



PROGRAMA DE DOCTORADO EN ECONOMÍA Y
GESTIÓN EMPRESARIAL

INFLUENCIA DE LOS RECURSOS Y CAPACIDADES EN
EL RENDIMIENTO EMPRESARIAL: UN ANÁLISIS
EMPÍRICO

Tesis doctoral presentada por
JAVIER DIAZ CASTRO

2020



INFLUENCIA DE LOS RECURSOS Y CAPACIDADES EN
EL RENDIMIENTO EMPRESARIAL: UN ANÁLISIS
EMPÍRICO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ECONOMÍA Y GESTIÓN
EMPRESARIAL

Tesis doctoral presentada por JAVIER DIAZ CASTRO

Directores

Dr JUSTO DE JORGE MORENO

Dra CRISTINA SUAREZ GALVEZ

ALCALÀ DE HENARES

2020

Agradecimientos

A la Universidad de Alcalá. (Madrid-España)

A la Escuela Superior de Administración Pública. (Colombia)

A la Universidad delos Llanos (Colombia)

A mis directores: Dr Justo de Jorge Moreno y la Dra Cristina Suárez Gálvez.

Tabla de contenido

Capítulo 1	13
1. Productividad, eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010.....	13
1.1. Análisis del sector de la construcción en el campo macroeconómico.....	15
1.2. Datos y variables utilizadas	19
1.3. Metodología	21
1.4. Medición de la eficiencia.....	21
1.5. Análisis del crecimiento de la productividad y sus componentes.....	23
1.6. Análisis de los determinantes de la eficiencia	24
1.7. Resultados.....	25
1.8. Conclusiones.....	30
Capítulo 2.....	33
2. Análisis de la eficiencia y factores explicativos de la gestión de los municipios del departamento del Meta, Colombia.....	33
2.1. Datos, variables utilizadas y metodología	35
2.1.1. Datos y variables	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Metodología	37
2.3. Resultados.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1. Primera fase	¡Error! Marcador no definido.

2.3.2.	Análisis de la distribución de la eficiencia global	43
2.3.3.	Segunda Fase	48
2.3.4.	Factores explicativos de la eficiencia	55
2.4.	Conclusiones	56
Capítulo 3.....		60
3. Análisis de la productividad, eficiencia y sus factores explicativos: El caso de las empresas colombianas 2005-2010.....		60
3.1.	Datos y variables utilizadas	63
3.2.	Resultados	64
3.3.	Medición de la eficiencia.....	64
3.4.	Conclusiones	88

Índice de Tablas

Tabla 1. Tasa de supervivencia de las empresas colombianas para toda economía y para el sector de la Construcción	18
Tabla 2. Tasa de supervivencia de las empresas para el sector de la construcción por departamento	19
Tabla 3. Estadística descriptiva	21
Tabla 4. Cambio en productividad, Cambio Técnico y Cambio en Eficiencia	21
Tabla 5. Eficiencia media, tasa de crecimiento y número de eficiencia por sector.	26
Tabla 6. Coeficiente de correlación de rangos de Spearman entre las medidas de eficiencia	29
Tabla 7. Resultados de los factores determinantes de la eficiencia por sectores y global.	30
Tabla 8. Estructura de la muestra analizada	37
Tabla 9. Estadística descriptiva.	38
Tabla 10. Valores medios y tasas de crecimiento de la eficiencia global por departamento (2006-2014)	42
Tabla 11. Principales características de los municipios del Meta	50
Tabla 11.1. Relación de municipios que han establecido las fronteras por sectores y modelos	52
Tabla 11.2. Eficiencia media según modelos con frontera intertemporal con RVE 2010-2014	53
Tabla 12. Contrastes de diferencias de media de eficiencia según modelos	55
Tabla 13. Factores explicativos de la eficiencia	57
Tabla 14. Revisión de la literatura	62
Tabla 15. Índices de eficiencia de los sectores analizados años inicial y final	68
Tabla 16. Contrastes estadísticos de igualdad de densidades kernel	72
Tabla 17. Crecimiento de la productividad y sus componentes (valores medios 2005-2010)	79
Tabla 18. Formación de grupos según las causas Cambio técnico o en eficiencia	80
Tabla 19. Factores explicativos de la eficiencia	85
Tabla 20. Factores explicativos de la eficiencia con inclusión de efecto crisis	89

Índice de gráficas

Gráfica 1. Evolución del PIB en Construcción.	17
Gráfica 2. Evolución de la participación del sector de la construcción PIB.	17
Gráfica 3. Gráficos vioplot de la eficiencia global	45
Gráfica 4. Kernels estocásticos y gráficos de contorno de la eficiencia global.	47
Gráfica 3. Gráficos de contorno de la eficiencia global 2006-2014 para la región del Llano y departamento del Meta.	49
Gráfica 6. Análisis clúster de los municipios del meta	51
Gráfica 7. Gráficos violín de la eficiencia según modelos.	54
Gráfica 8. Representación de los municipios según sus niveles de eficiencia	56
Gráfica 94. Evolución de la eficiencia por grupos de sectores.	70
Gráfica 50. Box Plot de la eficiencia por sectores.	71
Gráfica 11. Contraste de funciones de densidad kernel.	74
Gráfica 62. Dinámica intra-distribucional según sectores seleccionados (2005-2010).	77
Gráfica 13. Evolución de la productividad y sus componentes.	82
Gráfica 14. Niveles de productividad por percentiles según departamentos en Colombia	85

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Formula DEA.	23
Ecuación 2. Índice de Malmquist.	24
Ecuación 3. Modelo Tobit.	25
Ecuación 4. Formula DEA.	40
Ecuación 5. Modelo Tobit.	41
Ecuación 6. Formula DEA.	66
Ecuación 7. Formula de Malmquist.	78
Ecuación 8. Formula de eficiencia productiva.	78
Ecuación 9. Modelo Tobit.	86
Ecuación 10. Valores de la eficiencia.	87

Introducción general

Actualmente, desde el campo de la gestión empresarial y de la visión económica hablar de productividad y eficiencia es primordial ya que a través de estas se logran grandes beneficios como las ventajas competitivas que sirven como escenario para que cualquier empresa o sector incrementen los ingresos reales. Este es un concepto que puede aplicarse a diversos ámbitos, un ejemplo de esto lo expresa Krugman (1994) al exponer que, en el caso de un país, la eficiencia se mide a través de la productividad lo que genera un bienestar general para la población a largo plazo.

Tal como lo establecen Coelli, Rao, O'Donnell y Battese (2005), en el campo de la empresa la eficiencia es el resultado de las mejoras en niveles de productividad por medio de la optimización de los recursos. Esta productividad se define como la capacidad que tiene la empresa de generar a partir de los factores de producción los input y output necesarios para impactar la rentabilidad.

