperado, si bien el valor promedio del número de consultas médicas es menor que su desviación estándar.

Tabla 4. Elasticidades

Variable	Obs.	Promedio	Desviación
Camas	664	0.578	0.118
Gastos Personales	664	0.225	0.092
Gastos Generales	664	0.109	0.068
Egresos	664	-0.165	0.061
Consultas Médicas	664	-0.065	0.090
Resto Procedimientos	664	-0.090	0.063

En los diferentes modelos existe evidencia que no todos los hospitales son igual de eficientes. En efecto, la hipótesis nula $\sigma_\mu = 0$ se rechaza en todos los casos. Además, la principal fuente de desviación de la frontera de producción ideal es causada por ineficiencia técnica, ya que el componente lambda, que mide la proporción de las desviaciones de eficiencia con respecto a las desviaciones estocásticas o por fuera del control de los hospitales (σ_μ/σ_v), se encuentra entre 2.7 y 3.3.

La variable de tiempo (t) que busca capturar el cambio tecnológico, tiene el signo esperado (negativo) en todos los modelos, mientras que el cuadrado del tiempo no es significativo en ninguno de los casos. No obstante, esta variable puede capturar otros aspectos no asociados a cambio tecnológico, como el caso de cambios en regulaciones en el sector hospitalario u otros sectores que lo afecten, de forma que el efecto no es completamente limpio. Las interacciones de la variable t tanto con insumos como productos, miden el cambio tecnológico no neutral asociado a cada una de estas variables. Si bien se esperaría signos negativos para todas las interacciones, aquellas donde se incluyen el número de camas y otros procedimientos tienen signos positivos y son significativas. En primer caso, este comportamiento podría estar asociado a que el desgaste en la capacidad instalada de los hospitales supera su mejoramiento tecnológico, mientras que el segundo caso es difícil de explicar con detalle, ya que abarca una gran cantidad de componentes. Cabe mencionar que se probó la hipótesis nula que todas las variables relacionadas con el tiempo ($t, t^2, \alpha_{mt}, \beta_{kt}$) son cero, la cual se rechazó en todos los modelos.

Para los tres modelos presentados, el ser hospital universitario afecta positivamente la eficiencia y su efecto es significativo. Los hospitales universitarios se pueden beneficiar de personal médico a menores costos, especialmente aquellos estudiantes de carreras médicas que realizan su práctica profesional en el hospital, aunque su función no consiste únicamente en la atención y cuidado de los pacientes sino en la enseñanza de la profesión.

Las variables de calidad, proporción de infecciones intrahospitalarias por egreso y proporción de cirugías electivas canceladas, presentan signos negativos y son significativas. Este hallazgo pareciera contribuir en cierta medida al debate que las mejoras en el aprovechamiento de los recursos hospitalarios van en detrimento de la calidad y la atención de los pacientes. No obstante, es necesario tener cuidado en el alcance de estas conclusiones, ya que estas variables sólo miden un aspecto de calidad de forma aproximada.

Por otro lado, los signos de las variables de ambiente: población municipal, proporción facturada por el régimen subsidiado y NBI tienen signos negativo la primera y positivo las últimas dos, tal como se esperaba, si bien el índice de NBI no es significativo. En el primer caso, por el papel de la demanda potencial, mientras que los otros por las más deficientes condiciones de salud de los pacientes más pobres así como la mayor demora en los pagos por parte de las ARS. Por otra parte, el signo que debe llevar la cartera hospitalaria no es claro a priori, ya que un hospital puede suspender operaciones por falta de recursos y ser muy ineficiente, o mejorar su gestión debido a que trabaja apenas con lo justo. Los resultados parecen indicar que es la primera hipótesis la que se cumple, ya que esta variable tiene signo positivo y es significativa al 5%.

La escala promedio a la que operan los hospitales se calculó como el inverso de la sumatoria de las elasticidades de la función de distancia con respecto a cada producto ($1/\sum_{k=1} \varepsilon_k$). Los resultados de este ejercicio evidencian marcadas economías de escala que no sorprenden en el sector hospitalario, ya que el valor de la estimación, utilizando el modelo con variables de ambiente, es de aproximadamente 3.3²⁴. Por lo tanto, los hospitales pueden ampliar mucho más su producción con apenas incrementos en la cantidad de insumos.

Siguiendo a Melo y Espinosa (2005) la diferencia entre las estimaciones de eficiencia promedio incluyendo y sin incluir medidas de calidad o variables de ambiente, mide la contribución e importancia conjunta promedio de dichas variables. La tabla 5 muestra la eficiencia promedio en cada uno de los modelos y evidencia que el aporte de las variables de calidad incluidas resulta poco significativo, resultado similar al que llegan Filippini y Farsi (2004). Por el contrario, la inclusión de variables de ambiente altera la eficiencia promedio en más de cuatro puntos porcentuales y disminuye su dispersión, lo cual evidencia que estas variables hacen más homogéneas las condiciones bajo las cuales operan los hospitales. No obstante, vale la pena resaltar que el ordenamiento en términos de eficiencia incluyendo variables de ambiente o de calidad varía. Para ver esto, se dividió el total de observaciones, ordenadas de menor a mayor eficiencia, en veinte grupos, de forma que cada grupo fuese conformado por 32 datos. Se encontró que las correlaciones entre el modelo que incluye las variables de calidad y aquel que lo

²⁴Si bien los coeficientes parecen elevados, no son muy diferentes a algunos trabajos encontrados para Estados Unidos que calculan los retornos a escala a través de funciones de costes. Es necesario anotar que dicha comparación se realiza para hospitales con un número total de camas en el rango de las encontradas para los hospitales públicos analizados en este trabajo, que en términos relativos la mayoría no se puede considerar como de gran tamaño. Para mayor detalle, ver Wilson y Carey (2004) y Leleu *et al.* (2012).

hace con las de ambiente, con respecto al modelo sin controles, son del 91% y 82% respectivamente.

Tabla 5. Eficiencia Promedio para los diferentes Modelos

Modelo	Promedio	Desviación	Mín	Máx
Modelo 1 (TL)	82.66%	15.58%	0.00%	97.90%
Modelo 2 (TL-Calidad)	83.34%	10.40%	0.01%	97.78%
Modelo 3 (TL-Ambiente)	87.16%	6.44%	13.12%	97.96%
Observaciones (N)	664			

La eficiencia de los hospitales analizados no guarda una estrecha relación con el tamaño del municipio, ya que se controla por este aspecto en términos de población municipal en que se ubican. Tampoco existe una tendencia clara a nivel de departamento, ya que en él pueden existir hospitales con resultados de eficiencia técnica baja, media y alta en comparación con la muestra tomada, como en los casos de Antioquia, Boyacá y Valle (ver Anexo 4). Por otra parte, el nivel de complejidad pareciera estar relacionado con la eficiencia. En efecto, la mayoría de hospitales de nivel 3 obtuvieron resultados de eficiencia promedio que los sitúa por encima de la media (ver Anexo 3).

