

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONOMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

**ESTIMACION DE LA EFICIENCIA TECNICA DE LAS UNIDADES
ACADEMICAS EN LA UNIVERISDAD DEL VALLE PARA EL PERIODO 2006-
2010: UN ANALISIS CON FRONTERAS DE PRODUCCION ESTOCASTICAS.**

ROSA ESPERANZA OROZCO CUELLAR

OSCAR MAURICIO OROZCO SANCHEZ

TUTOR

TESISTA

1. RESUMEN

El presente documento realiza un estudio de la eficiencia técnica de las unidades académicas de la Universidad del Valle; Para este fin, se estima una función de producción académica, mediante la metodología de fronteras de producción estocásticas, de ahí se obtiene una medida de eficiencia, que se ordena en un ranking de las distintas unidades académicas según su eficiencia. A partir de la estimación de la frontera, Se encuentra en general, una eficiencia que oscila entre un 19% en el peor de los casos y un 75% en el mejor; La función de producción da cuenta de la importancia de mantener una paridad entre capital y mano de obra, para un mejor logro académico; se hace un análisis de productividad de donde resulta que la eficiencia es el componente más importante en el incremento de la productividad. Se realiza un análisis de convergencia, de donde resulta que la eficiencia en la Universidad del Valle converge en eficiencia para el periodo de estudio.

2. INTRODUCCION

La Universidad del Valle desde el inicio de los exámenes para la calidad de la educación superior (ECAES), se ha caracterizado por ocupar en casi todas los campos del conocimiento que tienen lugar en la institución, una posición entre las cinco primeras del país (se destacan las ingenierías y programas de la facultad de salud especialmente), además de esto, los ranking internacionales la ubican por lo general entre las tres o cinco primeras del país, tal es el caso de WEBOMETRICS que desde el 2006 hasta el 2009 la ha ubicado entre los cinco primeros puestos del país, del QS World University Rankings que la ubica entre las seis primeras, del U-Sapiens Ranking que como caso particular hace un ranking entre solo las universidades públicas, la ubica entre las cuatro primeras del país. Dado que estos rankings, como característica general se concentran en variables asociadas a la investigación (la cantidad de grupos de investigación, número de revistas indexadas, número de publicaciones, número de ficheros ricos disponibles en la red, etc), la posición de la Universidad del Valle, se ha visto jalonada por la gran cantidad de producción científica de la institución.

No obstante, dentro de la universidad se dan grandes disparidades, los ECAES de las ingenierías son por lo general más altos que los de las humanidades, en efecto, las ingenierías suelen superar los 110 puntos, mientras que las humanidades se encuentran comúnmente entre el rango 100-110, además, en salud resultan ser de los mejores puntajes nacionales, prueba de esto es que, programas como medicina, enfermería u odontología muestran desde el 2006, puntajes que superan el promedio nacional en más de diez puntos.

Además de lo anterior, la producción científica por unidades académicas está lejos de ser homogénea, unidades como la de contabilidad y en general las licenciaturas, producen menos que las ingenierías y las ciencias sociales y de la salud; las publicaciones por departamento, muestra a las ciencias sociales y de la salud produciendo aproximadamente 15 artículos por año, mientras que las ingenierías alrededor de 13 artículos, frente a la producción de las licenciaturas que suele ser nula en muchos casos. De hecho las ingenierías, que suelen mostrar mejores puntajes en los ECAES muestran menor producción científica que las humanidades.

Estas disparidades en los logros académicos, dan cuenta, o de un aprovechamiento de los recursos desigual, o de una diferencia en la asignación de los mismos, o una combinación de ambas. Si bien es cierto que no todas las unidades académicas cuentan con la misma disponibilidad de recursos o insumos para los logros académicos y que este fenómeno es observable, el aprovechamiento de los mismos es inobservable y debe ser estimado. El hecho de que unas unidades y otras no tengan la misma disponibilidad de recursos, hace el análisis de eficiencia aún más relevante, toda vez que esta se basa en la relación producto-insumo, **de tal manera que las diferencias de recursos no son relevantes, sino la relación de producto por cada unidad de recursos.** La técnica aquí empleada, encuentra una medida estrictamente comparable de la eficiencia y dará como resultado un ranking, donde se espera que las unidades más destacadas académicamente den cuenta de una eficiencia mayor. Esto no es obvio, dado que es posible que una unidad disfrute una gran cantidad de recursos y sea sobresaliente en términos académicos pero no sea eficiente dados sus recursos, como se dijo arriba, lo que importa en últimas es la relación de producto por unidad de insumo.

De ahí que sea necesario estimar la eficiencia técnica relativa de las unidades académicas de la Universidad del Valle, esto dará cuenta del aprovechamiento de los recursos o insumos de cada unidad en relación con su producto o logro académico. La técnica aquí empleada se conoce con el nombre de fronteras de producción estocásticas y está diseñada para obtener una medida explícita y rigurosamente obtenida de la eficiencia.

De tal manera que el objetivo principal de este trabajo es, estimar la eficiencia técnica de cada una de las unidades académicas de la Universidad del Valle, de donde se pretende

obtener un ranking que ordene las unidades según su grado de eficiencia y establecer la contribución de la eficiencia en los aumentos de productividad, asimismo establecer los pesos de los insumos en la función de producción académica, para así, formular recomendaciones al respecto.

Para la consecución del objetivo principal se hace necesario: estimar una frontera de producción óptima académica para la Universidad del Valle, establecer los pesos de los insumos en la producción académica, determinar la situación de cada unidad académica respecto a la frontera de producción (medir la eficiencia técnica), elaborar un ranking que ordene las unidades según su eficiencia, establecer la contribución de la eficiencia a la productividad, establecer si las brechas en eficiencia entre unas unidades y otras se han ido cerrando en el tiempo.

La estimación se llevó a cabo para 20 unidades académicas de la Universidad del Valle que debieron presentar el ECAES, desde el 2006 hasta el 2010; se emplea la técnica de fronteras de producción estocásticas. Los resultados dan cuenta de un aprovechamiento de los recursos desigual, se encuentra que 100% es la mayor eficiencia lograda en el periodo de estudio.

El trabajo en general, tuvo sus principales obstáculos en la consecución de datos, de haber sido más generosa la cantidad de información suministrada por la universidad, se habrían podido hacer importantes ampliaciones al análisis. No obstante, cabe mencionar algunas de las ampliaciones que se le pueden hacer a este trabajo: con la obtención de información fiable acerca de la situación socioeconómica de los estudiantes por unidad, se podría hacer un modelo que explique los determinantes de la eficiencia en la Universidad del Valle; Con un acceso menos restringido a la contabilidad de la Universidad se podría hacer un análisis de eficiencia en costos, lo cual esclarecería algunos interrogantes que podría dejar este trabajo; un mejor manejo de los datos permitiría ampliar la muestra e incluir aquellas unidades que no fueron incluidas; además se podría hacer un análisis entre las distintas sedes regionales.

El presente documento se organiza de la siguiente manera; luego de esta introducción se presenta una revisión de la literatura, a continuación se hace una explicación del marco teórico y de la metodología empleada, por último se exponen los resultados y algunas conclusiones.

3. REVISION DE LA LITERATURA.

El estudio de la eficiencia en el contexto de fronteras estocásticas inicia con Farrell (1957), quien propone que la eficiencia puede ser medida comparando el producto obtenido con un máximo alcanzable, dado por la frontera de producción; más tarde, Aigner, Lovell y Schmidt (1977) por un lado, y Meusen y Van Den Broeck (1977) por el otro, propusieron enfoques econométricos para la estimación de la eficiencia entendida desde el punto de vista de Farrell (1957). Jondrow et al (1982), Battese y Coelli (1988) y Battese y Coelli (1992) lograron avances importantes en la caracterización de la eficiencia técnica desde el punto de vista econométrico, proponiendo la variabilidad de la eficiencia en el tiempo y su estimación, supuestos distribucionales para la estimación de la eficiencia y distintas metodologías para la estimación. Fueron estos trabajos pioneros los que impulsaron los estudios de eficiencia técnica, toda vez que antes de estos trabajos, la cuantificación de la eficiencia técnica no era clara desde un punto de vista econométrico.

Kumbhakar y Lovell (2000), sintetizan estos avances en técnicas de frontera estocástica y proponen importantes ampliaciones, una de las más importantes fue la idea de la caracterización del cambio en la productividad total de los factores en presencia de ineficiencia. En efecto, proponen la descomposición de la productividad total de los factores en tres componentes: componente de escala, componente de cambio técnico y componente de eficiencia.

Estos trabajos seminales echaron las bases para aproximaciones empíricas al problema de la eficiencia técnica, entre estos estudios empíricos, una buena parte se ha dedicado a aplicar el análisis de frontera en la educación.

En el caso de Iregui et al. (2006) con una muestra de 4542 colegios públicos y privados en Colombia, estiman una función de producción de la educación en Colombia y hacen el respectivo análisis de eficiencia, utilizando técnicas de frontera estocástica. Incluyen en el análisis, variables de entorno y variables asociadas a los factores productivos del plantel propiamente dichos, la variable de producto está dada por la categoría que le asigna el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES al plantel. Entre las variables consideradas como factores productivos del plantel, se incluyen los docentes, discriminando según su formación, la infraestructura medida en términos de la cantidad de laboratorios, bibliotecas, etc. Asimismo, entre las variables de entorno, incluyen el ingreso medio del hogar, la situación jurídica del plantel, la ubicación, etc. Encuentran que en general las variables de infraestructura afectan positivamente la eficiencia del plantel y que las variables de entorno inciden sobre el rendimiento de los estudiantes. Cabe anotar que la variable de situación jurídica entendida como si es oficial o privado, resulta significativa y pone de manifiesto que los planteles privados son más eficientes.

Por su parte, Melo (2005) analiza las diferencias regionales en eficiencia educativa en Colombia tanto asociada a la producción como a los costos, utilizando técnicas de frontera de producción y de costos; Encuentra una relación positiva entre gasto en educación y logros académicos, pero una manifiesta ineficiencia en costos. Incorpora variables como la cobertura, la tasa de analfabetismo, la calidad de las instituciones por departamento, etc. Como aporte demuestra que las medidas descentralizadoras en términos de aumentar el gasto regional en educación no repercuten necesariamente en mejores logros educativos.

Gaviria y Barrera (2003) realizaron una investigación semejante a las mencionadas anteriormente, midiendo la eficiencia de los colegios en Colombia, tomando como insumos, los profesores, su preparación, que tan recursivos y originales son en su metodología, la actualización tecnológica del plantel, y como producto, los resultados del examen realizado por el ICFES de los colegios de Colombia; el examen del ICFES es la evaluación realizada por el estado colombiano, que mide los conocimientos adquiridos de quienes

están próximos a recibir el grado de bachilleres. Al incluir variables socioeconómicas como insumos, encuentran que en Colombia la educación pública en colegios es mucho menos eficiente que la privada, los profesores cuentan con una menor preparación y no poseen tantos recursos para su metodología de enseñanza, las condiciones alimentarias de algunos estudiantes de colegios públicos en Bogotá no es la mejor, así como tampoco su vida intrafamiliar, generando así unos resultados poco satisfactorios, el número de profesores por alumno es insuficiente, la violencia en los colegios públicos es otra de las variables que afecta el resultado deseado en las pruebas del ICFES.