Para Parkin, (1995); Hulten, (2000) y De Guevara, (2011), citado por Miro (2017) definen la productividad como una razón matemática entre los output producidos sobre los input utilizados.

Es decir, ambas categorías conceptuales buscan mejorar la calidad del desarrollo económico de los sectores, así como la evidenciación del mejoramiento de la calidad de vida y desarrollo de la población relacionada. Por lo que estas no son absolutamente independientes ya que la eficiencia depende de factores como la productividad y calidad de la misma, y en el caso de la productividad

esta se relaciona con los aspectos de rendimiento de mano de obra, innovación o automatización de procesos que terminan generando eficiencia. Por lo que autores como Carro y Gonzalez (s.f.):

La eficiencia de un proceso productivo puede medirse mediante una amplia variedad de criterios. Se dice que el proceso es muy eficiente si tiene una productividad muy elevada: grandes resultados (outputs) por unidad de consumo (inputs). Así mismo puede decirse que el proceso productivo es eficiente porque se trabaja a una calidad alta, minimizando costos y gastos en todos los procesos.

Asimismo, es posible que el proceso sea muy eficiente porque produce a costos muy bajos. También sería correcto afirmar que el proceso es muy eficiente porque tiene un ciclo de respuesta muy corto. Esto, a su vez, permite ofrecer un servicio extraordinario a los clientes, sirviendo sus pedidos con gran rapidez. Finalmente, los procesos serán altamente eficientes porque la tecnología empleada es altamente productiva con mínima inversión.

Por lo que su aplicación en diversos escenarios sirve para comprender qué tan eficiente y productivo es una empresa o un sector en particular, en el caso de la investigación esta busca el desarrollo de estas dos categorías y sus factores de explicación a diversos sectores de Colombia, visibilizando desde diversos niveles cuál es el grado de eficiencia y productividad que existe en estos. Por esto, se eligieron sectores como la construcción, la gestión de municipios y las empresas de sector agrícola, servicios y manufactura. En cada uno de ellos se buscó a través de instrumentos econométricos conocer cual es el nivel y evolución de la eficiencia y productividad.

Todo esto con el fin de observar cómo la medición de estas permite tener un panorama general de cómo se aplica, se transforma, o transcurre la eficiencia en el país, destacando sus concentraciones y dispersiones en el territorio. Aportando la base para modelar futuros proyectos

que busquen la distribución eficiente de los bienes y servicios que se tienen o se adquieren de manera general. De este modo, se hizo uso de un método no paramétrico para la medición de las variables en los sectores, el cual se basa en tres supuestos básicos como lo son:

Dentro de los modelos que mas se usan esta el Análisis Envoltente de Datos o *Data Envelopment Analysis* (DEA) el cual se basa en la programación matemática que permite lograr un escenario donde existe una frontera que encierra la eficiencia, a través de las combinaciones convexas de las unidades que son productivas dejando por fuera las que no lo son. Este no requiere de hipótesis, ya que sirve en casos donde los datos no son tan bien conocidos. En este sentido, en el primer capítulo se presentan los resultados enfocados en la productividad, eficiencia y sus factores de explicación en el sector de la construcción colombiana entre el 2005 y el 2010, por lo que mediante el uso de DEA se busca analizar los sectores de la construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias.

Con el fin de aportar al vacío teórico y práctico que existe en este sector, respondiendo a preguntas como ¿Existen diferencias de crecimiento de la productividad y la eficiencia intersectorial en los sectores de la construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias en Colombia? Por lo que en su primera parte se analiza el entorno del sector de la construcción en comparación con la totalidad de los sectores de la economía colombiana, luego se describen las variables de estudio, y finalmente se presentan sus resultados de la eficiencia a través del DEA. En el caso de la productividad y sus factores explicativos estos se delimitan mediante del índice de Malmquist, basados en el *output* de las empresas.

En el capítulo dos se presenta el análisis de la eficiencia y sus factores de explicación de la gestión de los municipios del departamento del Meta en Colombia, con el objetivo de conocer cómo se gestionan los recursos de los 29 departamentos en relación a la provisión de los bienes y servicios a los ciudadanos entre 2010 y 2014. Asimismo, aborda un análisis complementario de la eficiencia global de los municipios de Colombia en el marco temporal del periodo 2006-2014. De este modo, las variables usadas en el análisis de datos fueron proporcionadas por Departamento de Planeación Nacional (DNP) abordando tres ámbitos: educación, salud y agua potable. Por tanto, para el análisis de la eficiencia global se hizo uso de las funciones de densidad de Kernel para observar de forma tridimensional el comparativo de los departamentos del país en relación al Meta entre 2006-2014, 2006-2010 y 2010-2014. En la segunda parte se realiza el análisis DEA respecto a la eficiencia los municipios del departamento del Meta con el fin de determinar sus factores de explicación, por medio de una regresión Tobit.

En el capítulo tres se presenta un análisis en relación a la productividad, eficiencia y sus factores explicativos en las empresas colombianas entre el 2005 y el 2010, para esto se hizo uso de los datos arrojados por la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), administrada por el DANE, donde se analizarán 27 sectores de agricultura, servicios y manufactura que suponen un panel completo de 6348 empresas/año, mediante variables relevantes como las ventas, el activo, los consumos intermedios, y los gastos de personal, todo esto mediante el DEA. Todo esto con el fin de identificar de manera general cual ha sido el nivel de eficiencia que han tenido los sectores colombianos. Finalmente, se evidencian las conclusiones generales de la investigación.

Capítulo 1

1. Productividad, eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010

El sector de la construcción en Colombia ha tenido grandes avances en los últimos años y ha generado un impacto significativo en todo el contexto de la economía colombiana. No sólo es evidente de que el sector de la construcción se encuentra en una fase expansiva, sino que también su participación dentro del PIB (Producto Interno Bruto) ha ganado mayor importancia después de la crisis de 1999 (Camacol, 2008).

El análisis del sector de la construcción, desde una perspectiva macroeconómica, ha sido analizado por diversos autores como Herrera (1988), Junguito, López, Misas y Sarmiento (1995), Cárdenas, Cadena y Quintero (2004), Cárdenas y Hernández (2006), entre otros. Estos autores utilizan modelos econométricos con ecuaciones de oferta y demanda. Sus objetivos se establecen en algunos casos con relación al análisis del rendimiento del sector. En el caso de Herrera (1988), por medio de las licencias de construcción y los determinantes de aquel como el crédito para la financiación de viviendas, crecimiento económico del PIB per cápita, el precio relativo de la vivienda y la tasa de interés real. Otros autores como Cárdenas, Cadena y Quintero (2004), utilizan los desembolsos de crédito, la tasa hipotecaria y de desempleo, las remesas y los flujos de capital exterior.