Para analizar qué características poseen los hospitales más y menos eficientes, se compararon los resultados de eficiencia para el modelo 3 con variables como la ocupación de camas, que mide la proporción de días al año en que las camas de un hospital estuvieron ocupadas; el número de egresos y de otros procedimientos por gasto en nómina (en millones de pesos), medidos estos últimos por unidades de valor relativo; el número de consultas médicas por consultorio; el número de partos por mesa de parto y la proporción de la contratación que realiza el hospital por servicios indirectos con respecto al personal que contrata de planta²⁵. Las características fueron analizadas dividiendo la muestra en ocho partes, de forma que se formaran grupos de hospitales con resultados de eficiencia similares. Este ejercicio se muestra en la tabla 6A que incluye todas las observaciones y 6B, para los datos promedio por hospital durante el periodo de análisis.

²⁵ El promedio de cada una de estas variables, las cuales son cocientes, se calculó sumando los numeradores y los denominadores para cada grupo. Por ejemplo, la variable *consultas por consultorios* se calculó sumando todas las consultas médicas (electivas y de urgencia) y todos los consultorios para cada grupo de hospitales, y luego tomando el cociente. Con este procedimiento, lo que se hace es ponderar de acuerdo al tamaño del hospital.

Tabla 6A. Características de los hospitales por grupos de eficiencia
(Tamaño de cada grupo alrededor de 83 observaciones)

Grupo	Eficiencia	Consultas por consultorio	Índice Ocupación Camas	Prop. Servicios Indirectos	Rotación mesas de parto	Egresos por gasto de personal (Millones)	Otros procedimientos por gasto de personal (Millones)
1	0.66	4678.17	0.76	0.55	1162.92	1.04	69.53
2	0.83	4705.84	0.77	0.50	970.08	1.05	71.67
3	0.87	4863.55	0.77	0.51	921.82	1.02	76.84
4	0.89	4633.45	0.78	0.52	1117.57	1.03	78.10
5	0.91	4817.83	0.81	0.51	1099.73	1.00	90.03
6	0.92	4879.06	0.77	0.47	1020.23	1.08	91.31
7	0.94	4553.23	0.77	0.51	1088.53	1.02	82.95
8	0.96	4823.12	0.80	0.50	1083.61	1.23	95.79

Fuente: SIHO, cálculos propios

Tabla 6B. Características promedio de los hospitales por grupos de eficiencia
(Tamaño de cada grupo alrededor de 10 hospitales)

Grupo	Eficiencia	Consultas por consultorio	Índice Ocupación Camas	Prop. Servicios Indirectos	Rotación mesas de parto	Egresos por gasto de personal (Millones)	Otros procedimientos por gasto de personal (Millones)
1	0.74	4734.81	0.81	0.63	1167.35	1.13	75.47
2	0.85	4295.81	0.80	0.53	1007.51	0.89	80.80
3	0.88	4881.06	0.73	0.53	818.48	1.01	77.25
4	0.89	4321.72	0.81	0.53	979.12	0.74	71.45
5	0.90	4478.39	0.79	0.55	860.04	0.99	77.63
6	0.90	3580.05	0.83	0.54	1071.44	0.68	112.23
7	0.91	5748.50	0.85	0.48	1139.29	1.08	88.72
8	0.92	4628.53	0.83	0.48	843.87	0.62	103.37

Fuente: SIHO, cálculos propios

La tabla 6A muestra los resultados de eficiencia por observación, por lo cual es una mirada a corto plazo del comportamiento del sector. Se observa que el índice de ocupación de camas, el número de egresos y el número de otros procedimientos, ambos divididos por el gasto en personal, son mayores en promedio para los grupos con mayor eficiencia, mientras que el número de consultas por consultorio no pareciera tener correlación alguna con la eficiencia y la rotación de mesas de parto pareciera mayor para los grupos de menor eficiencia. No obstante, es necesario resaltar que la variable de consultas médicas resultó poco significativa en los ejercicios, mientras que el número de partos se encuentra incluido dentro de la categoría de *otros procedimientos médicos*, el cual incluye muchos otros servicios prestados por cada hospital, por

ello no debería sorprender el comportamiento de estas variables. En general, se observa que los hospitales menos eficientes producen una menor cantidad de procedimientos a un mayor costo, lo cual evidencia ineficiencia técnica.

En la tabla 6B, que muestra resultados a más largo plazo, se observa en términos generales que los hospitales menos eficientes, o aquellos ubicados en los primeros grupos, se caracterizan por menores índices de utilización de camas; así como un menor número de otros procedimientos por gasto en personal. Llama la atención que el número de egresos guarde ahora una relación inversa a la encontrada en la tabla anterior. Sin embargo, este comportamiento puede deberse a que estos hospitales realizan procedimientos que pueden ser más largos y costosos, mientras que el indicador sólo muestra cantidad de egresos y no su duración. Por otra parte, la proporción de servicios indirectos contratados aumenta su poder explicativo, ya que *a priori* no existe razón alguna para pensar que aumentar la contratación por servicios indirectos para algunos años disminuya la eficiencia, pero una mayor contratación bajo esta modalidad durante todo el periodo podría reflejar una menor organización de su estructura de personal

La descomposición de la productividad (tabla 7) muestra que esta creció en aproximadamente un 15.27% en el periodo 2005-2011, siendo su principal componente la explotación de las economías de escala que, como se encontró en etapas previas de este trabajo, son muy importantes para la muestra de hospitales analizados. Por el contrario, el cambio técnico fue positivo pero prácticamente nulo, lo cual evidencia que el desgaste de algunos equipos pareciera casi neutralizar otras mejoras tecnológicas²⁶. El cambio en eficiencia técnica es poco significativo y sólo asciende a 0,027% en promedio para el periodo.

²⁶ Adicionalmente, se realizó un ejercicio para comparar el cambio tecnológico en hospitales universitarios frente al resto de hospitales. En promedio, para los hospitales no universitarios la productividad aumentó en un 0.1%, gracias al mejoramiento tecnológico durante el periodo de análisis, frente a ninguna variación de los universitarios. Un test de comparación de medias muestra que esta diferencia es significativa, arrojando un estadístico T de 2.68 con 81 grados de libertad (P valor < 0.01). A pesar de la significancia de la prueba, una variación de 0.1% resulta bastante pequeña, por lo cual no se ahondó en un análisis más profundo en cuanto a cambio tecnológico.