En el ámbito internacional, se han dado investigaciones alrededor de la eficiencia de la educación muy diversas, que han involucrado distintas metodologías, se destaca el hecho de que se han aplicado investigaciones muy similares al de este documento, en el sentido de que, se han hecho análisis de eficiencia técnica de la educación superior involucrando en algunos casos la producción científica.

En el caso de Seijas (2004) emplea análisis envolvente de datos para estimar la eficiencia técnica de las instituciones de educación secundaria en la provincia de A Coruña (España), encuentra un bajo grado de eficiencia en general para estas unidades académicas. Las variables asociadas al entorno (estrato, seguridad, infraestructura) resultan tener un efecto significativo en el incremento de la eficiencia.

Por su parte, Aguirre et al. (2008), Estima una frontera de producción estocástica con tecnología translogaritmica, consideran un modelo con eficiencia cambiante en el tiempo, concluyen que los factores asociados a la condición del colegio en términos de si es subvencionado o no (obtienen o no, recursos del gobierno), si obtienen recursos adicionales por excelencia, manifiestan la ventaja que tienen los centros urbanos en eficiencia en relación a los rurales. Prueban una evolución positiva en el tiempo de la eficiencia.

En el caso de Thasayaphan (2010) realiza un estudio de eficiencia, en las pequeñas escuelas de dos provincias de Tailandia, en donde se pretende medir el grado de eficiencia técnica; Los insumos serian, recursos materiales y humanos, profesores, tecnología, etc., y los productos, el nivel salarial de los egresados, el grado de capacitación, las pruebas nacionales, etc. dentro de los resultados más significativos, se pueden destacar las

siguientes: según el estudio, si se realizaran mayores inversiones en tecnología el grado de remuneración de los egresados sería mayor, si se invirtiera más en capacitación a los profesores, se daría un uso más eficiente a los recursos disponibles, cabe anotar la importancia de variables sociales como las relaciones entre alumnos y profesores, si se mejorara esta relación las clases tendrían un mejor efecto en los estudiantes. El estudio se realiza empleando técnicas de frontera estocástica.

Cruz (2004) Por otra parte, toma como insumos, el dinero que el gobierno destina para las universidades públicas. Buscando así, qué tan buenos son los egresados de dichas universidades, llegando a diversas conclusiones, en primer lugar, la cantidad de insumos es muy superior a la cantidad de producto, si se establece un programa para evitar la deserción se aumentaría la productividad de los dineros asignados por el estado, los resultados académicos aunque no son malos no son los esperados, de esta manera si el cuerpo docente fuera mejor capacitado, los resultados académicos serian mejores, a pesar de los esfuerzos realizados por mantener la universidad actualizada, la tecnología no es óptima para los resultados esperados. Emplea técnicas de frontera estocástica.

Currier (2007) Esta investigación busca analizar el grado de eficiencia técnica de las escuelas públicas de Oklahoma, permitiendo llegar a dos grandes conclusiones, la eficiencia se ve afectada por los salarios de los docentes, el nivel socioeconómico afecta la eficiencia, existe mucha diferencia entre los resultados presentados por los alumnos con un nivel de vida más alto quienes mostraron puntajes superiores, existen muy pocos profesores por estudiante lo que hace que el proceso de aprendizaje no sea óptimo. El estudio se realiza mediante técnicas de frontera estocástica.

Tyagi et al. (2004) realizan un estudio de eficiencia en 348 escuelas primaria en el estado de Uttarpradesh (India), el producto con mayor importancia son las pruebas realizadas por los estudiantes y toman en cuenta como insumos, la calidad de preparación de los profesores, el número de profesores por alumno, el tiempo de experiencia de los docentes, y existen otras variables que aunque no son controlables por la escuela si tiene una repercusión importante en el momento de revisar el producto o salida, como son el nivel de vida de la familia, la vida familiar, en donde se determina como conclusión que si la experiencia docente es muy corta, irremediamente se va a ver reflejado en la eficiencia

de la institución, la preparación docente también es un punto fundamental en la calidad de conocimientos adquiridos por los estudiantes, la vida familiar, el nivel de vida, la situación económica, influye en el resultado final siendo una variable de suma importancia aunque no controlable. Se hace uso de técnicas de frontera estocástica.

Un estudio realizado por Chakraborty (2009), investiga la eficiencia en educación pública, toman como insumos, las variables socioeconómicas, los gastos de funcionamiento, las relaciones entre la parte administrativa y docente, las relaciones entre alumnos y docentes, las relaciones entre alumnos, sin embargo las conclusiones sobre todo en cuanto a las relaciones entre personas se llega a la conclusión que no es un factor determinante en las pruebas de conocimiento. El estudio se realizó en el estado de Kansas-Estados Unidos y se pone de manifiesto el hecho de que la eficiencia técnica de la educación en un determinado plantel, es altamente responsabilidad de quienes toman las decisiones en el mismo, dejando ver, que las variables de entorno tienen poca influencia.

Farrren et al. (2009), analiza la eficiencia técnica de los colegios en Chile, tiene como insumos, la situación socioeconómica, el tipo de colegio, su ubicación geográfica, el número de estudiantes y las relaciones entre estudiantes, dando como resultado que la educación privada en Chile debido a la calidad de los insumos anteriores, presenta una eficiencia mayor a la educación pública, rescatando que los resultados obtenidos por los estudiantes de instituciones públicas no tuvieron resultados desalentadores, aun así resulta una calidad un poco inferior al sector privado.

4. MARCO TEÓRICO.

La caracterización del proceso educativo como un proceso productivo se ha tratado ampliamente como se puede ver en la revisión de la literatura. No obstante, es difícil encontrar una estructura teórica homogénea que sirva de base a todos estos estudios. Sin embargo, no se puede aseverar que los estudios carecen de una base analítica que sirva de sustento al planteamiento del proceso educativo como un proceso productivo.

En efecto, Piffano (2005), expone rigurosamente la microeconomía concerniente al proceso educativo sin obviar la estructura de costos, el análisis de la oferta, el análisis de la demanda y el **análisis del que hacer de la universidad como un proceso productivo**. en las palabras del mismo Piffano (2005): *“el sector educativo de un país tiene como finalidad básica y esencial la formación humana, académica y técnica o profesional de los individuos de una sociedad y la conservación, profundización, extensión, difusión y acrecentamiento de la globalidad de conocimientos de una sociedad. Para el cumplimiento de este objetivo general, el sistema educativo debe llevar adelante distintas actividades. Una de las principales es, obviamente la transmisión de conocimientos, ordenados según disciplinas científicas y técnicas, a los efectos de obtener personas capacitadas para el ejercicio práctico de las mismas y para su retransmisión, ya sea informal o sistemática. Esta actividad es asimilable a un **proceso productivo**, en el cual alumnos sin la instrucción específica son transformados, a través de la aplicación de un conjunto de insumos (muy especialmente, la labor docente), para generar un graduado o egresado con determinado grado de capacitación o formación.”*

Siguiendo esta misma línea, Piffano (2005), argumenta que, para la consecución de estos objetivos educativos, es necesario disponer de una adecuada planificación pedagógica y didáctica, que garantice la mejor transmisión de la información, esta característica puede asociarse directamente a la **tecnología** del proceso productivo.

Se ve entonces, que el problema de caracterizar microeconómicamente el proceso productivo se reduce a identificar qué factores intervienen en este proceso en la forma de insumos y que factores lo hacen en la forma de productos.

Coria (2008), destaca la necesidad de considerar en este proceso una estructura productiva, que involucre múltiples insumos y múltiples productos, toda vez que, la universidad como agente productor, no solo tiene al estudiante como objeto del proceso sino que además, realiza una labor de investigación y una labor de extensión o consultoría. De forma tal, que la caracterización del proceso educativo, debe tratar de abarcar todos estos aspectos en las variables consideradas, sabiendo que, como ya lo había estipulado Piffano (2005), el cuerpo docente cobra especial importancia como insumo.

La visión de Piffano (2005) del proceso educativo va mas allá, teniendo una idea de una estructura que involucra insumos y tecnología para generar productos, es obvio que interviene un proceso de administración de insumos y planificación que afectan el proceso. En las palabras de Piffano (2005): *“cualquier acción que se intente en la dirección de mejorar estos importantes aspectos económicos y administrativos del proceso educativo, debe redundar en el mejoramiento de la eficiencia (cuando no de la eficacia), es decir la reducción de los costos y el mejoramiento de la producción”*.

Se ve entonces, que la aproximación microeconómica al proceso educativo, debe tener, amén de la estructura productiva entendida como la transformación de insumos en productos, una caracterización de esa mejor o peor gestión de los recursos, esto es, una caracterización de la eficiencia.

De tal manera, que resulta útil la incorporación del concepto de eficiencia técnica en la caracterización del proceso educativo como proceso de producción, para tener una idea más completa de este proceso.

La eficiencia técnica, tal como se plantea en el trabajo seminal de Farrell (1957), es entendida como la capacidad para producir tanto como sea posible con una cantidad dada de insumos. Si se considera una firma que utiliza dos factores productivos y se considera una función de producción eficiente, es decir una frontera de producción que caracteriza una eficiencia perfecta, entonces la definición de eficiencia emana de una relación entre los

insumos que deberían ser empleados para producir cierta cantidad de producto de acuerdo a la frontera y los que en efecto se emplean. En la gráfica 1, una firma hipotética emplea **P** para producir el nivel de producto dado por la isocuanta **SS'**, no obstante, la isocuanta indica que debería producir esa cantidad, empleando solo **Q**.