La perspectiva que adopta este trabajo es microeconómica en el campo de las empresas. En particular, los objetivos que se plantean se relacionan con el análisis de la productividad, la

eficiencia y sus factores determinantes con métodos frontera no paramétricos DEA (*Data Envelopment Analysis*) para el periodo 2005-2010 y para cuatro sectores de actividad: construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias. A pesar de la proliferación de trabajos que emplean esta misma metodología para los sectores colombianos, como por ejemplo los realizados por Polanía (1999), Peñaloza (2003) y Pinzón (2003) en el sector de hospitales; López y Palacios (2002), Janna (2003) y Almanza Ramírez (2012) en el sector bancario; Visbal (2004): sector educativo; Ruiz (2004) en las instituciones jurídicas; Rojas (2005) en el sector seguros; castro y Salazar (2011) en el sector agroquímico, ningún trabajo ha analizado el sector de la construcción desde la perspectiva que aborda este trabajo. De ámbito internacional pueden considerarse los trabajos de Chiang, Li, Tracy y Choi (2013), que analizan los sectores de la construcción en Hong Kong; los de Wang, Ye y Yuan (2010) en Shanghái, o de Chiang, Cheng y Tang (2006) en Japón, entre otros.

Con estas consideraciones y con objeto de aportar a este vacío existente en el campo de la literatura empírica en el contexto colombiano, el presente trabajo aborda los siguientes objetivos atendiendo a los diferentes sectores de actividad: a) el análisis comparativo del crecimiento de la productividad y sus componentes y b) los factores explicativos de la eficiencia. En concreto, se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Existen diferencias de crecimiento de la productividad y la eficiencia intersectorial en los sectores de la construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias en Colombia? ¿Cuáles son los factores explicativos de la eficiencia y qué relación guarda la evolución de esta con la dinámica de los mercados y el desarrollo económico?

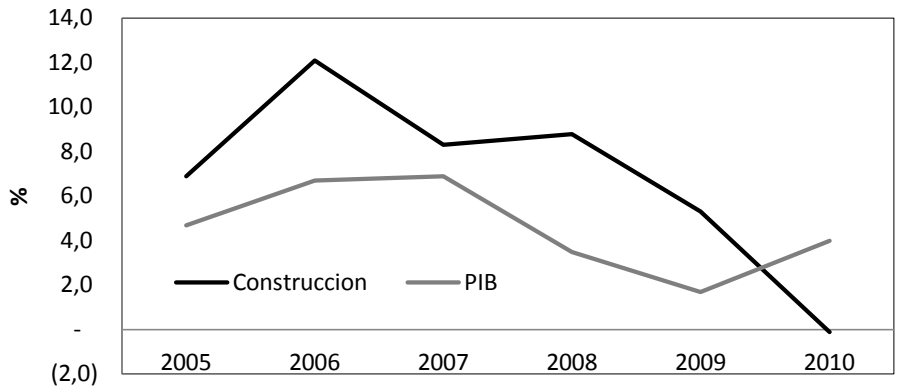
Una vez definidos los objetivos, el trabajo se organiza de la siguiente manera, en la primera sección, se analiza el entorno del sector de la construcción en comparación con la totalidad de los

sectores de la economía colombiana; en la siguiente sección, se describen las principales características descriptivas de las variables utilizadas; a continuación, se aborda la metodología utilizada; luego se presentan los resultados: medición de la productividad, eficiencia y sus factores explicativos. Finalmente, se recogen las principales conclusiones de esta primera parte de la investigación.

1.1. Análisis del sector de la construcción en el campo macroeconómico.

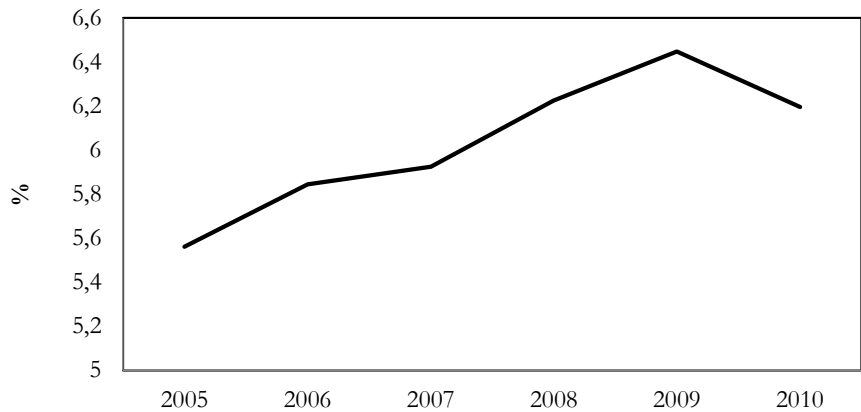
El subsector de edificaciones agrupa las actividades de edificaciones residenciales, reparación de edificios, mantenimiento y alquiler de equipos para la construcción. Además, el subsector de obras civiles e infraestructura agrupa las actividades de construcción de carreteras, puentes, túneles, puertos, etc.

La evolución histórica del PIB del sector de la construcción a precios constantes evidencia una tendencia decreciente desde el 2006 al 2010, con una caída significativa en este mismo año, del 0,1% (ver Gráfica 1). Además, la economía colombiana experimenta un crecimiento en el periodo 2005-2007 y decrecimiento entre 2007-2009. La evolución de la industria de la construcción en Colombia, en términos de la participación media del sector en el PIB total en el periodo 2005-2010 es de un 6,03%; siendo un sector que genera empleo de manera significativa. Según datos de Camacol (2010) existen 1.250.000 personas vinculadas a este sector.



Gráfica 7. Evolución del PIB en Construcción. Fuente: elaboración propia con datos de DANE.

En la Gráfica 2 se observa la participación del sector de la construcción en el total de la producción del país, logrando una participación creciente (con la excepción de la caída 2009-2010).



Gráfica 8. Evolución de la participación del sector de la construcción PIB. Fuente: elaboración propia con datos de DANE

Análisis de la demografía de empresas colombianas con especial énfasis en el sector de la construcción

Los datos de demografía empresarial se pueden utilizar para analizar la dinámica de los diferentes mercados, por ejemplo: el espíritu empresarial en cuanto a la propensión a iniciar un nuevo negocio o la contribución de las empresas a la creación de puestos de trabajo (Brandt, 2004). En esta sección se analiza la información relativa a las tasas de supervivencia de las empresas (esta variable se expresa como proporción de empresas o negocios creados con relación a los que sobreviven —empresas creadas - empresas muertas—) en el periodo de referencia.

Las tasas de supervivencia que se recogen en la Tabla 1, referida a la globalidad de sectores de la economía colombiana y al sector de la construcción, han sido calculadas en el año t, debido al tipo de información disponible en el DANE de carácter agregado. La evolución de las empresas que muestra una mayor tasa de supervivencia en el sector de la construcción que el resto de la economía. En particular, la tasa media para el periodo completo es del 76,75% para la economía frente al 83,59% para la construcción. El año con mayor tasa de crecimiento para la economía y el sector de la construcción ha sido: 2010 (80,36%) para la economía y 2008 para el sector de la construcción (92,09%). Mientras que la menor tasa se encuentra en el 2005 para ambos bloques.