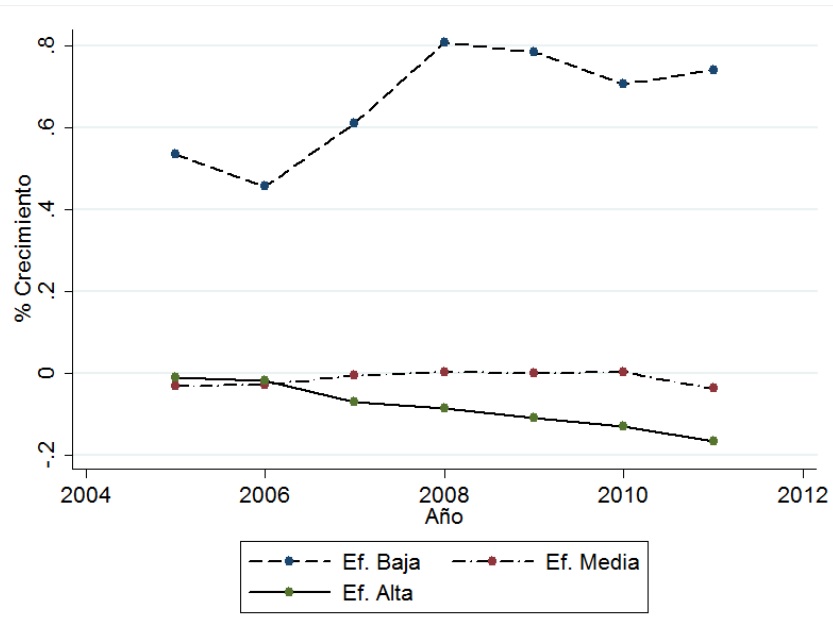
Tabla 7. Cambios de la productividad en el tiempo (%)

Año	Cambio Técnico	Cambio Eficiencia	Cambio Escala	Productividad total
2005	0.012	0.07	2.92	3.00
2006	0.012	-0.01	2.54	2.54
2007	0.013	0.06	2.30	2.37
2008	0.014	-0.01	2.14	2.15
2009	0.014	-0.01	1.97	1.97
2010	0.013	-0.02	1.75	1.74
2011	0.011	-0.04	1.54	1.51
Total	0.089	0.027	15.159	15.27

Fuente: cálculos propios

Finalmente, se realiza un análisis más detallado del cambio en la eficiencia técnica, dividiendo a los hospitales en quintiles de acuerdo al valor reportado para esta variable en el periodo 2004-2006. Si bien las variaciones no son de gran magnitud, cabe resaltar que aquellos hospitales que mostraban mejor comportamiento al inicio del periodo, es decir, aquellos que se clasificaban como eficiencia alta, han disminuido ligeramente el aprovechamiento de los recursos, en contraposición con los hospitales con bajos niveles de eficiencia a comienzo del periodo, los cuales lo han aumentado. Este comportamiento se puede observar en la gráfica 1, que muestra únicamente los quintiles 1 (bajo), 3 (medio) y 5 (alto), donde las tasas de crecimiento son acumulativas, esto es, la brecha de eficiencia entre los más eficientes y los menos eficientes se redujo en aproximadamente un 1.0% durante el periodo de análisis, lo cual sugiere cierta convergencia hacia las mejores prácticas.

Gráfica 1. Crecimiento acumulado de la eficiencia



V. COMENTARIOS FINALES

Este trabajo evalúa el desempeño de una muestra de hospitales públicos colombianos clasificados en niveles de complejidad II y III para el periodo 2004 y 2011, utilizando una metodología de funciones de distancia estocástica, la cual no había sido utilizada previamente en mediciones para el sector hospitalario en el país, y que tiene la ventaja de amoldarse adecuadamente a la estructura productiva presentada por los hospitales públicos: unidades de producción con múltiples productos, que no buscan la maximización de beneficios o minimización de costes sino el mejoramiento en el estado de salud de los pacientes, que no tienen pleno control sobre la producción y que se ven afectados en muchas ocasiones por aspectos externos no asociados con eficiencia. Por otra parte, se hizo una descomposición de la productividad hospitalaria que tuviera en cuenta las economías de escala en que operan, usando la descomposición *primal divisia*, en contraposición a la metodología por índices de Malmquist, que no tiene en cuenta este aspecto.

A través de varios modelos, los cuales se diferencian en la inclusión de variables de ambiente y de variables de calidad, existe evidencia de ineficiencia técnica en los hospitales analizados. Los resultados muestran que las variables de ambiente tienen un papel importante en la determinación de la eficiencia y su dispersión, ya que los hospitales desempeñan sus funciones en entornos diferentes y bajo condiciones disímiles. No obstante, las medidas de calidad usadas, que sólo reflejan resultados en el cuidado y atención de los pacientes, no parecen tener un impacto importante sobre la eficiencia técnica, resultado encontrado en varios trabajos a nivel internacional. Los diferentes modelos arrojan eficiencia técnica promedio para el periodo entre 82% y 87%, es decir que en promedio los hospitales están utilizando eficientemente los recursos en este rango.

La descomposición de la productividad arroja que el principal factor que mueve a los hospitales es el aprovechamiento de las economías de escala, el cual tiene suma relevancia dentro del sector, ya que los retornos a escala para el hospital promedio son de gran magnitud, mientras que el cambio tecnológico es casi nulo. Si bien los cambios en eficiencia técnica parecieran insignificantes, una mirada más detallada muestra que existe un fenómeno de convergencia hacia las mejores prácticas, el cual si bien se desarrolla a un ritmo lento, disminuye las brechas de eficiencia.

Aunque se encontraron resultados interesantes en el ejercicio econométrico, se deberían realizar mejoras en el proceso de información si se quiere llegar a conclusiones más precisas sobre las causas de ineficiencia, así como modelos más exactos de medición. Una de las principales falencias en la información suministrada es la relacionada con la contratación de servicios indirectos. Siendo esta la modalidad preponderante de contratación en términos de su costo, resulta paradójico que la información sea poco detallada y, en algunos casos, sólo se reporte el gasto total en que incurrió cada hospital bajo esta modalidad, a diferencia de la contratación por

planta, donde el número de empleados, salarios, tipo de cargo y las horas contratadas entre otras variables son reportadas. Este hecho tiene importantes implicaciones, tanto en la construcción de diversas estadísticas de interés, como en la definición de las variables para incluir en el modelo econométrico. En el primer caso, se podría corroborar si la eficiencia está asociada a una mayor proporción de personal asistencial u operativo en vez de personal administrativo o de apoyo, a una mayor calificación del personal, lo cual implica mayores gastos, o si existe una correspondencia entre la capacidad instalada y la cantidad y calificación del personal disponible, hechos mencionados por algunos autores, pero que no pueden ser corroborados con estadísticas.