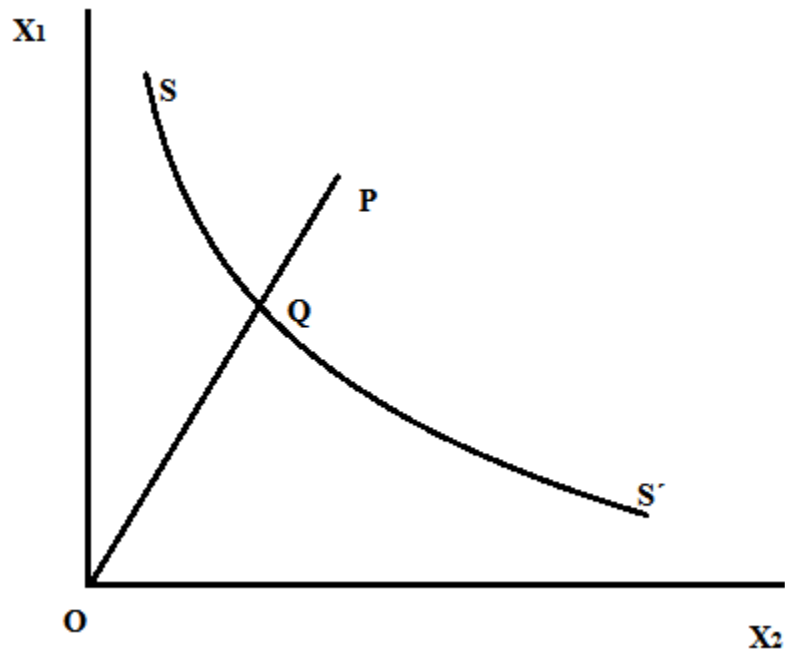


Diagrama 1. Basado en Farrell (1957).

de tal manera que, la eficiencia se define por la ratio **OQ/OP**, para una firma ubicada en **P**. Es una relación entre el nivel de insumos óptimo y el observado. No obstante, esta eficiencia es entendida desde el punto de vista de los insumos, es decir distintos niveles de insumo para un nivel dado de producto. La otra forma de verlo, es desde el punto de vista del producto, es decir que tanto se debe producir con un nivel de insumos. En últimas la relación producto por unidad de insumo hace que ambas formas de entenderlo sean análogas.

El concepto de eficiencia es muy sencillo en este contexto, se supone que con un nivel dado de insumos cada unidad debería obtener la cantidad de producto que indica la frontera, de no ser así la unidad sería ineficiente. En la gráfica 1 queda claro este concepto:

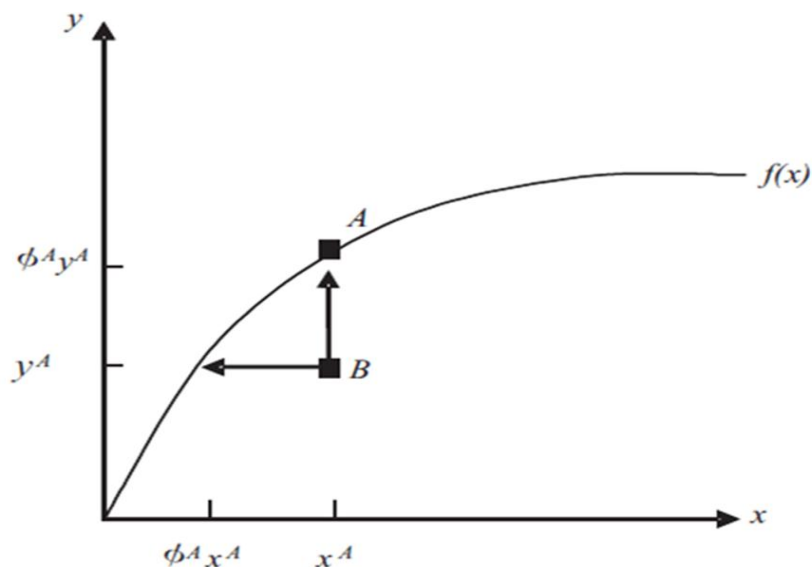


Diagrama 2. FRONTERA DE PRODUCCIÓN ESTOCÁSTICA.

Si se compara la unidad A con la unidad B, se puede hacer la siguiente aseveración, la unidad B emplea la misma cantidad de insumos que la unidad A pero produce menos, de hecho la unidad A produce lo máximo que se puede producir con ese nivel de insumos, por esta razón se encuentra situada sobre la frontera de producción. Esta frontera de producción es la frontera de producción estocástica (frontera óptima) y la distancia euclidiana (geométrica en el eje Y) entre B y A sobre el eje Y, caracteriza la ineficiencia, más exactamente la ratio $Y^A/\Phi^A Y^A$ proporciona el índice de eficiencia. Esta es la otra forma de entender la eficiencia, pero esta vez como una distancia respecto de la frontera óptima de producción. Cabe anotar que en el ejemplo se considera el caso hipotético de dos firmas, que manejan el mismo nivel de insumos, no obstante, la medida de eficiencia no requiere que unas unidades y otras tengan el mismo nivel de insumos, toda vez que es la distancia respecto a la frontera lo que importa y esta es la base de la comparación.

De ahí, que sea relevante el estudio de eficiencia, la productividad puede no decirnos nada, o darnos resultados confusos. No sabemos si, por ejemplo una mejora en la tecnología

desplaza la función de producción para arriba, de tal manera que la productividad sea mayor por trabajador, o si una reducción en el número de trabajadores lleva a una situación de mejoras de productividad, teniendo en cuenta un contexto de rendimientos decrecientes. En el análisis de eficiencia, se está diciendo sencillamente, que existe ineficiencia técnica si se puede aumentar el nivel de producción dado un nivel de insumos, o si se puede reducir el nivel de insumos dado un nivel de producto. Es decir, que en últimas se está hablando de una relación entre producto por unidad de insumo. El indicador resultante de ineficiencia es estrictamente comparable entre las firmas de la muestra, no dejan duda que una mayor ineficiencia es resultado de una peor gestión de los recursos.

Ahora bien, Kumbhakar y Lovell, (2000), plantean la posibilidad de encontrar los cambios en la productividad total de los factores, mediante los parámetros estimados de la frontera de producción estocástica y el cálculo de la eficiencia. Estos autores, plantean los cambios en la productividad total de los factores, como la situación en la que un índice de producto cambia a distinta tasa de la que está cambiando un índice de los insumos.

La grafica 2, ilustra el concepto de productividad total de los factores siguiendo a Kumbhakar y Lovell, (2000). se considera un solo insumo y un solo producto, el productor se expande desde el punto (X_t, Y_t) hasta (X_{t+1}, Y_{t+1}) , es obvio que ha ocurrido un cambio técnico entre t y $t+1$, desde que $f(X, t+1, B) > f(X, t, B)$. la producción es también ineficiente en ambos periodos, toda vez que $Y_t < f(X_t, t, B)$ y $Y_{t+1} < f(X_{t+1}, t+1, B)$; también se ve que, la eficiencia técnica ha mejorado entre t y $t+1$, toda vez que ocurre que, $[Y_t / f(X_t, t, B)] < [Y_{t+1} / f(X_{t+1}, t+1, B)]$, también es claro que un aumento en la productividad ha ocurrido dado que, $(Y_{t+1} / X_{t+1}) > (Y_t / X_t)$.

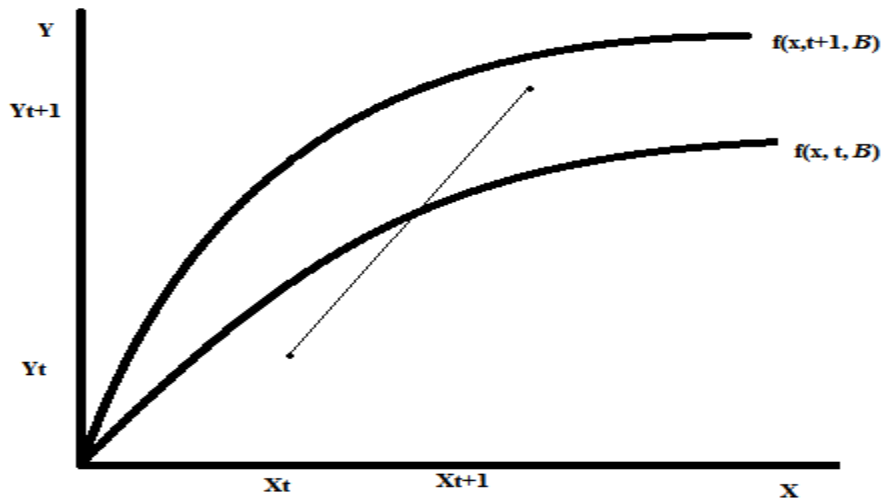


DIAGRAMA 3. CAMBIO EN LA PTF.

En este contexto, los cambios en la productividad total de los factores son el resultado de la agregación de un componente de cambio técnico, un componente de escala y un componente de eficiencia; estos tres componentes caracterizan por completo los cambios en la productividad total de los factores (la metodología se explica más adelante).

5. METODOLOGIA

En la literatura, las fronteras de producción se estiman como se dijo arriba, de forma determinística (error simple) o de forma estocástica (error compuesto), en este trabajo se elige la segunda por querer captar el efecto de la ineficiencia.

Ahora bien, en el contexto de las fronteras estocásticas, existen dos formas básicas de obtener su estimación; por un lado se puede elegir un procedimiento paramétrico, tal es el caso de las estimaciones de mínimos cuadrados corregidos, datos de panel, etc. Por otro lado se puede optar por un procedimiento no paramétrico, tal es el caso del análisis envolvente de datos (DEA).

El procedimiento no paramétrico tiene la ventaja de que no requiere especificar una forma funcional a priori, sin embargo en este trabajo se trabaja con un método paramétrico, por el interés de captar los pesos de las variables de interés en la estructura productiva y analizar los cambios de productividad, más claramente, la información que revelan las estimaciones acerca del proceso productivo, para poder aseverar algunas recomendaciones. Esto no lo permite hacer el método no paramétrico, dado que al no conocer el peso de las variables ni su elasticidad de sustitución, es difícil esbozar algún tipo de recomendación particular para el proceso de producción.

Decimos entonces que la función de producción estocástica es de la forma genérica:

$$Y_{it} = f(x_{jit}; \alpha) \exp(\varepsilon_{it}); \varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it} \quad [1]$$

De donde se hace notar que, el término de error $\exp(\varepsilon_{it})$, depende de un componente puramente aleatorio que no depende de la gestión de la unidad v_{it} y de un componente que capta la distancia con respecto a la frontera de producción descontando el efecto de v_{it} , este último error se denota como u_{it} . Así, resulta claro que se trata de un error compuesto, el error v_{it} se distribuye con dos colas, un típico error que recoge choques aleatorios, por su parte el error u_{it} se distribuye a una sola cola, es de hecho la ineficiencia técnica, que solo toma valores positivos y por ende su distribución está truncada en cero.

Habiendo escogido un método paramétrico para la estimación de la frontera estocástica, se debe tener una forma funcional tentativa, la siguiente es la frontera de producción estocástica que se ha de estimar tentativamente, adopta la tecnología translogarítmica, esto porque al partir de esta, podemos reducirla sistemáticamente hasta llegar a una más simple si las estimaciones así lo sugieren.