Tabla 1

Tasa de supervivencia de las empresas colombianas para toda economía y para el sector de la Construcción

Tasa de supervivencia	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Todas	73.55	73.27	76.50	79.37	77.47	80.36	76.75
Construcción	75.96	80.29	82.68	92.09	83.21	87.33	83.59

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE

Desde el punto de vista regional, la Tabla 2 muestra la tasa de supervivencia por departamento/año y para el periodo completo. La mayor tasa de supervivencia se encuentra en las empresas situadas en los nuevos departamentos, Caquetá con 100%, sucre 96,5%; La guajira 92,3% y Arauca 91,7%. La menor tasa de supervivencia se encuentra en Quindío con 12,2%, caldas 54,4% y cauca 61,9%. En algunos departamentos no se ha producido ningún dinamismo por entrada o salida de empresas en alguno de los años analizados.

Tabla 2
Tasa de supervivencia de las empresas para el sector de la construcción por departamento

Departamentos	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Amazonas	-	-	-	50.0	-	100.0	75.0
Atlántico	70.9	79.2	83.9	93.3	86.3	91.2	84.1
Boyacá	90.6	68.2	73.9	91.8	82.5	89.1	82.7
Casanare	75.0	85.5	80.8	94.0	76.2	95.8	84.5
Chocó	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	-	80.0
Huila	59.1	76.7	78.6	99.7	89.8	86.4	81.7
Nariño	71.4	60.0	66.7	78.9	83.3	75.0	72.6
Quindío	0.0	166.7	72.7	63.2	18.8	85.2	12.2
Santander	72.9	76.5	90.8	92.5	83.9	85.1	83.6
Valle del Cauca	-	-	-	-	70.5	84.3	77.4
Antioquia	72.5	83.5	78.5	81.7	81.5	86.1	80.6
Bogotá (Cundimarca)	80.2	82.8	84.7	86.6	85.9	88.5	84.8
Caldas	61.9	11.1	50.0	61.3	66.7	75.6	54.4
Cauca	50.0	14.3	62.5	83.3	80.0	81.3	61.9
Córdoba	-	-	-	-	47.4	91.3	69.3
Magdalena	80.8	75.0	78.9	90.6	43.8	79.4	74.8
Norte Santander	55.6	73.3	75.0	86.8	86.4	78.8	76.0
Risaralda	62.1	63.3	71.1	80.6	80.0	81.1	73.0
Sucre	95.2	100.0	90.9	100.0	-	-	96.5
Arauca	100.0	83.3	90.0	96.6	88.9	91.7	91.7
Bolívar	-	-	-	-	84.7	85.3	85.0
Caquetá	100.0	-	-	100.0	100.0	100.0	100.0
César	75.0	0.0	100.0	100.0	94.1	90.9	76.7
La Guajira	75.0	93.3	93.3	100.0	96.9	95.2	92.3
Meta	58.1	71.7	78.5	93.9	80.0	82.9	77.5
Nuevos dptos.	-	-	-	-	100.0	100.0	100.0
San Andrés	100.0	-	-	-	-	80.0	90.0

Tolima	42.3	85.0	75.8	80.5	57.1	78.0	69.8
TOTAL	76.0	80.3	82.7	92.1	83.2	87.3	83.6

Fuente: elaboración propia con datos de DANE

1.2. Datos y variables utilizadas

La base de datos utilizadas en este trabajo se elaboró a partir de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), suministrada por el departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de la agencia nacional de estadística de Colombia, descrita en detalle por Roberts y Tybout (1996) para el periodo 2005-2010. Las empresas analizadas pertenecen a cuatro sectores de la construcción (construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias) que suponen un panel completo de empresas y para las que se tiene información sobre las variables relevantes utilizadas, que son: las ventas, como medida de la producción; el activo, como medida del capital; los consumos intermedios, y los gastos de personal.

A los efectos del análisis de eficiencia, que más adelante se expondrá, hubiese sido deseable que tanto el consumo de materiales como el flujo de servicios se expresasen en unidades físicas; sin embargo, las limitaciones de la información disponible obligan a tomar directamente las variables contables, expresadas en unidades monetarias constantes. La elección de los gastos de personal en lugar del número de empleados se debe a la ausencia de esta. No obstante, las variables utilizadas en *input* y *output* siguen las recomendaciones de la literatura de Donthu y Yoo (1998) y utilizadas por de Jorge Moreno y Sanz Triguero (2010) y de Jorge Moreno y Suárez (2010), entre otros. En el Tabla 3 se muestra la estadística descriptiva de estas variables para los años del análisis. Dado el ámbito temporal del estudio, todas las variables se expresan en miles de pesos

colombianos. La conversión a pesos constantes se ha realizado utilizando el de actor implícito del PIB del sector de la construcción.

Tabla 3

Estadística descriptiva.

Sector	N° Obs.	Ventas	Consumos	Salarios	Activo
Construcción de obras residenciales	1356	1692 (4980.9)	1359 (4266.0)	147 (324.9)	3361 (12051.6)
Construcción de obras civiles	1380	22 (637.3)	1886 (4362.4)	169 (374.0)	2531 (7883.1)
Adecuación de obras de construcción	978	1254 (3108.4)	1027 (2781.2)	122 (206.4)	1555 (3871.8)
Actividades inmobiliarias	654	356 (982.9)	179 (585.0)	117 (380.9)	896 (3871.8)

Fuente: elaboración propia con datos de DANE

Tabla 4

Cambio en productividad, Cambio Técnico y Cambio en Eficiencia

Sec. Obras Residenciales	CEFT	CT	MALM
2005-2006	0.920	1.095	1.008
2006-2007	1.009	0.982	0.991
2007-2008	1.044	0.968	1.010
2008-2009	1.011	1.016	1.028
2009-2010	0.847	1.112	0.942
Media	0.964	1.033	0.995
Sec. Obras Civiles	CEFT	CT	MALM
2005-2006	1.104	0.917	1.012
2006-2007	0.925	1.122	1.037
2007-2008	0.698	1.387	0.968
2008-2009	0.923	1.017	0.939
2009-2010	1.062	0.902	0.958
Media	0.931	1.055	0.982
Sec. Adecuación Obras Cons.	CEFT	CT	MALM
2005-2006	1.115	0.892	0.994
2006-2007	1.092	0.935	1.021
2007-2008	1.039	1	0.982

2008-2009	0.928	1.088	1.010
2009-2010	1.114	0.896	0.998
Media	1.055	0.949	1.001
Sec. Actividades Inmobiliarias	CEFT	CT	MALM
2005-2006	1.217	0.772	0.940
2006-2007	0.965	1.054	1.017
2007-2008	1.107	0.931	1.031
2008-2009	1.102	0.835	0.920
2009-2010	1.031	0.957	0.986
Media	1.081	0.904	0.978

Fuente: elaboración propia con datos de DANE

1.3. Metodología

La metodología seguida en este capítulo se realiza en tres etapas: medida de la eficiencia; análisis del crecimiento de la productividad y sus componentes, y análisis de los determinantes de la eficiencia.