En el segundo caso, los modelos econométricos o matemáticos emplean usualmente como variables de insumo las cantidades de personal, desagregadas por ocupación o alguna otra característica, pero no es común utilizar el gasto en personal como variable, acción que se debió tomar debido a los problemas con la información y con el que concuerda con Maldonado y Tamayo (2007). El problema de incluir variables monetarias en vez de cantidades es que no arrojará conclusiones en términos del exceso de personal sino del exceso de gasto en personal, el cual puede deberse a empleados más calificados y con mayores salarios o a diferentes procesos de negociación y contratación, los cuales no reflejan directamente el concepto de eficiencia técnica.

La segunda gran falencia se relaciona con la clasificación por complejidad que registran los hospitales. En consultas realizadas al Ministerio de Salud para la elaboración de este trabajo, el nivel de complejidad no parece ser un buen indicador sobre la complejidad de los procedimientos que realizan los hospitales, si bien proporciona una primera aproximación, lo cual ha llevado a la necesidad de reclasificar los hospitales. La propuesta de Maldonado y Tamayo (2007) a través de análisis de conglomerados y el trabajo que adelanta Proesa junto con Health Metrics en la creación de un algoritmo de reclasificación, ponen de manifiesto la importancia de crear grupos homogéneos de unidades de análisis, sobre lo cual se fundamentan las técnicas de análisis de eficiencia. No obstante, ambas propuestas utilizan la base de habilitación del Ministerio de Salud, la cual muestra qué procedimientos se encuentran habilitados para cada hospital, pero que desafortunadamente no fue facilitada en el desarrollo del presente trabajo. Si bien este aspecto constituye un punto fundamental de ampliación para este tipo de análisis, resulta primordial encontrar soluciones a la falta de información sobre el personal contratado por servicios indirectos, de forma que se puedan derivar recomendaciones precisas de política económica.

Finalmente, la inclusión de hospitales que realicen procedimientos incluidos dentro del primer nivel de complejidad sería una importante ampliación al presente trabajo.

Tabla 3. Resultados de las estimaciones

Variables	Signo	Modelo1	Modelo2	Modelo3
Camas	β_1	0.3804*** [8.6069]	0.4105*** [9.2386]	0.3658*** [8.7023]
Gastos	β_2	0.1673*** [5.6802]	0.1576*** [5.3367]	0.1816*** [6.5497]
Planta	β_3	0.3441*** [11.629]	0.3199*** [10.412]	0.3404*** [11.595]
Egresos	α_1	-0.1280*** [-3.3593]	-0.09845** [-2.4030]	-0.1539*** [-3.8592]
Consultas	α_2	0.04844 [1.3000]	0.04055 [1.0921]	0.05274 [1.5015]
Otros.Proc	α_3	-0.1517*** [-5.0382]	-0.1762*** [-5.1758]	-0.1676*** [-5.5973]
Camas*Egresos	δ_{11}	-0.1085*** [-3.0268]	-0.1032*** [-3.0157]	-0.08855** [-2.3248]
Camas*Consultas	δ_{12}	0.1140*** [2.7117]	0.1098*** [2.6881]	0.1307*** [3.3026]
Camas*Otros.Proc	δ_{13}	-0.06410** [-2.2543]	-0.04939 [-1.5984]	-0.09101*** [-3.1728]
Gastos*Egresos	δ_{21}	0.08556*** [3.0815]	0.07004*** [2.6414]	0.08322*** [3.0039]
Gastos*Consultas	δ_{22}	-0.1110*** [-3.2875]	-0.1130*** [-3.5233]	-0.1253*** [-4.0227]
Gastos*Otros.Proc	δ_{23}	0.01034 [0.4316]	0.01286 [0.5118]	0.02484 [1.0271]
Planta*Egresos	δ_{31}	0.03523 [1.5002]	0.03296 [1.5126]	0.02073 [0.8272]
Planta*Consultas	δ_{32}	-0.008646 [-0.2841]	-0.004605 [-0.1539]	-0.01863 [-0.6352]
Planta*Otros.Proc	δ_{33}	0.04711*** [2.5876]	0.04463** [2.3000]	0.06398*** [3.3105]
Camas*Camas	β_{11}	0.1401*** [6.6236]	0.1214*** [6.0796]	0.1452*** [6.9890]
Camas*Gastos	β_{12}	-0.008762 [-0.3842]	0.004138 [0.1863]	-0.01254 [-0.5666]
Camas*Planta	β_{13}	-0.1221*** [-3.7541]	-0.1009*** [-3.3586]	-0.1252*** [-3.8363]
Gastos*Gastos	β_{22}	0.01699* [1.8866]	0.01835** [2.0561]	0.01601* [1.8169]
Gastos*Planta	β_{23}	-0.04860** [-2.2533]	-0.06687*** [-3.0405]	-0.05023** [-2.2717]
Planta*Planta	β_{33}	0.02240 [1.5595]	0.02389* [1.7240]	0.02678* [1.8741]
Egresos*Egresos	α_{11}	-0.001827 [-0.09047]	-0.004714 [-0.2289]	-0.001176 [-0.05588]
Egresos*Consultas	α_{12}	0.007253 [0.1996]	-4.544e-05 [-0.001300]	0.007701 [0.2030]
Egresos*Otros.Proc	α_{13}	0.02414 [0.9961]	0.03220 [1.1338]	0.01488 [0.5764]
Consultas*Consultas	α_{22}	0.05022 [1.6423]	0.06344** [2.0683]	0.06028** [2.1698]
Consultas*Otros.Proc	α_{23}	-0.02269 [-0.9309]	-0.02528 [-0.9621]	-0.02365 [-0.9678]
Otros.Proc*Otros.Proc	α_{33}	-0.03313***	-0.03666***	-0.03394***