Considérese una función de producción de datos panel:

$$Y_{it} = f(x_{jit}; \alpha) \exp(\varepsilon_{it}) \quad [2]$$

Donde $i=1,2,3,\dots,I$ representan las unidades de corte transversal, $t=1,2,3,\dots,T$ que representa los periodos de tiempo. Y_{it} Representa el producto en la i -ésima unidad, en el periodo t , x_{jit} representa el j -ésimo insumo $j=1,2,3,\dots,J$, y α es un vector de parámetros desconocidos. El producto para este caso, es un índice de producción académica que se explica más adelante, El término de error ε_{it} es dividido en dos componentes: v y u , tal que, $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$, donde v_{it} es el error aleatorio y u_{it} captura la ineficiencia. El error aleatorio v_{it} , se supone idéntica e independientemente distribuido normal con media cero y varianza σ_v^2 ($v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$), y donde se asume que u_{it} , sigue una distribución normal truncada en cero ($u_{it} \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$), toda vez que las eficiencias no pueden tomar valores negativos, es decir, ninguna unidad puede estar arriba de la frontera óptima.. En su trabajo, Battese y Coelli (1988), determinan tras la ampliación del trabajo de Jondrow et al (1982), que la eficiencia técnica es invariante en el tiempo, para el caso de usar datos de panel. Ya en otros trabajos Battese y Coelli (1992), trabajan con eficiencia técnica que cambia en el tiempo para datos de panel, tal que u_{it} se redefine para dar cabida a la variabilidad en el tiempo (ecuación 3).

$$u_{it} = \eta_t u_i \quad [3]$$

Donde $\eta_t = \exp\{-\delta(t - T)\}$ y donde δ es un parámetro para ser estimado. En el trabajo de Battese y Coelli (1992), anotan que cuando $\delta > 0$, la eficiencia técnica se eleva en el tiempo; por otra parte, si $\delta < 0$, entonces la eficiencia técnica decrece y si $\delta = 0$, la eficiencia técnica se mantiene igual. Ahora bien, siguiendo a los mismos autores, aquí se estima la eficiencia técnica por medio de la media de los errores predichos.

$$TE_{it} = E(\exp(-u_{it})|\varepsilon_i) \quad [4]$$

$$= \left[\frac{1 - \varphi(\eta_t \sigma_* - (\mu_{*i}/\sigma_*))}{1 - \varphi(-(\mu_{*i}/\sigma_*))} \right] \exp\{-\eta_t \mu_{*i} + 0.5 \eta_t^2 \sigma_*^2\} \quad [5]$$

Donde

$$\mu_{*i} = \left[\frac{\mu \sigma_v^2 - \eta' \varepsilon_i \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \eta' \eta \sigma_u^2} \right] \quad [6]$$

$$\sigma_*^2 = \left[\frac{\sigma_u^2 \sigma_v^2}{\sigma_v^2 + \eta' \eta \sigma_u^2} \right] \quad [7]$$

$\eta' = (\eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \dots \eta_T)$ y $\varphi(\cdot)$ es la función acumulativa normal estándar. Específicamente se usa una función de producción translogaritmica con dos insumos, (k) capital y (L) labor.

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \alpha_0 + \alpha_k * \ln(K_{it}) + \alpha_L * \ln(L_{it}) + \alpha_t * t + 1/2[\alpha_{kk} * (\ln(K_{it}))^2 + \alpha_{ll} \\ & * \ln(L_{it})^2 + \alpha_{tt} * t^2] + \alpha_{kl} * \ln(K_{it})\ln(L_{it}) + \alpha_{kt} * t\ln(K_{it}) + \alpha_{lt} \\ & * t\ln(L_{it}) + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad [8]$$

Donde $i = 1,2,3, \dots, I$ y $t = 1,2,2, \dots, T$ que representan la cantidad de unidades académicas comparadas y el periodo de tiempo en años respectivamente. El $\ln Y_{it}$ representa la variable dependiente de la frontera de producción, esto es el output de la unidad, y $\ln(K_{it})$ representa el capital neto usado para producir en la unidad, mientras el $\ln(L_{it})$ representa la mano de obra usada para producir. Se incluye la variable tiempo en la función de producción para captar efectos de cambio técnico y evolución en el tiempo.

Dónde:

Insumos:

L : es una medida de la mano de obra. Se obtiene a partir del tiempo completo equivalente, esto es una medida general que lleva cualquier situación de dedicación horaria

a unidades de tiempo completo, se mide según la convención de la universidad en cantidad de profesores tiempo completo, de tal manera que dos profesores de medio tiempo hacen uno de tiempo completo.

K : es una proxy del capital empleado. Se obtiene a partir del total en pesos de los bienes por unidad académica. Este rubro de la contabilidad es ideal porque resuelve el problema de comparar dotaciones de capital en unidades físicas, haciéndolo comparable mediante el valor en pesos. Distintos trabajos como los mencionados en la revisión de la literatura, comparan dotaciones físicas en muchos casos, no obstante la valoración en pesos es mucho mejor ya que ofrece una medida estrictamente comparable entre una unidad y otra.

PRODUCTOS:

Se consideran dos productos relevantes, los puntajes obtenidos en las pruebas ECAES y la cantidad de producción científica en cada periodo de tiempo, medida como el número de artículos publicados en revistas científicas, por categoría de Colciencias.

Los artículos publicados en cada periodo de tiempo, se clasifican según Colciencias en A1, A2, B, C, no indexada. Para obtener una medida general de los artículos publicados por periodo de tiempo, se asumen ponderaciones de acuerdo a los puntos salariales que otorga cada tipo de publicación. Así, los artículos publicados en revistas tipo A1 otorgan hasta 15 puntos, en revistas tipo A2 hasta 12 puntos, en tipo B hasta 8 puntos y en tipo C hasta 3 puntos. Los artículos en revistas no indexadas dependiendo su calidad otorgan 1 o 2 puntos o nada, dependiendo de la naturaleza y calidad del documento (régimen salarial, decreto 1279-2002).

De tal manera que, la producción científica se mide ponderando cada tipo de publicación así:

$$A1+0.8*A2+0.53*B+ 0.25*C + 0.125*NI = \text{producción científica.}$$

Se trata de una ponderación, que trata de otorgar pesos en relación a la primera categoría de publicación, de esta manera no se trata de que los ponderadores sumen la unidad, sino que cada ponderador indique que tanto es dicha categoría en relación con la mejor, de acuerdo a

los puntajes que otorga. Este sistema de ponderación trata de tener una conexión veraz con la realidad en la medida que, por ejemplo, dos artículos de la categoría B que obtengan el máximo de puntos para esa categoría, van a sumar aproximadamente lo mismo que un artículo de la categoría A que obtenga la mayor cantidad de puntos posible dentro de esa categoría.

Ahora, es necesario obtener una medida conjunta de ambos productos, para construir el índice de producción académica, la técnica para este fin empleada en este trabajo, se basa en obtener un valor esperado o media de los ECAES condicionado por el número de publicaciones, de tal manera que el par ordenado (publicaciones, ECAES), pueda ser entendido como una desviación respecto a este valor esperado.

Para obtener una medida conjunta de ambos productos, se procede de la siguiente manera:

Se estima una ecuación lineal de la forma:

$$ECAES = b_0 + b_1 * \text{publicaciones} + e. \quad [9]$$

De manera tal, que los valores predichos por dicha ecuación, son una suerte de valor esperado o media, condicionado por publicaciones. Así, se toman los errores en cada observación, es decir la distancia del par ordenado (publicaciones, ECAES), como desviaciones respecto a este promedio global, la serie se estandariza entre cero y uno, y la serie resultante es la serie de índice de producto, es una suerte de desviación respecto a la media. Se trata de establecer la producción de cada unidad, como una medida de que tanto esta la producción por encima o por debajo del promedio, de tal manera que la medida obtenida establece la situación de cada unidad como una desviación estandarizada del valor esperado global.

Y: índice de producción académica, obtenido como desviaciones respecto al valor esperado global (estandarizadas entre cero y uno), estimado mediante regresión lineal (ecuación 9).
Es la variable producto.

De tal manera que la ecuación 9, debe ser estimada primero para poder proceder a la estimación de la frontera de producción.

Ahora bien, con la estimación de la frontera de producción (ecuación 8), se puede estimar el crecimiento de la productividad total de los factores mediante la descomposición propuesta por Kumbhakar y Lovell (2000), la cual se obtiene de la agregación de tres componentes: la tasa de cambio tecnológico (*CT*), componentes de escala (*CE*) y el cambio de la ineficiencia técnica (*TE*).

Dónde:

$$CT = \left[\frac{\partial \ln(y_{it})}{\partial t} \right] \quad [10]$$

Este cambio técnico puede entenderse como el desplazamiento de la frontera de producción en el tiempo. Los componentes de escala se definen como:

$$CE = (e - 1) \sum_j \left(\frac{e_j}{e} \right) \dot{x}_j \quad [11]$$

Donde e_k y e_l son la elasticidades del producto respecto a el capital y el trabajo respectivamente. Tal que $e = e_k + e_l$, se denota la velocidad de cambio de variables mediante el punto que se sitúa por encima de las mismas. Es también oportuno especificar que las elasticidades del producto respecto al capital y al trabajo se hallan mediante las ecuaciones 12 y 13 respectivamente.

$$e_k = \alpha_k + \alpha_{kk} * \ln(K_{it}) + \alpha_{kl} * \ln(L_{it}) + \alpha_{kt} * t \quad [12]$$

$$e_l = \alpha_l + \alpha_{ll} * \ln(L_{it}) + \alpha_{kl} * \ln(K_{it}) + \alpha_{lt} * t \quad [13]$$

Entre tanto la estimación del componente de eficiencia técnica se denota en la ecuación 14.

$$\dot{E}T = -\frac{\partial u_{it}}{\partial t} = \delta \exp\{-\delta(t - T)\}u_i \quad [14]$$

Los cambios en la eficiencia técnica pueden ser interpretados como la velocidad con la que se mueve la unidad académica desde y hacia la frontera de producción; de esta manera el cambio en la productividad total de los factores se puede presentar de la siguiente manera:

$$P\dot{T}F = CT + CE + \dot{E}T \quad [15]$$

6. RESULTADOS

la tabla 1 muestra los resultados de la estimación por efectos fijos del modelo 9, se puede ver que tanto el intercepto como la variable publicaciones resultan significativos, el coeficiente rho pone de manifiesto que casi toda la variación viene de efectos por programa. Debajo de la estimación de rho, se presenta el estadístico F, que prueba la hipótesis nula de que todos los coeficientes de la regresión son cero, se ve claramente que la hipótesis nula es rechazada y no podemos afirmar que todos los coeficientes son cero. Además se presenta el R-cuadrado de la regresión que indica que aproximadamente el 52% de la variabilidad en el logaritmo de ecaes se explica por la variabilidad en publicaciones.

TABLA 1

ESTIMACIÓN MODELO 9. MÉTODO EFECTOS FIJOS				
	coeficiente	error estándar	t	p-valor
intercepto	-0.0501712	0.0206984	-2.42	0
publicaciones	0.1899363	0.020153	9.42	0.018
rho	0.9177			
F(1,79)	88.83			0
R-sq	0.5293			

La tabla 2 muestra la estimación del mismo modelo, por el método de efectos aleatorios, la prueba de Wald juega el mismo papel que la prueba F en el método de efectos fijos y sirve para rechazar la misma hipótesis nula. De ahí que sea necesario contrastar ambos modelos

para decidir cuál de los dos usar; el test de Hausman es ampliamente utilizado para este fin y consiste en plantear en la hipótesis nula, la posibilidad de que la diferencia entre ambos estimadores no sea sistemática, de rechazarse la hipótesis nula se debe preferir el estimador de efectos fijos.