1.3.1. Medición de la eficiencia

En la primera se lleva a cabo el análisis de la eficiencia utilizando fronteras no paramétricas (DEA). En esta primera fase, la eficiencia es analizada para cada uno de los sectores propuestos y para cada año en el periodo 2005-2010. Igualmente, se determinan las estimaciones correspondientes al cambio productivo por medio del índice de Malmquist y sus componentes. En la segunda etapa, se utilizan los índices de eficiencia estimados en la primera como variable explicativa y los factores determinantes de la eficiencia (cuota de mercado, tamaño empresarial, crecimiento regional y tiempo) como variables independientes.

Algunas de las justificaciones del DEA (*Data Envelopment Analysis*) radican en poder explotar al máximo los datos de los que se disponen y la técnica de programación lineal puede realizar adecuadamente ese cometido. Si comparamos esta metodología con los análisis paramétricos SFA

(*Stochastic Frontier Analysis*), el DEA muestra algunas ventajas. Así, permite introducir en los análisis múltiples *inputs* y *outputs* medidos en distintas unidades, explora los orígenes de la ineficiencia cuantificando el sobreuso de *inputs* o las cantidades de *output* necesarias y, además, no requiere realizar ninguna hipótesis inicial sobre la forma específica de la frontera de producción. Estas circunstancias han motivado la elección del DEA en este trabajo. sin embargo, es preciso advertir que los resultados pueden estar limitados por distintas debilidades de esta metodología, tales como la influencia de los datos atípicos y la imposibilidad de realizar inferencias estadísticas y contrastes de hipótesis¹.

La formulación DEA del modelo CCR de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) bajo rendimientos de escala constantes (en adelante RcE) es la siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Max. } \Theta \\ & \text{s.a (1) } Y_r \Theta \geq 0 \\ & X_l x_i \Theta \leq 0 \end{aligned}$$

Ecuación 1. Formula DEA. Fuente: elaboración propia.

Donde Θ indica la distancia en *outputs* a la envolvente de datos, es decir, la medida de eficiencia. Y_r el número de *outputs* $(1, 2, \dots, r) \in R_+^n$ producidos por la unidad evaluada (DMU), x_i el número de *inputs* $(1, \dots, i) \in R_+^n$. X es la matriz de *inputs* de orden $(m \times n)$. Y es la matriz de

¹ Para remediar en parte estas de ciencias, se ha utilizado la metodología propuesta por Wilson (1993) en la detección de outsiders. También es importante considerar que esta técnica ha sido empleada en más de 1.800 artículos publicados en más de 400 revistas científicas (Gattou, Oral y Reisman, 2004)

outputs de orden $(s \times n)$. l es el vector $(n \times 1)$ de pesos o intensidades. x_t e y_t representan los vectores de *inputs* y *outputs*, respectivamente. La técnica DEA puede operar bajo rendimientos de escala variables (en adelante RVE), modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984), indicando el valor de la eficiencia técnica pura (ETP). En este caso, debe considerarse la restricción: $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1; j = 1, \dots, n$.

El cálculo de la eficiencia sobre las mismas unidades de decisión considerando VRS y CRS facilita la determinación de la eficiencia de escala (EE), a través del cociente entre la eficiencia técnica global (ETG) y la ETP, tal como se indica a continuación: $EE = w/p$. En este sentido, se considera que la ineficiencia técnica pura procede del consumo excesivo de los recursos del que dispone la empresa para el nivel de producción de *outputs* que realiza. sin embargo, la ineficiencia de escala se origina cuando la empresa produce por debajo o por encima de su capacidad productiva y tiene lugar cuando el valor de la ETG es menor que el valor de la ETP. Como ya se mencionó, suponemos orientación *outputs* dado el interés de la maximización del mismo que los gestores pueden tener y rendimientos variables de escala como consecuencia de la imperfección del mercado o las posibles restricciones financieras (véanse Coelli, Prasada y Battese, 2002).

1.3.2. Análisis del crecimiento de la productividad y sus componentes

La medida de cambio productivo y técnico entre dos periodos de tiempo se obtiene a través del índice de Malmquist. En este trabajo se utiliza este índice basado en el *output*. La ilustración del índice de Malmquist (en adelante MALM), siguiendo a Grosskopf (1993), quedaría recogida en la siguiente ecuación:

$$m_i(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_i^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_i^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_i^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

Ecuación 2. índice de Malmquist. Fuente: elaboración propia.

Que representa la productividad del punto de producción (x_{t+1}, y_{t+1}) relativo al punto de producción (x_t, y_t) . Un valor mayor que $MALM > 1$ indicaría un crecimiento positivo de la productividad total de los factores desde el periodo t a $t + 1$. Este índice es la media geométrica de dos índices *inputsbase* (MALM). Un índice tecnológico utilizado en el periodo t y otro en $t + 1$. Las estimaciones correspondientes al cambio productivo, representado por el índice de Malmquist (MALM), y a su descomposición en cambio en la eficiencia técnica (CEFT) y cambio técnico (CT), se han realizado comparando periodos adyacentes, permitiendo que cambie la tecnología.

1.3.3. Análisis de los determinantes de la eficiencia

Una vez determinada la eficiencia (q_i) de las empresas por sector, en una segunda etapa se analizarán los factores que la explican (acercan o alejan de la frontera) a través de un vector de variables, $z = (z_1, z_l, z_L)$. Dadas las características de la variable al estar truncada en su valor máximo de 1, se utilizará un modelo Tobit como suele ser habitual en la literatura, dada la naturaleza de truncamiento del índice de eficiencia.

$$\theta_i = f(Z_i, \beta_i) + \varepsilon_i$$

$$\Theta_i = \beta_0 + \beta_1 Tam + \beta_2 CMdo + \beta_3 PIBreg + \sum_{i=1}^4 \beta_4 Sec + \sum_{j=1}^6 \beta_5 T + \varepsilon_i$$

Ecuación 3. Modelo Tobit. Fuente: elaboración propia.

Donde *Tam* es el tamaño de la empresa en términos de activo, *CMdo* es la cuota de mercado, *PIB reg* es el crecimiento económico regional, *Sec* es una variable *dummy* que recoge el sector y *T* el tiempo.