		[-4.6783]	[-3.7619]	[-4.3487]
Egresos*T	β_{1t}	-0.006534 [-1.1607]	-0.008692 [-1.5843]	-0.005041 [-0.9125]
Consultas*T	β_{2t}	-0.02252*** [-3.6834]	-0.02321*** [-3.9384]	-0.02546*** [-4.3868]
Otros.Proc*T	β_{3t}	0.008509* [1.8196]	0.01215*** [2.6061]	0.01003** [2.2276]
Camas*T	α_{1t}	0.02170*** [3.3043]	0.02053*** [3.1494]	0.02125*** [3.3779]
Gastos*T	α_{2t}	-0.01141*** [-2.5905]	-0.01055** [-2.4046]	-0.01198*** [-2.7975]
Planta*T	α_{3t}	-0.01029** [-1.9960]	-0.009975** [-1.9761]	-0.009275* [-1.8476]
T	φ_1	-0.01974* [-1.8603]	-0.01667* [-1.6586]	-0.01930* [-1.8825]
T^2	φ_{11}	5.736e-04 [0.5856]	3.475e-04 [0.3688]	5.877e-04 [0.6184]
Universitario		-1.4260*** [-23.458]	-0.4978*** [-9.5647]	-0.5991*** [-12.823]
Infecciones Intrahospitalarias	CA_1		-1.5899** [-2.0801]	
Cirugías Canceladas	CA_2		-0.3062** [-2.5244]	
Población	Z_1			-0.2417*** [-20.348]
Prop. Cartera	Z_2			0.02360** [2.3483]
%Subsidiado o PPNA	Z_3			0.09209** [2.4751]
NBI	Z_4			0.007719 [0.3141]
Constante		0.4369*** [12.999]	0.4114*** [10.813]	0.03734 [0.8826]
Observaciones		664	664	664
Hospitales		83	83	83
Sigma U		0.1418	0.1381	0.1466
Sigma V		0.04923	0.05006	0.04471
Lambda		2.880	2.759	3.279

T-Test en Corchetes

* p<10%, ** p < 5%, *** p< 1%

BIBLIOGRAFÍA

- BATTESE, G, y COELLI, T. (1988). *Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with A generalized Frontier Production Function and Panel Data*. Journal of Econometrics, No. 38, Págs. 387-399.
- BATTESE, G, y COELLI, T. (1992) *Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India*, Journal of Productivity Analysis, No.3, Págs. 153–169.
- BELOTTI, F, DAIDONE, S, ILARDI, G, y ATELLA, V. (2012) *Stochastic frontier analysis using Stata*. Research paper series CEIS Tor Vergata, Vol. 10, Issue 12, No. 251.
- COELLI, T.J; PRASADA, D.S; O'DONELL, C.J; BATTESE, G.E (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer, Segundaedición.
- DAIDONE, S y D'AMICO, F. (2009) *Technical efficiency, specialization and ownership form: evidences from a pooling of Italian hospitals*. Journal of Productivity Analysis, Vol. 32(3), Págs.203-216.
- FARSI, M. y FILIPPINI, M. (2006). *An Analysis of Efficiency and Productivity in Swiss Hospitals*, Swiss Journal of Economics and Statistics (SJES) Swiss Society of Economics and Statistics (SSES), Vol. 142, Págs. 1-37.
- FENG, G y SERLETIS, A. (2010) *Efficiency, technical change, and returns to scale in large US banks: Panel data evidence from an output distance function satisfying theoretical regularity*. Journal of Banking & Finance 34, Págs. 127–138
- FRIED, H.O; SCHMIDT, S.S y YAISAWARNG, S. (1999) *Incorporating the Operating Environment Into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency*. Journal of Productivity Analysis, No. 12. Págs.249-267.
- GREENE, W.H. (2002). *Fixed and Random Effects in Stochastic Frontier Models*. Working Paper 02-16. Leonard N. Stern School of Business, Department of Economics. New York University
- GREENE, W.H. (2005a). *Reconsidering heterogeneity in Panel data estimators of the stochastic frontier model*. Journal of Econometrics.No. 126, Págs. 269-303
- GREENE, W.H. (2005b). *Fixed and Random effects stochastic frontier models*. Journal of Productivity Analysis.Vol. 23, No.1, Págs. 7-32
- GREENE, W.H. (2007). *The Econometric Approach to Efficiency Analysis*. Department of Economics, Stern School of Business.New York University.

- HATTORI, T. (2002) *Relative Performance of U.S. and Japanese Electricity Distribution: An Application of Stochastic Frontier Analysis*. Journal of Productivity Analysis, No. 18. Págs.269-284.
- HOLLINGSWORTH, B. (2008) *The measurement of efficiency and productivity of health care delivery*. *Health Economics*, No 17, Págs.1107-1128.
- JONDROW, J, LOVELL, C.K, MATEROV, I.S y SCHMIDT, P. (1982) *On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model* Journal of Econometrics, Vol 19, I 2-3, Págs. 233-238.
- KUMBHAKAR, S. (1990), *Production Frontiers, Panel Data and Time Varying Technical Inefficiency*, Journal of Econometrics, No. 46, Págs.201–211.
- KUMBHAKAR, S.C Y LOVELL C.A.K (2000). *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press.
- LAST, A-K y HEIKE, W. (2011). Baumol's cost disease, efficiency, and productivity in the performing arts: an analysis of german public theaters. *Journal of cultural economics*, No. 35, Págs.185-201.
- LELEU, H, MOISES, J y VALDAMANIS, V. (2012) *Optimal productive size of hospital's intensive care units*, *International Journal of production economics*. No. 136, Págs. 297-305.
- MALDONADO, A y TAMAYO, N. (2007) *Estudio Integral de Eficiencia de los Hospitales Públicos*. Archivos de Economía, DNP. Documento 338.
- MATAWIE, K.M y ASSAF, A. (2010) *Bayesian and DEA efficiency modelling: an application to hospital foodservice operations*, *Journal of Applied Statistics*, 37:6, Págs. 945-953
- MELO, L y ESPINOSA, N (2005) *Ineficiencia en la distribución de energía eléctrica: una aplicación de las funciones de distancia estocástica*. *Ensayos sobre política económica*, No. 49, Págs. 88-132.
- MUTIS, H. (2006). *Una aplicación del análisis de frontera estocástica: el caso de hospitales de nivel II en Colombia*. *Lecturas Matemáticas, Volúmen Especial*, Págs. 259-270.
- MUTIS, H; DÍAZ, G.M y TORO, E. (2006). *Eficiencia técnica de hospitales nivel II en Colombia*. *Ingeniería y Competitividad*, Vol. 8, No. 1, Págs 22-29.
- NUPIA, O. A y SÁNCHEZ, F. (2001) *Eficiencia de los hospitales públicos de Bogotá*. *Desarrollo y Sociedad*. No. 48, Págs 101-136
- O'DONNELL, C.J y NGUYEN, K. (2012), *An Econometric approach to estimating support prices and measures of productivity change in public hospitals*. *Journal of Productivity Analysis*.