TABLA 2

ESTIMACIÓN MODELO 9. MÉTODO EFECTOS ALEATORIOS				
	coeficiente	error estándar	Z	p-valor
intercepto	0.0751798	0.017942	4.37	0
publicaciones	0.0662186	0.01392	4.76	0
rho	0.47			
Wald Chi2(1)	22.63			0
R-sq	0.5293			

La tabla 3 muestra el resultado del test de Hausman, de donde se ve que la hipótesis nula se rechaza a cualquier nivel de confianza y por esto se prefiere el estimador de efectos fijos.

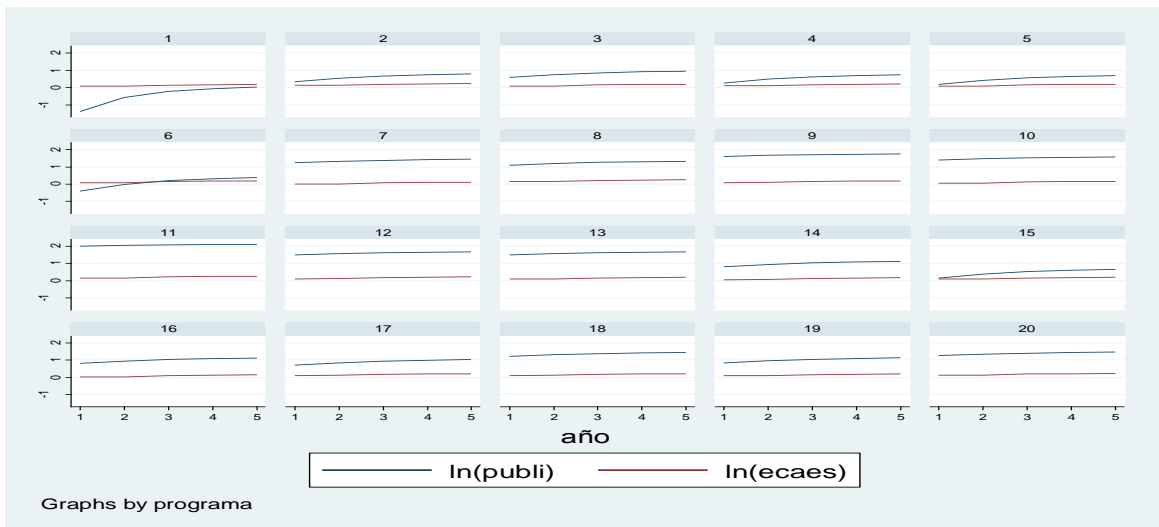
TABLA 3

TEST HAUSMAN MODELO 9.				
	fijos	aleatorios	diferencia	S.E
Ln(PUBLICACIONES)	0.1899363	0.0662186	0.1237177	0.0145731
Chi2(1)	72.07			
p-valor	0			

Habiendo escogido el modelo y resaltando que ambas variables están en logaritmos se ve que la relación entre ecaes y publicaciones aunque estadísticamente significativa, no es importante, dada la pendiente del modelo. En el anexo 1 se encuentran las salidas de estas regresiones, así como la rutina de estimación y algunos gráficos de ambas variables.

GRÁFICO 1

Logaritmos de las variables modelo 9.



Las desviaciones respecto a la recta de regresión (estandarizadas), de este modelo arrojan la variable de índice de producto para la frontera de producción. Para estimar esta, la técnica de estimación requiere una primera estimación por mínimos cuadrados ordinarios, con dos fines, el primero obtener unos valores iniciales para el algoritmo de optimización y segundo poder comparar con la frontera estocástica a manera de contraste, para decidir si es necesaria o no la incorporación de un error fragmentado. Los resultados de la estimación por MCO se muestran en la tabla 4. Se ve que las variables no resultan significativas en ningún caso.

TABLA 4

ESTIMACION DE LA FRONTERA DE PRODUCCION. MCO.

Variable	Parámetro	Estimación	Error Estándar	t-ratio	p-valor
Intercepto	α_0	-3.39E+00	5.75E+00	-5.90E-01	0.55
Ln(L)	α_L	1.11E-01	5.97E-01	1.86E-01	0.85
Ln(K)	α_K	4.98E-01	6.39E-01	7.79E-01	0.44
T	α_T	-1.18E-01	6.86E-01	-1.72E-01	0.86
$0.5*\text{Ln}(K)^2$	α_{kk}	-6.54E-03	3.31E-02	-1.97E-01	0.84
$0.5*\text{Ln}(L)^2$	α_{ll}	2.78E-02	2.91E-02	9.57E-01	0.34
$0.5*T$	α_{tt}	7.55E-02	1.14E-01	6.60E-01	0.51
$\text{Ln}(K)*\text{Ln}(L)$	α_{kl}	-3.91E-02	4.06E-02	-9.64E-01	0.33
$T*\text{Ln}(K)$	α_{tk}	1.49E-02	3.41E-02	4.38E-01	0.66
$T*\text{Ln}(L)$	α_{tl}	3.50E-02	4.47E-02	7.83E-01	0.43
<i>Sigma-cuadrado</i>	σ_u^2	7.77E-01			
<i>Log likelihood</i>	-1.24E+02				

Teniendo como base la estimación por MCO, se procede a la estimación del modelo de frontera estocástica dado por la ecuación 8, la tabla 5 da cuenta de este proceso.

TABLA 5

ESTIMACION FRONTERA DE PRODUCCION ESTOCASTICA.

Variable	Parámetro	Estimación	Error Estándar	t-ratio	p-valor
Intercepto	α_0	-4.93E+00	4.41E-01	-1.12E+01	0.000
Ln(L)	α_L	2.64E-01	9.54E-02	2.77E+00	0.007
Ln(K)	α_K	2.65E-01	8.51E-02	3.11E+00	0.002
T	α_T	5.12E-01	3.52E-01	1.46E+00	0.150
$0.5*\text{Ln}(K)^2$	α_{kk}	2.93E-03	7.81E-03	3.75E-01	0.712
$0.5*\text{Ln}(L)^2$	α_{ll}	2.18E-02	5.33E-03	4.09E+00	0.000
$0.5*T$	α_{tt}	9.79E-02	3.27E-02	3.00E+00	0.003
$\text{Ln}(K)*\text{Ln}(L)$	α_{kl}	-3.10E-02	5.47E-03	-5.68E+00	0.000
$T*\text{Ln}(K)$	α_{tk}	-5.24E-02	1.54E-02	-3.41E+00	0.001
$T*\text{Ln}(L)$	α_{tl}	5.38E-02	2.17E-02	2.47E+00	0.015
<i>Delta</i>	δ	3.65E+00	5.03E-01	7.25E+00	0.000
<i>Sigma-cuadrado</i>	σ_u^2	4.95E+00	5.02E-01	9.86E+00	0.000
<i>Gama</i>	γ	0.989	3.70E-08	2.70E+07	0.000
<i>Log likelihood</i>	-9.53E+01				
<i>LR test one side error</i>	5.74E+01				0.000

Lo primero que es necesario notar es que el valor de la función de verosimilitud en esta estimación es superior al obtenido mediante MCO, además, el coeficiente gamma mide la proporción de la varianza que es explicado por la presencia de ineficiencia técnica, si resultara no ser significativo, no tendría sentido aplicar un método de frontera estocástica, no obstante su valor esta cercano a uno y es estadísticamente significativo, por lo cual es procedente aplicar un método de frontera estocástica. LR-test, prueba la hipótesis nula de que el modelo no tiene un error distribuido a un solo lado (one side error) y se puede prescindir de él, no obstante la hipótesis nula se rechaza a cualquier nivel de confianza y se acepta la presencia de un error one-side en el modelo. En el anexo 2 se encuentran, las estimaciones de este modelo y algunos gráficos de las variables que pueden ser de interés.

Se puede notar en la estimación que solo dos variables no resultan ser significativas, la primera de ellas es el tiempo por si solo y la segunda es el cuadrado del capital dividido entre dos. Las demás variables resultan ser significativas y en su mayoría son valores positivos; aquellas que presentan signos negativos lo hacen porque, dentro de una función translogaritmica estos parámetros parciales dicen poco por si solos, ya que los efectos marginales dependen de otros parámetros y de los valores de los insumos. La tabla 6 muestra las elasticidades promedio por programa académico durante todo el periodo de estudio.

Se ve entonces, que ambas variables muestran efectos marginales bajos, positivos en el caso del capital, y en la mayoría de los casos, negativos en el caso de la mano de obra. Lo cual quiere decir que las mejoras en la variable que se ha tomado como índice de producto, vienen de los incrementos en el capital del que disponen los programas académicos. Las elasticidades de la mano de obra son muy bajas, lo cual se debe por un lado a un efecto que no es demasiado importante y por el otro al periodo de estudio tan corto, un horizonte de tiempo mas amplio podría dar distintas estimaciones.

TABLA 6

ELASTICIDADES PROMEDIO POR PROGRAMA

PROGRAMA	Ek %	EI %
Arquitectura	0.2595883	-0.11416304
Psicología	0.18881126	-0.03780361
Trabajo Social	0.22163641	-0.02254375
I. Agrícola	0.23993454	-0.05512186
I.Sanitaria	0.23913552	-0.0505045
I. Civil	0.22895298	-0.07035957
I. Eléctrica	0.23046948	-0.04237202
I.Electrónica	0.23423309	-0.10336631
I.Mecánica	0.24348181	-0.08825608
I.Química	0.23579835	-0.03601365
I.Sistemas	0.18766427	-0.08568448
I.Industrial	0.21520898	-0.1033437
Medicina y Cirugía	0.23377494	-0.09537965
Economía	0.21675851	0.03586273
Química	0.16425263	0.01069643
Física	0.16501868	-0.01264833
Lic. L.E. Inglés	0.2189799	0.00755554
Cont. Pública	0.16134659	-0.0160702
Adm. Empresas	0.20786232	-0.02880196
Tec. Electrónica	0.22827947	-0.05481218

El parámetro δ resulta ser mayor que cero, por lo cual se puede afirmar que la eficiencia en la Universidad del Valle en efecto crece a medida que pasa el tiempo. Esto nos dice que los niveles de eficiencia que se ven en el último periodo de estudio, deberán ser mayores a los de cualquier anterior.

Teniendo la estimación de la frontera de producción, se puede proceder a estimar las eficiencias por periodo y por unidad académica. El cuadro 7 muestra estas estimaciones.

Se ve entonces, que la eficiencia técnica de la universidad del valle en general ha ido creciendo año a año, empezando en niveles cercanos a un 71% y terminando el 2010 en niveles cercanos al 81% en el promedio general. Estos datos de eficiencia son similares a muchos de los encontrados en los estudios referenciados en el estado del arte, lo cual sugiere que las estimaciones son robustas ante el bagaje empírico que se tiene.