1.4. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos una vez resueltos los programas que se especifican en la ecuación (1) por medio del software DEAP (Coelli, 1996). Estos programas se han aplicado para cada empresa y periodo de tiempo, calculando de esta forma las funciones de distancia interanuales como las inversas de las medidas de Farrell (1957) que maximizan los *outputs* y bajo rendimientos variables de escala. Las estimaciones correspondientes al cambio productivo, representado por el índice de Malmquist, y a su descomposición en cambio en la eficiencia técnica y cambio técnico, se han realizado comparando periodos adyacentes, permitiendo que cambie la tecnología. Los resultados se resumen en el Tabla 5.

Tabla 5
Eficiencia media, tasa de crecimiento y número de eficiencia por sector.

Sec. Obras Residenciales	Eficiencia media (Desv. Est.)	Nº de eficientes/año
2005	0.795 (0.159)	33/226
2006	0.744 (0.187)	35/226
2007	0.761 (0.162)	31/226
2008	0.763 (0.151)	34/226
2009	0.777 (0.169)	34/226
2010	0.708 (0.205)	29/226
Media	0.758(0.172)	
Tasa crecimiento	-2.18	
Sec. Obras Civiles	Eficiencia media (Desv. Est.)	Nº de eficientes/año
2005	0.742 (0.182)	24/230
2006	0.778 (0.172)	29/230
2007	0.754 (0.174)	29/230
2008	0.601 (0.240)	24/230
2009	0.595 (0.246)	17/230
2010	0.603 (0.256)	24/230
Media	0.679(0.211)	
Tasa crecimiento	-3.64	
Sec. Adecuación Obras Cons.	Eficiencia media (Desv. Est.)	Nº de eficientes/año
2005	0.689 (0.213)	24/163

2006	0.784 (0.173)	28/163
2007	0.799 (0.163)	27/163
2008	0.820 (0.173)	32/163
2009	0.796 (0.172)	28/163
2010	0.789 (0.166)	32/163
Media	0.780(0.176)	
Tasa crecimiento	2.90	
<hr/>		
Sec. Actividades Inmobiliarias	Eficiencia media (Desv. Est.)	Nº de eficientes/año
2005	0.504 (0.314)	19/109
2006	0.531 (0.303)	17/109
2007	0.507 (0.287)	19/109
2008	0.535 (0.281)	20/109
2009	0.580 (0.274)	18/109
2010	0.589 (0.268)	17/109
Media	0.541(0.287)	
Tasa crecimiento	3.26	

Fuente: DANE y elaboración propia

El primer rasgo destacable es que los resultados obtenidos no han sido los mismos con relación al sector de actividad. Por ejemplo, el sector adecuación de obras de construcción experimenta crecimiento acumulado en la productividad total de los factores, MALM, con un 0,1% $[(1,001 - 1) \times 100]$; mientras que los otros tres sectores experimentan decrecimientos de la productividad, -0,5% sector de construcción de obras residenciales; -1,8% sector obras civiles y -2,2% actividades inmobiliarias. Las ganancias de productividad del sector adecuación de obras, son consecuencia de dos fuerzas antagonistas, la mejora en la eficiencia, CEFT (5,5%) y el regreso tecnológico, CT (-5,1%). Los decrecimientos de la productividad mencionados del resto de sectores son consecuencia de empeoramiento de la eficiencia en los sectores de la construcción de obras residenciales (-3,6%) y construcción obras civiles (-6,9%); mientras que en el sector actividades inmobiliarias son debidas al regreso tecnológico (-9,6%).

Los resultados obtenidos para la eficiencia media anual se resumen en el Tabla 6. La eficiencia media de los sectores adecuación de obras residenciales y construcción de obras residenciales son las más elevadas con valores del 78% y 75,8%, respectivamente. Indicando que dados sus niveles de *inputs* podrían elevar sus *outputs* en un 22% y 24,2%, en su orden. Los sectores de obras civiles y especial mente actividades inmobiliarias, presentan niveles de eficiencia muy bajos con un valor del 67,9% y 54,1%, respectivamente. Por otro lado, la senda del crecimiento (decrecimiento) no ha sido la misma para todos los sectores. Así, los sectores adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias presentan una tasa de crecimiento anual del 2,90% y 3,26%, en su orden; mientras que los sectores construcción de obras residenciales y de obras civiles tienen tasas decrecientes anuales del -2,18% y -3,64%, respectivamente.

Considerando la evolución de la desviación estándar (DE) se aprecian diferentes patrones. Por un lado, los sectores construcción de obras residenciales y de obras civiles tienen una trayectoria divergente, aumentando la DE en el periodo 2007-2010. Por otro, el sector actividades inmobiliarias presenta un claro proceso de convergencia, con elevados valores de DE. Finalmente, el sector adecuación de obras de construcción muestra una trayectoria plana.

Los resultados en el Tabla 5 muestran el número de empresas eficientes por año (columna tercera), pero no es posible determinar el grado de movilidad que las empresas han tenido a lo largo del tiempo en la formación de la frontera o entre los diferentes niveles de eficiencia.

Tabla 6

Coefficiente de correlación de rangos de Spearman entre las medidas de eficiencia

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2005	1					
2006	0.060	1				
2007	-0.028	0.086	1			
2008	-0.004	-0.108	-0.142*	1		
2009	-0.076	0.006	0.038	-0.105	1	
2010	-0.071	0.028	0.019	0.027	0.039	1

* significativo al 95%

Fuente: elaboración propia con datos de DANE

En línea con la propuesta de Sexton, Silkman y Hogan (1986), para ordenar las unidades eficientes se han calculado las eficiencias cruzadas; esto es, el grado de eficiencia que cada unidad alcanzaría con las ponderaciones de las restantes unidades eficientes. Los resultados alcanzados (véase Tabla 7, el resto de sectores presen tan similares resultados) evidencian la inexistencia de correlación de las medidas de eficiencia estimadas entre los diferentes años, ya que todas las correlaciones son no significativas y en algunos casos negativas. Esto implica que, durante el periodo de tiempo considerado, se han producido grandes cambios en la jerarquización de las empresas analizadas según su grado de eficiencia, de forma que las empresas (ineficientes) no lo son durante los seis años del análisis.

Tabla 7

Resultados de los factores determinantes de la eficiencia por sectores y global.