OROZCO, J.M. (2005) *Por qué reformar la reforma*. Ed. UNISINÚ, Cartagena-Colombia.

PEÑALOZA, M.C. (2003) *Evaluación de la Eficiencia en instituciones hospitalarias públicas y privadas con Data Envelopment Analysis (DEA)*. Archivos de Economía, DNP. Documento 244.

PINZÓN, M.J. (2003) *Medición de eficiencia técnica relativa en hospitales públicos de baja complejidad mediante la metodología Data Envelopment Analysis (DEA)*. Archivos de Economía, DNP. Documento 245.

SARMIENTO, A; CASTELLANOS, W; NIETO, A.C; ALONSO, C.E y PÉREZ, C.A. (2005) *Análisis de eficiencia técnica de la red pública de prestadores de servicios dentro del Sistema General de Seguridad Social en Salud*. Archivos de Economía, DNP. Documento 298.

SCHMIDT, P y SICKLES, R, C. (1984), Production frontier and panel data. *Journal of Business & Economic Statistics*. Vol 2, No. 4, Págs.367-374.

WANG, H y SCHMIDT, PETER (2002) One-Step and Two-Step Estimation of the Effects of Exogenous Variables on Technical Efficiency Levels. *Journal of Productivity Analysis*. No 18, Págs. 129-144.

WETZEL, H (2008). *Productivity Growth in European Railways: Technological Progress, Efficiency Change and Scale Effects*. Working Paper series in economics, University of Lüneburg.No. 101.

WILSON, P.W y CAREY, K. (2004) *Nonparametric analysis of returns to scale in the US hospital industry*, *Journal of Applied Econometrics*, No. 19, Págs. 505-524.

ANEXOS

Anexo 1.

Explicación para expresar funciones de distancia como una frontera estocástica estándar.

Frontera estocástica estándar – Análisis para un único producto

Para la firma i , la cual se asume tomadora de precios y produce un único bien, se tiene que su producción y_i es función del vector de insumos x y la tecnología empleada $f(x, \beta_i)$, que depende de los insumos y unos parámetros fijos β que no son de interés primordial para el análisis. Sea $f(x, \beta)$ una tecnología eficiente empleada dentro del sector en el cual opera la firma i , de modo que la producción de i es a lo sumo igual a la producción que usa la tecnología eficiente dentro del sector. Asumiendo por simplicidad que no hay tiempo (se utiliza un único corte transversal) se tiene:

$$y_i \leq f(x, \beta)$$

O análogamente, denotando $ET_i(y_i, x_i)$ como el nivel de eficiencia técnica de i

$$y_i = f(x, \beta) * ET_i, \text{ donde } ET_i = \frac{y_i}{f(x, \beta)} \in [0,1]$$

Es de resaltar que $ET_i(y_i, x_i)$ corresponde a una medida radial de eficiencia técnica, en la cual una unidad alcanza un nivel de producción eficiente al realizar contracciones radiales de sus insumos. Tomando logaritmos en la ecuación anterior, y denotando $ET_i(y_i, x_i) = \exp(-\mu)$ se tiene que:

$$\ln y_i = \ln f(x, \beta) - \mu_i$$

Sin embargo, la ecuación anterior asume que toda desviación de la producción eficiente (o vector de eficiencia) μ es controlable por la empresa, cuando también existen factores externos que pueden afectar la producción, que frecuentemente se denotan como v . Es importante señalar que, dado el signo negativo que acompaña a μ , esta se interpreta como una medida de ineficiencia técnica. Introduciendo estos cambios en la ecuación anterior

$$\ln y_i = \ln f(x, \beta) - \mu_i + v_i \quad (*)$$

Esta ecuación representa la formulación econométrica para estimar frontera estocástica. La función de producción $f(x, \beta)$ debe asumir formas funcionales, por ejemplo la Cobb-Douglas o *translog*, mientras que μ y v asumen distribuciones estadísticas.

Funciones de distancia – Análisis para múltiples productos

Este mismo análisis se puede realizar para funciones con múltiples productos, usando funciones de distancia. Partiendo de la ecuación $D^I(x, y) \geq 1$ explicada con mayor detalle en la metodología, es posible obtener una medida de eficiencia técnica, equivalente a la mostrada en el análisis para un único producto, denotada como:

$$ET_i = \frac{1}{D^I(x, y)}, \quad \text{donde } 0 \leq ET_i \leq 1$$

Para cumplir con el supuesto de homogeneidad lineal, se debe normalizar la función de distancia, escogiendo un insumo x_1 arbitrariamente y obteniendo una ecuación de la forma $x_1 D^I\left(\frac{x_2}{x_1}, \frac{x_3}{x_1}, \dots, \frac{x_k}{x_1}; y\right) ET_i = 1$. Tomando logaritmos y reorganizando, se obtiene:

$$-\ln x_1 = \ln D^I\left(\frac{x_2}{x_1}, \frac{x_3}{x_1}, \dots, \frac{x_k}{x_1}; y\right) + \ln ET_i$$

Finalmente, descomponiendo $\ln ET_i$ en el término de eficiencia de la firma y aquel causado por perturbaciones estocásticas, tal como se hizo con el análisis para un único producto.

$$-\ln x_1 = \ln D^I\left(\frac{x_2}{x_1}, \frac{x_3}{x_1}, \dots, \frac{x_k}{x_1}; y\right) - \mu_i + v_i \quad (**)$$

Se puede observar la semejanza entre (*) y (**), donde ambas ecuaciones son estimables a través de frontera estocástica.

Anexo 2.

Algunos términos médicos utilizados en manual SIHO

Camas de hospitalización y observación: Las primeras corresponden al número de camas habilitadas para los servicios de hospitalización, sin incluir camas para la recuperación post-cirugía, trabajo de parto y recién nacidos. Las segundas son aquellas ubicadas en el servicio de urgencias destinadas a la observación de pacientes.

Dosis de biológico aplicadas: corresponde a la sumatoria de diferentes dosis de vacunas aplicadas por el hospital, tales como vacuna contra poliomielitis (VIP), vacuna contra difteria, tos ferina y tétanos (DPT) entre muchas otras.

Egresos hospitalarios: indica el número de pacientes que después de permanecer hospitalizados, salen del hospital, ya sea vivos o muertos. Los egresos se componen de obstétricos (partos,

cesáreas y complicaciones durante el embarazo), quirúrgicos y no quirúrgicos, que incluye diversas patologías de manejo médico.

Imágenes diagnósticas: Incluye estudios de radiología, ecografía, TAC y resonancia nuclear magnética esencialmente.