También es de resaltar que se presentan, en algunos casos, variaciones importantes de la eficiencia entre un año y otro, lo cual sugiere que se dan picos de producción en cada programa, y que las mejores producciones de cada año pueden poner un punto muy alto para aquellas que no aumentan su producción drásticamente.

TABLA 7
EFICIENCIAS TÉCNICAS.

PROGRAMA	2006	2007	2008	2009	2010	PROMEDIOS
Arquitectura	0.98	0.93	0.89	0.57	0.56	0.79
Psicología	0.94	0.95	0.73	0.77	0.70	0.82
Trabajo Social	0.66	0.87	0.77	0.81	0.74	0.77
Ingeniería Agrícola	0.75	0.65	0.56	0.83	0.64	0.68
Ingeniería Sanitaria	0.54	0.65	0.82	0.76	0.68	0.69
Ingeniería Civil	0.99	0.75	0.67	0.56	0.77	0.75
Ingeniería Eléctrica	0.73	0.76	0.79	1.00	0.90	0.84
Ingeniería Electrónica	0.62	0.72	0.69	0.87	0.90	0.76
Ingeniería Mecánica	0.54	0.61	1.00	0.96	0.95	0.81
Ingeniería Química	0.92	0.53	1.00	0.99	0.89	0.87
Ingeniería de Sistemas	0.64	0.75	0.69	0.99	0.98	0.81
Ingeniería Industrial	0.79	0.67	0.71	0.98	0.97	0.83
Medicina y Cirugía	0.72	0.76	0.80	0.96	1.00	0.85
Economía	0.69	0.61	0.87	0.96	0.77	0.78
Química	1.00	0.79	0.71	0.75	0.65	0.78
Física	0.68	0.79	0.84	0.92	0.80	0.81
Lic. en Lenguas - Inglés	0.56	0.58	0.80	0.89	0.75	0.71
Contaduría Pública	0.43	0.69	0.85	0.52	0.80	0.66
Administración de Empresas	0.52	0.54	0.75	0.91	0.82	0.71
Tecnología en Electrónica	0.42	0.67	0.87	0.96	0.89	0.76
PROMEDIOS	0.71	0.71	0.79	0.85	0.81	

En general, se puede afirmar que, teniendo en cuenta que se trata de un proceso académico y que este no es un proceso productivo convencional, y además que se trata de una institución de educación pública, los valores de eficiencia son muy buenos teniendo en cuenta el bagaje empírico. Estos resultados están acordes, con los rankings mencionados en la introducción donde la universidad se destaca por su gran producción científica.

Como se expuso en los objetivos, el análisis de eficiencia resulta en últimas en un ranking que, ordena las unidades académicas desde la que presenta la mayor eficiencia en promedio hasta la que presenta el menor valor de eficiencia. La tabla 8 muestra este ranking. Se presentan los promedios por programa, de tal manera que, la mayor eficiencia promedio lograda en la muestra es de un 87% y la menor de un 66%.

TABLA 8

RANKING DE EFICIENCIA.

PROGRAMA	PROMEDIO
Ingeniería Química	0.87
Medicina y Cirugía	0.85
Ingeniería Eléctrica	0.84
Ingeniería Industrial Cali	0.83
Psicología Cali	0.82
Ingeniería de Sistemas Cali	0.81
Ingeniería Mecánica	0.81
Física	0.81
Arquitectura	0.79
Química	0.78
Economía	0.78
Trabajo Social Cali	0.77
Tecnología en Electrónica Cali	0.76
Ingeniería Electrónica	0.76
Ingeniería Civil	0.75
Lic. en Lenguas Extranjeras Inglés	0.71
Administración de Empresas Cali	0.71
Ingeniería Sanitaria	0.69
Ingeniería Agrícola	0.68
Contaduría Pública Cali	0.66

En el ranking podemos ver que, la unidad académica con más altos niveles de eficiencia es ingeniería química, con una eficiencia cercana al 81%, en la cola del ranking se ubican unidades como contaduría pública e ingeniería agrícola, con niveles de eficiencia cercanos al 70%.

No es extraño encontrar ingenierías en la cola del ranking, toda vez que estas enfrentan grandes costos para producir artículos de investigación, por la necesidad de experimentos físicos costosos en tiempo y dinero; no obstante, esto no es una apreciación general, ya que hay ingenierías tanto en la cola como en la punta del ranking.

El ranking de eficiencia aunque nos da una buena idea de la situación de las unidades académicas, en este caso teniendo en cuenta las eficiencias encontradas, podemos decir que incluso aquellas unidades ubicadas en la cola del ranking presentan niveles considerablemente buenos de eficiencia.

Ahora bien, cabe anotar que los datos, como se dijo arriba son tomados desde las primeras presentaciones del ECAES, de tal manera que los bajos puntajes de eficiencia que aparecen en el ranking en algunos programas, son promedios jalonados por los valores bajos de los primeros periodos, el último año (2010) muestra mejoras considerables y niveles de eficiencia desde un 56% (arquitectura) en el peor de los casos hasta un 100% (medicina) en el mejor. Lo cual quiere decir que la universidad va por una senda de asimilar los cambios académicos que supone la implementación de un examen como el ECAES y de aprovechar sus recursos racionalmente, de manera tal que exista una paridad aceptable entre producción científica y puntajes de los ECAES.

La tabla 9, muestra la evolución de la PTF y de sus componentes **SC**, **TP** y **TE** (de acuerdo a la ecuación 15), en todos los casos se ve que, los cambios en la productividad total de los factores son débilmente jalonados por los dos primeros componentes, el componente restante, es decir el componente de la eficiencia técnica, es el que jalona y en la mayoría de los casos explica más del 50% en los aumentos de productividad.

De modo que, los sucesivos cambios que muestra la universidad en eficiencia (tabla 7), han contribuido a variaciones drásticas de la productividad, de acuerdo a la definición del componente de eficiencia, las unidades académicas de la Universidad del Valle se mueven hacia la frontera optima de producción de ser estos positivos y en forma contraria si son negativos, como es el caso de arquitectura en el top del ranking, la cual se ha alejado de la frontera.

TABLA 9

PTF, TP, SC, TE. OBTENIDO DE LA ECUACION 15.

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	PROMEDIO			
PROGRAMA	PTF	PTF	PTF	PTF	PTF	TP	SC	TE	PTF
Arquitectura	18.21	18.08	-15.06	-9.05	-43.99	-0.07	0.06	-6.35	-6.36
Psicología	-23.15	-25.55	-3.37	-33.01	51.74	0.09	-1.25	-5.52	-6.67
Trabajo Social	-48.94	12.03	15.48	20.56	10.57	0.10	-0.87	2.71	1.94
I. Agrícola	3.14	-47.63	-56.74	-24.58	-86.26	0.03	-3.34	-39.11	-42.41
I.Sanitaria	-7.47	52.75	73.64	21.11	43.79	0.04	-1.40	38.12	36.77
I. Civil	-20.58	-19.68	-18.81	-9.63	-21.48	0.02	-0.43	-17.62	-18.04
I. Eléctrica	21.35	-12.10	3.10	1.18	39.52	0.06	1.06	9.49	10.61
I.Electrónica	6.30	-14.84	-9.67	-17.46	-19.55	-0.04	-4.32	-6.68	-11.04
I.Mecánica	-8.51	6.72	12.90	5.70	22.40	-0.02	-6.28	14.14	7.84
I.Química	-23.69	12.32	-11.46	59.26	19.24	0.07	1.99	9.08	11.13
I.Sistemas	38.46	-53.26	7.39	-13.17	-35.94	0.02	-6.38	-4.94	-11.31
I.Industrial	-3.30	16.85	-4.96	-14.97	20.31	-0.03	-5.52	8.33	2.79
Medicina y Cirugía	26.76	-4.53	-2.42	8.60	-15.83	-0.03	1.44	1.10	2.51
Economía	18.97	29.32	8.84	18.03	29.57	0.20	2.32	18.43	20.95
Química	49.50	-7.59	9.24	-2.30	-29.51	0.19	-3.75	7.43	3.87
Física	-8.39	-9.85	-60.31	-8.06	25.96	0.15	-0.54	-11.74	-12.13
Lic. L.E. Inglés	17.73	-20.60	35.36	-33.46	-33.61	0.15	1.00	-8.06	-6.92
Cont. Pública	-5.79	18.84	19.56	27.94	26.94	0.14	-11.18	28.54	17.50
Adm. Empresas	30.08	9.93	6.76	-23.86	-31.54	0.10	0.06	-1.89	-1.73
Tec. Electrónica	-20.37	-39.15	-19.25	9.02	31.31	0.04	31.48	-6.31	25.22
promedios	11.24	-3.90	-0.49	-0.91	0.18	0.06	-0.29	1.46	1.23

De tal manera que, aunque la universidad presenta niveles iniciales de eficiencia normales, las mejoras en el periodo de estudio han sido notables. Además, dado que, como se expuso arriba, la eficiencia es el principal componente del crecimiento de la productividad, se puede asegurar que la universidad seguirá aproximándose a su frontera óptima con el tiempo, esto está en concordancia con el parámetro δ que como se dijo arriba, resulta ser positivo, de tal manera que la eficiencia viene creciendo con el tiempo.

Teniendo en cuenta la evolución de la eficiencia, sintetizada en los cuadros 3 y 4, es posible ver que la eficiencia ha ido mejorando con el tiempo, pero no es claro si las brechas entre unas unidades y otras se han ido cerrando o abriéndose aún más. De ahí que sea necesario, hacer un análisis riguroso acerca de la convergencia en eficiencia de las unidades académicas, para esto se realiza a continuación un análisis de beta-convergencia propuesta por Baumol (1986).

7. ANALISIS DE BETA-CONVERGENCIA

La idea de un análisis de beta-convergencia es muy sencilla, se estima la relación entre el crecimiento de una magnitud en un periodo y el valor de dicha magnitud en el momento inicial, de tal manera que si la relación es inversa decimos que existe convergencia incondicional o absoluta en el sentido de Baumol. Planteado de este modo, si θ_1 es negativo y significativo, se puede decir que existe convergencia, de otro modo no existe.

La ecuación a estimar tiene la forma que se muestra en (10) y los resultados se muestran en la tabla 10.

$$\ln\left(\frac{ET_1}{ET_0}\right) = \theta_0 + \theta_1 \ln(ET_0) + \omega \quad [16]$$

Se estima este modelo por efectos fijos y aleatorios, la cuantía del coeficiente no es importante en este contexto, lo que importa es el signo, la tabla 10 muestra la estimación por efectos fijos, en los anexos se encuentra la estimación por efectos aleatorios. ambas estimaciones llegan a la misma conclusión.