	S. Construcc. obras residenc.			S. Construcc. obras civiles			S.Adecuac. obras de cons			S. Actividades inmobiliarias			Global		
	Coef. Est	D. E.	sig	Coef. Est	D. E.	sig	Coef. Est	D. E.	sig	Coef. Est	D. E.	sig	Coef. Est	D. E.	sig
Constante (β_0)	0.361	0.404		1.512	0.443	***	1.240	0.414	***	-1.108	1.110		0.902	0.265	***
Tamaño (β_1)	2.86E-10	5.69E-11	***	1.05E-09	9.58E-11	***	9.75E-10	2.47E-10	***	7.03E-09	1.37E-09	***	6.10E-10	5.70E-11	***
Cuota Mdo (β_2)	6.743	1.947	***	14.794	3.158	***	16.990	2.795	***	12.703	2.905	***	11.370	1.300	***
Pib_regional (β_3)	0.004	0.004		-0.008	0.004		-0.006	0.004		0.015	0.011		-0.002	0.003	
2006 (β_4)	-0.026	0.041		0.142	0.049	***	0.237	0.062	***	-0.009	0.101		0.089	0.029	***
2007(β_5)	-0.041	0.034		0.123	0.039	***	0.238	0.039	***	-0.015	0.089		0.083	0.023	***
2008(β_6)	-0.028	0.024		-0.078	0.028	***	0.236	0.029	***	0.041	0.060		0.031	0.016	
2009(β_7)	-0.006	0.02		-0.119	0.024	***	0.187	0.026	***	0.109	0.048	**	0.023	0.014	
2010(β_8)	-0.094	0.024	***	-0.101	0.208	***	0.190	0.030	***	0.074	0.059		0.001	0.016	
Log likelihood		56.434			-55.957			-9.899			-21.617			-482.890	
LRchi2		81.79(0.00)			277.5(0.00)			127.2(0.00)			99.9(0.00)			689.2(0.00)	
Pseudo R2		-2.631			0.712			0.865			0.187			0.416	
n° observ.		1161			1175			825			563			3724	

***, **, *, Estadísticamente significativo al 99%, 95% y 90% respectivamente. Variable omitida: año 2005

Finalmente, en el Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos del análisis de regresión Tobit realizado. Los cocientes β_1 y β_2 de las variables tamaño y cuota de mercado son positivos y estadísticamente significativos para todas las regresiones, según sectores y global, lo que indica que las empresas de mayor dimensión empresarial y con mayor poder de mercado, están relacionadas con mayores niveles de eficiencia. El efecto del crecimiento económico medido a través del PIB regional (β_3) no ha resultado ser significativo. En los modelos pertenecientes a los sectores de la construcción de obras civiles y adecuación a la construcción, el efecto temporal de mejora de la eficiencia está presente, comparado con la eficiencia inicial del 2005. En los modelos de los sectores construcción de obras residenciales y actividades inmobiliarios, el efecto temporal tan solo es significativo en los años 2010 y 2009, respectivamente.

1.5. Conclusiones

Este trabajo analiza la productividad total de los factores, la eficiencia y sus factores determinantes, en cuatro sectores de la construcción en Colombia (construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias) en el periodo 2005-2010. Los análisis se han basado en técnicas DEA. Por ello, ha sido posible la aplicación de un análisis comparativo a nivel de empresa, con objeto de determinar las mejores prácticas posibles en la gestión de recursos por parte de los gerentes.

Con relación a los resultados derivados del crecimiento de la productividad, solo el sector adecuación de obras de construcción experimenta un crecimiento acumulado del 0,1%, como consecuencia del mejoramiento de la eficiencia en presencia del regreso tecnológico; mientras que los otros tres sectores experimentan decrecimientos de la productividad, -0,5% sector de construcción de obras residenciales; -1,8% sector obras civiles y -2,2% actividades inmobiliarias.

Estos decrecimientos de productividad para los sectores mencionados tienen su origen tanto en el regreso tecnológico, las empresas no incorporan las innovaciones (de producto, proceso u organizativas) en el momento necesario, como en el efecto regresivo del cambio en la eficiencia. Es decir, en términos medios, las empresas del sector no son capaces de seguir el avance tecnológico de las más productivas. Por tanto, se produce este dato de productividad como resultado de dos fuerzas de efecto contrario.

Los resultados del análisis de eficiencia técnica revelan que los niveles alcanzados por las empresas son bajos para los cuatro sectores, por lo que dados los recursos disponibles las empresas deberían alcanzar mayores niveles *outputs*, con especial incidencia en los sectores de obras civiles y actividades inmobiliarias, donde los niveles de ineficiencia son del 32,1% y 45,9%, respectivamente. El análisis jerárquico del posicionamiento de las empresas en sus diferentes niveles de eficiencia a lo largo del tiempo, muestra que la formación de las empresas en la frontera y la movilidad por niveles es considerable. Por ello, es complejo determinar las mejores prácticas disponibles en el sector.

Los factores determinantes de la eficiencia han sido el tamaño empresarial y la cuota de mercado para los cuatro sectores analizados. La presencia de economías de escala y alcance podrían ser las razones que sustentan que exista esta relación directa y positiva con la mejor gestión de los recursos. Con relación a las limitaciones del trabajo, las variables utilizadas son de tipo contable dada la imposibilidad de encontrar información sobre variables físicas directamente relacionadas con el proceso productivo. A pesar del criterio temporal utilizado en este trabajo de seis años sería aconsejable ampliar el horizonte temporal.

Futuras extensiones a este trabajo podrían enfocarse en dos direcciones: la primera sería en la utilización de metodologías para el análisis de datos que superen los inconvenientes de las técnicas tradicionales, tales como la técnica de la DEA. En particular, el enfoque *ordenm* propuesto por Cazals, Florens y Simar (2002), que se basa en el concepto de la función de *input* mínimo esperado (o la función de *output* máximo), proporciona fronteras con diversos grados de robustez. Esta metodología es más robusta a los valores atípicos o ruido en los datos y permite la inferencia estadística, manteniendo la naturaleza no paramétrica. La segunda podría relacionarse con el análisis de carácter más regional explorando la posibilidad de trabajar con fronteras individualizadas por departamento

Capítulo 2

2. Análisis de la eficiencia y factores explicativos de la gestión de los municipios del departamento del Meta, Colombia

El control de la eficiencia en la gestión de los recursos es uno de los objetivos prioritarios de los gobiernos, cuyo fin es reducir el presupuesto sin deteriorar la prestación de servicios públicos. Con independencia del nivel de descentralización, los gobiernos locales desempeñan un papel importante en la provisión de bienes y servicios a los ciudadanos en los países desarrollados. Las autoridades locales están siendo sometidas, cada vez más, a una presión creciente en cantidad y calidad de los servicios demandados (Cordero, Pedraja Chaparro, Pisa ores y Polo, 2017). Además, muchas funciones públicas clave han sido transferidas desde las autoridades nacionales hacia las locales, incrementando así la importancia y complejidad de la gestión (Alfonso y Fernández, 2008; Alfonso y Venancio, 2016).

Como mencionan D’Inverno, Carosi y Ravagli (2018), después de varias décadas, la evaluación de la eficiencia de los gobiernos continúa siendo el centro del debate político y académico en la literatura del sector público y, aún más, en la literatura de la administración pública y gestión (Osborne, 2006). En referencia a Colombia, unidad contextual del presente trabajo, existe interés en este campo, manifestado a través del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), que dispone de informaciones públicas sobre los niveles de eficiencia de sus municipios en todo el territorio.