Número de sesiones de talleres colectivos: corresponde a sesiones de capacitación en temas como prevención y cuidado de la salud, atención al ambiente, salud sexual y reproductiva y salud mental.

Procedimientos odontológicos: sellantes aplicados, superficies obturadas (cualquier material), exodoncias de cualquier tipo (extracción dental)

Algunos ejemplos por nivel de cirugía de acuerdo al SOAT: Cirugías 2-6 (Habilitadas para nivel de complejidad I en adelante): operaciones en el aparato lagrimal, lesiones en párpados, extracción de cuerpos extraños en el oído con incisiones, suturas en la nariz; **Cirugías 11-13** (Habilitadas para nivel de complejidad II en adelante): Septo-rinoplastia (corrección de problemas funcionales en la nariz), suturas en el corazón y/o pericardio. **Cirugías 20-23** (Habilitadas para nivel de complejidad III): Incisiones sobre la médula espinal, cirugías de corazón como trasplante y bypass coronario. Para una idea más detallada, el SOAT clasifica la extracción del apéndice y de las amígdalas, dos procedimientos muy comunes, como cirugías de nivel 7.

Anexo 3.Hospitales Utilizados y su eficiencia promedio

Hospital	Depto	Municipio	nivel	Eficiencia
ESE HOSPITAL SAN RAFAEL PACHO	Cundinamarca	PACHO	2	92.47%
ESE HOSPITAL SAN RAFAEL	Cundinamarca	FACATATIVÁ	2	92.00%
HOSPITAL REGIONAL DE II NIVEL NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES, ESE	Sucre	COROZAL	2	91.98%
ESE HOSPITAL OCCIDENTE DE KENNEDY III NIVEL	Bogotá D.C	Bogotá D.C	3	91.91%
HOSPITAL UNIVERSITARIO HERNANDO MONCALEANO PERDOMO	Huila	NEIVA	3	91.72%
ESE HOSPITAL SUSANA LOPEZ DE VALENCIA	Cauca	POPAYÁN	2	91.67%
HOSPITAL REGIONAL DE URABA ANTONIO ROLDAN BETANCUR	Antioquia	APARTADÓ	2	91.58%
HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN JUAN DE DIOS ESE II NIVEL	Vichada	PUERTO CARREÑO	2	91.48%
ESE HOSPITAL SAN ANTONIO DE SOATA	Boyacá	SOATÁ	2	91.18%
ESE HOSPITAL EMIRO QUINTERO CAÑIZARES	Norte de Santander	OCAÑA	2	91.17%
ESE HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS	Antioquia	SANTAFÉ DE ANTIOQUIA	2	91.03%
ESE HOSPITAL REGIONAL DE DUITAMA	Boyacá	DUITAMA	2	91.00%
EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL UNIVERSITARIO ERASMO MEOZ	Norte de Santander	CÚCUTA	3	90.87%
HOSPITAL SAN RAFAEL	Antioquia	YOLOMBÓ	2	90.80%
Hospital San Rafael - Empresa Social del Estado	Tolima	ESPINAL VILLA DE SAN DIEGO DE UBATE	2	90.80%
ESE HOSPITAL EL SALVADOR DE UBATE	Cundinamarca	UBATE	2	90.78%
HOSPITAL CIVIL DE IPIALES ESE	Nariño	IPIALES	2	90.70%
ESE HOSPITAL SAN RAFAEL DE FUSAGASUGA	Cundinamarca	FUSAGASUGÁ	2	90.44%
HOSPITAL ROSARIO PUMAREJO DE LOPEZ	Cesar	VALLEDUPAR	2	90.37%
ESE HOSPITAL JOSE MARIA HERNANDEZ	Putumayo	MOCOA	2	90.35%
HOSPITAL FEDERICO LLERAS ACOSTA E.S.E.	Tolima	IBAGUÉ	3	90.33%
ESE HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE NARIÑO	Nariño	PASTO	3	90.33%
ESE HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN JOSE DE POPAYÁN	Cauca	POPAYÁN	3	90.31%
ESE HOSPITAL SAN DIEGO DE CERETE	Córdoba	CERETÉ	2	90.24%
EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SANTANDER HERRERA DE PIVIJAY	Magdalena	PIVIJAY	2	90.19%
ESE HOSPITAL SAN RAFAEL DE TUNJA	Boyacá	TUNJA	3	90.09%

HOSPITAL SAN JUAN BAUTISTA ESE	Tolima	CHAPARRAL	2	90.00%
ESE HOSPITAL SAN JERONIMO DE MONTERIA	Córdoba	MONTERÍA	2	89.89%
HOSPITAL SAN ANDRES E.S.E.	Nariño	TUMACO	2	89.85%
ESE HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL	Córdoba	LORICA	2	89.84%
HOSPITAL EDUARDO SANTOS ESE	Nariño	LA UNIÓN	2	89.83%
HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL DE PALMIRA ESE	Valle del Cauca	PALMIRA	2	89.81%
ESE HOSPITAL SAN JUAN	Córdoba	SAHAGÚN	2	89.80%
HOSPITAL FRANCISCO DE PAULA SANTANDER E.S.E. NIVEL II	Cauca	SANTANDER DE QUILICHAO	2	89.76%
ESE HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN ANTONIO DE PITALITO	Huila	PITALITO	2	89.70%
ESE HOSPITAL SAN FELIX - LA DORADA	Caldas	LA DORADA	2	89.65%
HOSPITAL SAN RAFAEL NIVEL II	La Guajira	SAN JUAN DEL CESAR	2	89.64%
ESE HOSPITAL REGIONAL DE SOGAMOSO	Boyacá	SOGAMOSO	2	89.61%
ESE HOSPITAL CESAR URIBE PIEDRAHITA	Antioquia	CAUCASIA	2	89.55%
ESE HOSPITAL DEPTAL UNIVERSITARIO SAN JUAN DE DIOS	Quindío	ARMENIA	3	89.44%
ESE HOSPITAL SAN VICENTE DE ARAUCA	Arauca	ARAUCA	2	89.43%
E.S.E HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN JORGE DE PEREIRA	Risaralda	PEREIRA	3	89.43%
ESE HOSPITAL SAN JOSE DEL GUAVIARE	Guaviare	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2	89.42%
E.S.E HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN FRANCISCO DE ASIS	Chocó	QUIBDÓ	2	89.41%
ESE HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL	Antioquia	CALDAS	2	89.38%
HOSPITAL ENGATIVA II NIVEL ESE	Bogotá D.C	Bogotá D.C	2	89.36%
ESE HOSPITAL NUESTRA SEÑORA DE LOS REMEDIOS	La Guajira	RIOHACHA	2	89.32%
ESE HOSPITAL SANTA MÓNICA	Risaralda	DOSQUEBRADAS	2	89.32%
HOSPITAL REGIONAL DE MONQUIRA E.S.E	Boyacá	MONQUIRÁ	2	89.31%
ESE HOSPITAL SAN FRANCISCO DE GACHETA	Cundinamarca	GACHETÁ	2	89.26%
ESE HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE RIONEGRO	Antioquia	RIONEGRO	2	89.20%
HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE SABANALARGA	Atlántico	SABANALARGA	2	88.96%
HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN ANTONIO	Valle del Cauca	ROLDANILLO	2	88.96%
ESE HOSPITAL LA CRUZ	Antioquia	PUERTO BERRÍO	2	88.79%
ESE HOSPITAL MANUEL URIBE ANGEL	Antioquia	ENVIGADO	2	88.24%
ESE HOSPITAL REGIONAL DE II NIVEL SAN MARCOS	Sucre	SAN MARCOS	2	88.15%
ESE FRAY LUIS DE LEON	Magdalena	PLATO	2	87.89%