TABLA 10
ESTIMACIÓN BETA-CONVERGENCIA

Coefficiente	Valor	P-Valor
θ_0	-0.44	0,000
θ_1	0.59	0.000

Como se ve en el tabla 10, el parámetro θ_1 es significativo a cualquier nivel de confianza y su signo es positivo. De tal manera que podemos afirmar que las unidades académicas de la universidad del Valle no convergen en sus niveles de eficiencia para este periodo, lo cual significa que las brechas entre unas unidades y otras no se van cerrando con el tiempo. El análisis de beta-convergencia, plantea que al existir convergencia, las unidades académicas que al principio del periodo de estudio mostraban niveles bajos de eficiencia, crecen a ritmos superiores que aquellos que empezaron en niveles más altos de eficiencia, lo cual no sucede como se muestra en las estimaciones de la eficiencia.

8. CONCLUSIONES

El presente trabajo abordó el tema de la eficiencia técnica al interior de la universidad del Valle, para este fin se estimó una función de producción mediante la metodología de fronteras de producción estocásticas, se elaboró un ranking de eficiencia, se precisó su contribución a los aumentos de productividad y se hizo un análisis de convergencia.

Los resultados mostraron un peso del capital mayor al de la mano de obra en la frontera de producción, se destacó el hecho de que los aumentos sucesivos del capital y del trabajo por sí solos no generaban aportes significativos al logro académico, en efecto una paridad estable entre trabajo, capital y cambio técnico, en últimas es lo que genera beneficios palpables en el logro académico.

El ranking de eficiencia, ubicó a la unidad Ingeniería Química como la mejor, unidades como, ingeniería agrícola, contabilidad y las licenciaturas en lenguas se ubicaron en la cola del ranking. Se hace necesario en este punto precisar desde el concepto de eficiencia, que muchas de las unidades que se ubican en la cola del ranking, tales como contabilidad y muchas de las ingenierías, son unidades que tienen grandes presupuestos asignados en relación a otras unidades, de tal manera que si su producción académica no es abismalmente superior a otras unidades van a salir desfavorecidas en el cálculo de la eficiencia, por la relación entre los recursos que se emplean y su producción académica.

Además de lo anterior, se destaca el hecho de que muchas de las unidades académicas ubicadas en la cola del ranking, son unidades que requieren incurrir en costos muy elevados para producir investigación, incluso el proceso de enseñanza a los estudiantes puede resultar más caro en una ingeniería que en una humanidad, en efecto, las ingenierías emplean el uso de laboratorios, salas especializadas y materiales físicos que son costosos.

La evolución de la eficiencia mostró que, en general las unidades académicas vienen en un proceso de aumento de su eficiencia, llegando en el 2010 a niveles que en muchos casos son superiores al 70%. De aquí se desprende el hecho que, las unidades académicas cada vez asimilan más su proceso a la consecución de pruebas sobresalientes en el ECAES y la producción científica como es usual en la Universidad del Valle sigue siendo de especial importancia en su planeación (teniendo en cuenta el número de grupos de investigación que reciben recursos).

El análisis de productividad dejó ver que, es en efecto la eficiencia el componente más importante en la evolución de la PTF, de forma tal que los cambios sucesivos de eficiencia han jalonado en su mayoría los cambios en la PTF.

Sabiendo que, las unidades en general vienen en un proceso de aumento de su eficiencia, se hizo un análisis de convergencia para saber si este crecimiento estaba cerrando las brechas de los primeros periodos; los resultados de la prueba de la beta-convergencia, mostraron que estas brechas no se han ido cerrando con el tiempo, por tanto no existe convergencia.

Se puede entonces aseverar, que en este estudio se encuentran niveles iniciales de eficiencia considerablemente buenos y mejoras notables durante el periodo de estudio, de forma tal que estos cambios sistemáticos han movido la PTF, aquellas unidades con más bajos niveles de eficiencia en los primeros periodos, han experimentado crecimientos que les ha servido para alcanzar buenos niveles de eficiencia, no obstante las brechas que tenían con respecto a las unidades más sobresalientes, no muestran una mejora sistemática.

9. ANEXO 1.

ESTIMACION DEL MODELO 9.

```
. xtset programa ao
      panel variable: programa (strongly balanced)
      time variable: ao, 1 to 5
      delta: 1 unit

. xtreg lncaes lnpubli, fe

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   100
Group variable: programa             Number of groups =    20

R-sq:  within = 0.5293                 Obs per group:  min =    5
      between = 0.0357                 avg =           5.0
      overall  = 0.0727                 max =           5

corr(u_i, Xb) = -0.9159                 F(1,79)         =   88.83
                                           Prob > F         =   0.0000
```

lncaes	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnpubli	.1899363	.020153	9.42	0.000	.1498228	.2300498
_cons	-.0501712	.0206984	-2.42	0.018	-.0913703	-.0089721
sigma_u	.11321536					
sigma_e	.03388832					
rho	.91777122	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(19, 79) = **9.00** Prob > F = **0.0000**

. estimates store fijos

```
. xtreg lncaes lnpubli, re

Random-effects GLS regression      Number of obs   =   100
Group variable: programa             Number of groups =    20

R-sq:  within = 0.5293                 Obs per group:  min =    5
      between = 0.0357                 avg =           5.0
      overall  = 0.0727                 max =           5

Random effects u_i ~ Gaussian         wald chi2(1)    =   22.63
corr(u_i, X) = 0 (assumed)           Prob > chi2     =   0.0000
```

lncaes	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
lnpubli	.0662186	.01392	4.76	0.000	.0389359	.0935014
_cons	.0751798	.0171942	4.37	0.000	.0414797	.1088799
sigma_u	.0319626					
sigma_e	.03388832					
rho	.47078134	(fraction of variance due to u_i)				

. estimates store aleatorio

. hausman fijos aleatorio

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) fijos	(B) aleatorio		
lnpubli	.1899363	.0662186	.1237177	.0145731

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
 B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(1) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
 = **72.07**
 Prob>chi2 = **0.0000**

10. ANEXO 2.

ESTIMACION DE LA FRONTERA DE PRODUCCION.

Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

instruction file = terminal

data file = tesisf.txt

Tech. Eff. Effects Frontier (see B&C 1993)

The model is a production function

The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	-0.33907719E+01	0.57460550E+01	-0.59010433E+00
beta 1	0.11132302E+00	0.59703279E+00	0.18646048E+00
beta 2	0.49751244E+00	0.63853675E+00	0.77914457E+00
beta 3	-0.11789342E+00	0.68587026E+00	-0.17188881E+00
beta 4	-0.65357429E-02	0.33109081E-01	-0.19740031E+00
beta 5	0.27810782E-01	0.29071462E-01	0.95663514E+00
beta 6	0.75469132E-01	0.11426273E+00	0.66048776E+00
beta 7	-0.39107735E-01	0.40565444E-01	-0.96406525E+00
beta 8	0.14905289E-01	0.34062238E-01	0.43758984E+00
beta 9	0.34961464E-01	0.44656696E-01	0.78289412E+00
sigma-squared	0.77689865E+00	log likelihood function = -0.12400356E+03	

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	-0.49272108E+01	0.44122829E+00	-0.11167033E+02
beta 1	0.26415600E+00	0.95441300E-01	0.27677327E+01
beta 2	0.26479246E+00	0.85144304E-01	0.31099257E+01
beta 3	0.51238269E+00	0.35214064E+00	0.14550513E+01
beta 4	0.29270069E-02	0.78114238E-02	0.37470850E+00
beta 5	0.21785771E-01	0.53291521E-02	0.40880371E+01
beta 6	0.97891775E-01	0.32681027E-01	0.29953702E+01
beta 7	-0.31022401E-01	0.54655913E-02	-0.56759459E+01
beta 8	-0.52366737E-01	0.15354259E-01	-0.34105674E+01
beta 9	0.53769843E-01	0.21737476E-01	0.24736010E+01
delta 0	0.36457691E+01	0.50303074E+00	0.72476069E+01
sigma-squared	0.49549707E+01	0.50244757E+00	0.98616671E+01
gamma	0.99999999E+00	0.36996960E-07	0.27029247E+08

log likelihood function = -0.95318765E+02

LR test of the one-sided error = 0.57369583E+02

with number of restrictions = 2

[note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 47

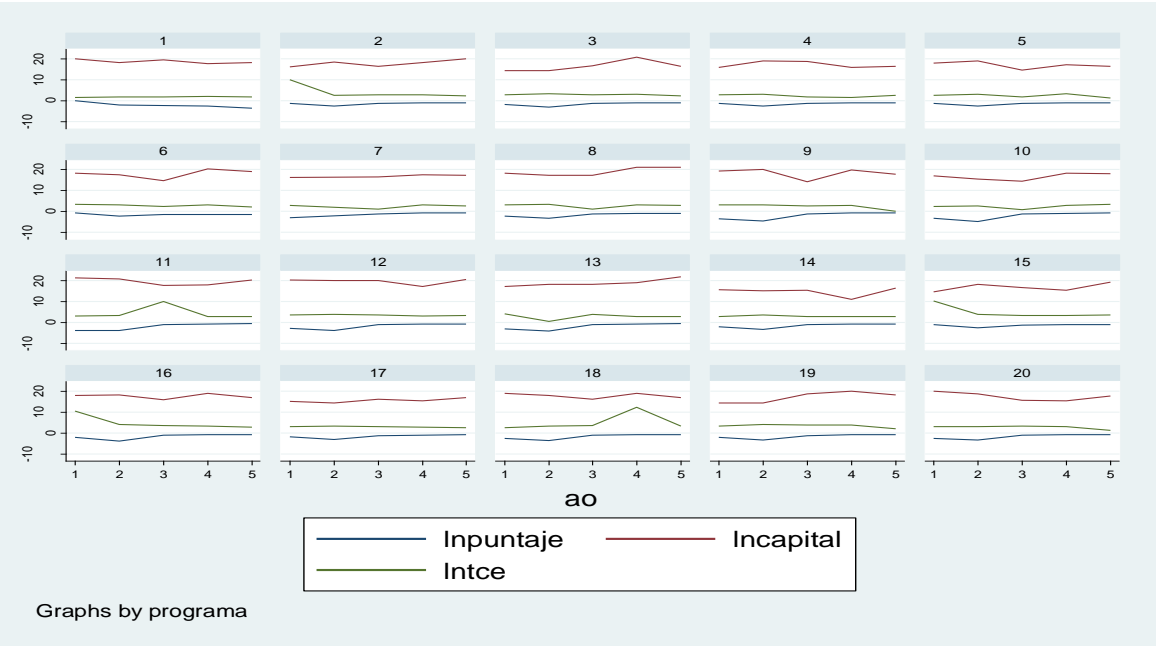
(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 20

number of time periods = 5

total number of observations = 100

thus there are: 0 obsns not in the panel



11. ANEXO 3. ESTIMACION PTF.

	2006				2007				2008				2009				2010				PROMEDIO			
	TP	SC	TE	PTF	TP	SC	TE	PTF	TP	SC	TE	PTF	TP	SC	TE	PTF	TP	SC	TE	PTF	TP	SC	TE	PTF
Arquitectura	-0.35	4.40	14.16	18.21	-0.14	2.22	16.01	18.08	-0.11	-2.48	-12.47	-15.06	0.09	-1.74	-7.40	-9.05	0.15	-2.09	0.54	-43.99	-0.07	0.06	-6.35	-6.36
Psicología	0.30	-7.58	-15.87	-23.15	-0.12	0.46	-25.89	-25.55	0.09	2.76	-6.22	-3.37	0.12	-0.33	-32.79	-33.01	0.08	-1.54	0.92	51.74	0.09	-1.25	-5.52	-6.67
Trabajo Social	0.01	-5.33	-43.62	-48.94	0.14	3.22	8.67	12.03	0.09	-0.06	15.45	15.48	-0.02	-4.09	24.68	20.56	0.27	1.93	1.00	10.57	0.10	-0.87	2.71	1.94
I. Agrícola	-0.08	-2.88	6.10	3.14	-0.11	-12.95	-34.56	-47.63	-0.08	-4.09	-52.57	-56.74	0.16	3.33	-28.08	-24.58	0.28	-0.10	0.42	-86.26	0.03	-3.34	-39.11	-42.41
I.Sanitaria	-0.19	-9.09	1.81	-7.47	-0.11	0.06	52.80	52.75	0.13	2.95	70.56	73.64	0.17	-1.09	22.03	21.11	0.21	0.16	0.65	43.79	0.04	-1.40	38.12	36.77
I. Civil	-0.17	1.62	-22.04	-20.58	-0.04	2.41	-22.05	-19.68	0.16	-0.08	-18.88	-18.81	0.01	-4.06	-5.59	-9.63	0.12	-2.07	0.53	-21.48	0.02	-0.43	-17.62	-18.04
I. Eléctrica	-0.08	3.81	17.62	21.35	-0.01	0.63	-12.72	-12.10	0.00	-2.09	5.19	3.10	0.15	2.08	-1.05	1.18	0.24	0.87	0.79	39.52	0.06	1.06	9.49	10.61
I.Electrónica	-0.18	-11.14	17.62	6.30	-0.01	-0.08	-14.75	-14.84	-0.04	-0.75	-8.88	-9.67	-0.03	-5.49	-11.94	-17.46	0.05	-4.16	0.67	-19.55	-0.04	-4.32	-6.68	-11.04
I.Mecánica	-0.23	-20.78	12.50	-8.51	-0.18	-16.04	22.95	6.72	0.20	1.67	11.02	12.90	0.03	1.38	4.29	5.70	0.07	2.39	0.82	22.40	-0.02	-6.28	14.14	7.84
I.Química	-0.15	4.67	-28.20	-23.69	0.05	4.80	7.47	12.32	0.09	-0.27	-11.28	-11.46	0.11	1.36	57.79	59.26	0.24	-0.62	1.00	19.24	0.07	1.99	9.08	11.13
I.Sistemas	-0.34	21.18	17.62	38.46	-0.20	-43.49	-9.58	-53.26	0.42	-7.68	14.65	7.39	0.11	0.26	-13.54	-13.17	0.09	-2.19	0.71	-35.94	0.02	-6.38	-4.94	-11.31
I.Industrial	-0.26	-22.96	19.91	-3.30	-0.13	5.87	11.10	16.85	-0.05	-11.03	6.12	-4.96	0.18	0.59	-15.73	-14.97	0.11	-0.06	0.87	20.31	-0.03	-5.52	8.33	2.79
Medicina y Cirugía	-0.06	9.20	17.62	26.76	-0.22	-0.83	-3.48	-4.53	0.05	2.07	-4.55	-2.42	0.07	-1.71	10.23	8.60	0.03	-1.55	0.76	-15.83	-0.03	1.44	1.10	2.51
Economía	-0.06	1.41	17.62	18.97	0.10	3.12	26.09	29.32	0.16	2.14	6.55	8.84	0.48	2.31	15.24	18.03	0.30	2.64	0.99	29.57	0.20	2.32	18.43	20.95
Química	0.39	-7.50	56.60	49.50	-0.03	-5.54	-2.01	-7.59	0.12	-1.10	10.22	9.24	0.27	-2.40	-0.17	-2.30	0.18	-2.22	0.75	-29.51	0.19	-3.75	7.43	3.87
Física	0.23	-1.47	-7.15	-8.39	-0.02	0.10	-9.93	-9.85	0.16	0.50	-60.97	-60.31	0.10	-3.26	-4.90	-8.06	0.27	1.41	0.96	25.96	0.15	-0.54	-11.74	-12.13
Lic. L.E. Inglés	-0.02	0.13	17.62	17.73	0.13	3.14	-23.88	-20.60	0.11	-0.30	35.55	35.36	0.25	1.98	-35.70	-33.46	0.26	0.03	0.68	-33.61	0.15	1.00	-8.06	-6.92
Cont. Pública	-0.24	-37.24	31.69	-5.79	-0.05	-6.85	25.74	18.84	0.14	0.00	19.42	19.56	0.58	-11.70	39.06	27.94	0.29	-0.12	0.89	26.94	0.14	-11.18	28.54	17.50
Adm. Empresas	0.04	5.56	24.48	30.08	0.18	2.59	7.16	9.93	0.03	-3.25	9.97	6.76	0.07	-3.77	-20.17	-23.86	0.16	-0.82	0.65	-31.54	0.10	0.06	-1.89	-1.73
Tec. Electrónica	-0.27	0.46	-20.56	-20.37	-0.11	-12.85	-26.19	-39.15	0.16	2.33	-21.74	-19.25	0.27	2.58	6.17	9.02	0.16	0.38	0.89	31.31	0.04	31.48	-6.31	25.22
promedios	-0.09	4.55	6.78	11.24	-0.04	-3.50	-0.35	-3.90	0.09	-0.94	0.36	-0.49	0.16	-1.19	0.12	-0.91	0.18	-0.39	0.77	0.18	0.06	-0.29	1.46	1.23

REFERENCIAS

Aguirre M; Roquefort J; Bravo V. (2003). "Análisis de Eficiencia Técnica de la Educación Media en la Séptima Región de Chile", documentos de trabajo, Universidad de Talca.

Recuperado del sitio web de *economics of education*.(<http://www.economicsofeducation.com/wp-content/uploads/oviedo2005/EF2.pdf>).

Aigner, D. J., C. A. K. Lovell, and P. Schmidt, Formulation and estimation of stochastic frontier production model, *Journal of Econometrics*, 1977, 6(1), pp. 21-37.

Barrera F; Gaviria A. (2003) "Efficiency of Colombian Schools", FEDESARROLLO, 2003, serie informes de investigación, 002436.

Battese, G.E. and G.S. Corra (1977), "Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21 (3), 169-179.

Battese, G. E. and T. J. Coelli 1988, Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalised frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics*, 38, pp. 387-399.

Battese, G. y T. Coelli (1992), "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India", *Journal of Productivity Analysis*, 3, pp. 153-169.

Baumol, William J, 1986. "Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-run Data Show," *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 76(5), 1072-85.

Chakraborty K. (2009) "Efficiency in Public Education – The Role of Socioeconomic Variables", Research in Applied Economics ISSN 1948-5433, 2009, Vol. 1 No.1.

Cruz E.(2004) "Measuring Technical Efficiency in Research of State Colleges and Universities in Region XI Using Data Envelopment Analysis", 9th National Convention on Statistics (NCS), University of Southeastern Philippines.

Farrell, M (1957). "The measurement of productive efficiency", Journal of the Royal Statistical Society, N° 120.

Fernández J; Rodríguez A; Sandulli F. (2007) "El Impacto Del Uso Efectivo De Las Tic Sobre La Eficiencia Técnica De Las Empresas Españolas", serie Estudios Gerenciales, 2007, Vol. 23 No. 103.

Iregui A; Melo L; Ramos J. (2007) "Análisis de eficiencia de la educación en Colombia" , Revista de Economía del Rosario, 10 (1): 21-41.

Jondrow, J., C. A. K. Lovell, I. S. Materov and P. Schmidt, On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production functions model, Journal of Econometrics, 1982, 19, pp.233-238.

Kumbhakar, S. C., and C. A. K. Lovell, Stochastic Frontier Analysis, 2000, Cambridge University Press.

Martín Rivero, R (2006). "La eficiencia en la asignación de recursos destinados a la Educación superior: el caso de la Universidad de La Laguna". Serie Tesis Doctorales. ISBN. 84-7756-680-1. Universidad de La Laguna, España.

Melo L.(2005)"Impacto de la Descentralización Fiscal sobre la Educación Pública Colombiana" Banco de la República, serie Borradores de Economía, No. 350.

Meusen W y Van Den Broeck J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas Production functions with composed error. *International Economic Review*, 1977; 18 (2): 435-444.

Mizala A; Romaguera P; Farren D.(1998) “The Technical Efficiency of Schools in Chile” Center for Applied Economics Department of Industrial Engineering University of Chile. Serie *APPLIED ECONOMICS*, Vol. 34 No. 12.

Núñez, J., Steiner, R., Cadena, X. & Pardo, R. (2002). ¿Cuáles colegios ofrecen mejor educación en Colombia?, Serie Documentos CEDE, Universidad de los Andes No.3, 2002.

Perdomo J; Hueth D; Mendieta J. (2003)” Factores que afectan la eficiencia técnica en el Sector Cafetero Colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos” *Revista Economía y Sociedad*, No. 60.

Piffano, H. (2005) “microeconomía aplicada a la educación superior”, preBI/SeDICI/UNLP.

Primont D; Domazlicky B.(2006) “ Student achievement and efficiency in Missouri schools and the No Child Left Behind Act”, *Economics Of Education Review*, Vol. 25, 2006. Department of Economics and Finance, Harrison College of Business, Southeast Missouri State University.

Piñeros, L., Rodríguez, A. (1998). “Los insumos escolares en la educación secundaria y su efecto sobre el rendimiento académico de los estudiantes: un estudio en Colombia”. LCSHD Paper Series 36. Banco Mundial, Departamento de Desarrollo Humano: Washington.

Rassouli Currier, Susanne (2007). “Assessing the Efficiency of Oklahoma Public Schools: A Data Envelopment Analysis”, *Southwestern Economic Review*, volume 34, 131-144 .

Sejias A. (2004). “Análisis de la Eficiencia Técnica en la Educación Secundaria”, Revista Galega de Economía , vol. 13, núm. 1-2 (2004), pp. 1-19.

Thasayaphan J. (2007) “The Technical Efficiency of Small-Size Public Schools Using Micro-Survey Data: A DEA and Bayesian Approach” National Institute of Development Administration (NIDA) Journal, Vol. 50, No. 4.

Tyagi P; Prasad S; Singh S.(2005) "Efficiency analysis of schools using DEA: A case study of Uttar Pradesh state in India" Department of Mathematics, IIT, Roorkee, India, Department of Humanities and Social Sciences, IIT, Roorkee, India. Recuperado de <http://astro.temple.edu/~banker/dea2009/paper/Tyagi.pdf>.