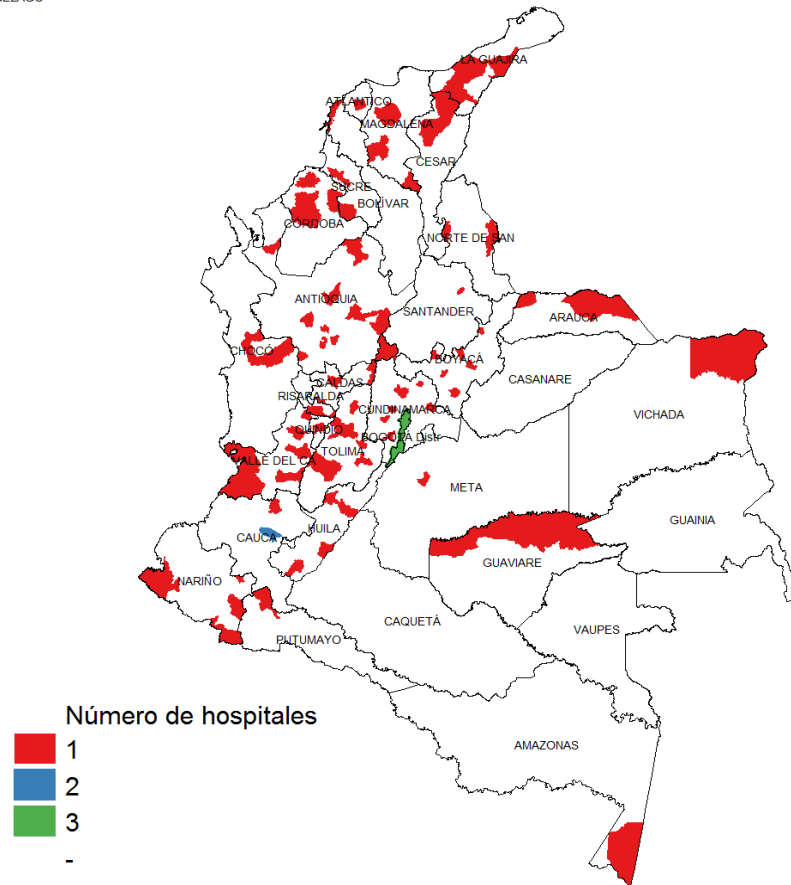
NUEVO HOSPITAL LA CANDELARIA EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO	Tolima	PURIFICACIÓN	2	87.22%
ESE HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS YARUMAL	Antioquia	YARUMAL	2	87.09%
ESE HOSPITAL LA MISERICORDIA	Quindío	CALARCA	2	87.08%
HOSPITAL DPTAL TOMAS URIBE URIBE	Valle del Cauca	TULUÁ	2	87.01%
ESE HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN RAFAEL	Valle del Cauca	ZARZAL	2	86.87%
ESE HOSPITAL JOSE CAYETANO VASQUEZ	Boyacá	PUERTO BOYACÁ	2	86.86%
ESE HOSPITAL LA VICTORIA III NIVEL	Bogotá D.C	Bogotá D.C	3	86.81%
E.S.E. HOSPITAL SAN RAFAEL DE LETICIA	Amazonas	LETICIA	2	86.76%
ESE HOSPITAL LA MERCED	Antioquia	CIUDAD BOLÍVAR	2	86.29%
ESE HOSPITAL PEDRO LEON ALVAREZ DIAZ	Cundinamarca	LA MESA	2	86.09%
LA ESE HOSPITAL SAN JOSE DE MAICAO	La Guajira	MAICAO	2	85.05%
HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE BUENAVENTURA	Valle del Cauca	BUENAVENTURA	2	84.90%
HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN VICENTE DE PAUL	Huila	GARZÓN	2	84.87%
HOSPITAL REGIONAL DEL LIBANO ESE	Tolima	LÍBANO	2	83.87%
HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE GRANADA	Meta	GRANADA	2	83.09%
ESE HOSPITAL DEL SARARE	Arauca	SARAVENA	2	81.98%
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE SINCELEJO UMI	Sucre	SINCELEJO	2	81.29%
HOSPITAL DEPARTAMENTAL FELIPE SUAREZ ESE	Caldas	SALAMINA	2	78.35%
HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE CARTAGO ESE	Valle del Cauca	CARTAGO	2	78.11%
ESE HOSPITAL SAN RAFAEL-ITAGUI	Antioquia	ITAGUI	2	77.86%
ESE HOSPITAL SAN MARCOS	Caldas	CHINCHINÁ	2	77.04%
ESE HOSPITAL MARCO FIDEL SUAREZ	Antioquia	BELLO	2	76.10%
HOSPITAL REGIONAL DE MIRAFLORES	Boyacá	MIRAFLORES	2	75.75%
Hospital La Candelaria ESE	Magdalena	EL BANCO	2	69.76%
ESE HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS	Santander	FLORIDABLANCA	2	57.83%
ESE CLINICA DE MATERNIDAD RAFAEL CALVO CASTAÑO	Bolívar	CARTAGENA	2	55.23%

Anexo 4. Mapas de los hospitales utilizados

El mapa de la izquierda muestra el número de hospitales por municipio, mientras que el de la derecha divide a los hospitales en quintiles, de acuerdo a la eficiencia promedio reportada para el periodo de análisis.

Hospitales por municipio

CHIRIÉLAGO



Distribución hospitales por Quintiles

CHIRIÉLAGO