Las funciones de los municipios en Colombia venían siendo reguladas por el artículo 3 de la Ley 36 de 1994. En la actualidad se han realizado modificaciones jurisprudenciales que han sido

incorporadas en el cuerpo del artículo 6 de la nueva Ley 1551 de 2012. En concreto, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) fundamenta su control sobre cuatro componentes: eficacia, eficiencia, cumplimiento de requisitos legales y gestión en términos de capacidad administrativa y desempeño fiscal.

Existe una creciente literatura que aborda el análisis de la eficiencia en los municipios desde diferentes perspectivas (Prado y García, 2007; Balaguer, Prior y Tortosa, 2013; D’Inverno Carosi y Ravagli, 2018). La primera línea de investigación se relaciona con análisis más individualizados de los servicios municipales, con el propósito de capturar puntos fuertes y débiles en la provisión de servicios. Algunos ejemplos podrían ser los análisis pertinentes a servicios especializados como extinción de incendios (Drake y Simper, 2003), transporte público (Athanassopoulos, 1998), suministro de agua (Pina y Torres, 2001; Karlaftis, 2004), recolección de basuras (Tupper y Resende, 2004) o en provisión de servicios (Prado y García, 2007).

La segunda —que será la contemplada en este trabajo— está orientada hacia el análisis global de la provisión de servicios municipales, donde pueden ser observados trabajos correlativos al interés investigativo de la problemática planteada. Por ejemplo, las labores investigativas de Prieto y Zolino (2001), Balaguer, Prior y Tortosa (2013) y Cordero *et al.* (2017) en España; Borger y Kerstens (1996, 2000) en Bélgica; Athanassopoulos y Triantis (1998) y Doumpos y Cohen (2014) en Grecia; Worthington (2000) en Australia; Tairou (2000) en Francia; Freíd y Klein (1999) en Estados Unidos; Alfonso y Fernández (2008) y Alfonso y Venancio (2016) en Portugal; o Nijkamp y Suzuki (2009) en Japón. Una profunda revisión es ofrecida por Lo Storto (2016).

Esta investigación se enfoca en el análisis de la eficiencia técnica y el establecimiento de un *ranking* y de sus factores explicativos en los municipios de las regiones naturales del Meta,

Colombia, en el lapso comprendido entre 2010 y 2014. Asimismo, aborda un análisis complementario de la eficiencia global de los municipios de Colombia en el marco temporal del periodo 2006-2014. No obstante, cabe aclarar que durante el desarrollo del ciclo investigativo no se encontraron muestras, constructos teóricos o investigaciones que denotaran la existencia de trabajos que analizaran la eficiencia municipal en Latinoamérica y, más específicamente, en Colombia.

Con el fin de abordar los objetivos mencionados, este trabajo está estructurado de la siguiente forma: en la primera sección se presentan los datos, las variables utilizadas y la metodología; posteriormente se reflejan los resultados, y en la sección final se exponen las conclusiones relevantes e inherentes al interés objetivo de la investigación.

2.1.Datos y variables utilizadas

Por un lado, autores como Prado y García (2007) señalan la alta subjetividad existente en la literatura que analiza la eficiencia de los municipios en el proceso de selección de variables de *inputs* y *outputs*. Por otro lado, Cordero *et al.* (2017) indican que la selección de variables utilizadas depende de la disponibilidad de los datos. En este trabajo se utilizan las mismas variables que emplea el DNP de Colombia, entidad que proporcionó la información para esta investigación. Por el momento, esta es la única información disponible. El ámbito de análisis principal se circunscribe a los municipios del Meta. En concreto, las variables de *inputs* y *outputs* utilizadas a partir del análisis envolvente de datos (en adelante DEA, por sus siglas en inglés) son las descritas por el DNP (Tabla 8). La estructura de la base de datos, en términos del tamaño muestral y el criterio temporal, es la que se describe en la Tabla 8. Como puede apreciarse, se abordarán tres ámbitos de actuación municipal: educación, salud y agua potable. La disponibilidad de los datos

permite trabajar con cinco de los seis modelos: dos referidos al sector de la educación (modelos 1 y 2), uno al sector de la salud (modelo 3) y dos al sector del agua (modelos 5 y 6). En relación con el criterio temporal, la estructura de la base de datos no es de tipo panel y, por tanto, no es posible aplicar metodologías en esa dirección (ver anexo).

Tabla 8

Estructura de la muestra analizada

N° modelo		Modelos y sectores		N° municipios				
		Educación	2006-2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	output	Alumnos matriculados		5	11	9	11	18
	input	Total docentes		5	11	9	11	18
		Inversión en educación	n.d	5	11	9	11	18
		Tamaño aula		5	11	9	11	18
2	output	N° alumnos ICFES		5	11	9	11	18
	input	N° docentes escalafón		5	11	9	11	18
		Inversión en educación	n.d	5	11	9	11	18
		Salud						
3	output	N° afiliados al reg. subsidiado		5	11	9	11	18
	input	Total, recursos		5	11	9	11	18
		Gastos servicios	n.d	5	11	9	11	18
4	output	N° personas vacunadas		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	input	Inversión total		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
		Cantidad inmunobiológico	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
		Sector Agua						
5	output	Metros cúbicos	n.d	5	11	9	11	18
	input	N° suscriptores		5	11	9	11	18
		Promedio mensual hrs.	n.d	5	11	9	11	18
		Inversión total		5	11	9	11	18
6	output	Índice de riesgo calidad		5	11	n.d	11	18
	input	N° de pruebas	n.d	5	11	n.d	11	18
		Inversión total		5	11	n.d	11	18
		Representatividad de la muestra por años (%)	-	17,2	37,9	31,0	37,9	62,0

Fuente: elaboración propia con datos DNP (20162017)

En relación con la representatividad de la muestra que gráfica en la última la de la Tabla 8, esto se ha realizado comparando la información disponible en relación con los 29 municipios existentes. En Prado y García (2007) puede encontrarse una relación de estudios según su representatividad, aunque asociado con el procedimiento de encuestas. Esta representatividad oscila entre el 5% para municipios en España (Vilardell, 1989) y el 73,38% (Distexhe, 1993) para municipios en Francia (Distexhe, 1993). La Tabla 9 recoge la estadística descriptiva de los municipios, según los modelos DEA estimados. En el apartado de resultados se muestra un análisis de las características regionales donde se hallan localizados los municipios.

Tabla 9

Estadística descriptiva.

Sectores		VARIABLES	Media	Desv. Est.
Educación	Output	Alumnos matriculados preescolar	9518,7	18906,6
		Inputs		
		Docentes oficiales vinculados	377,6	727,0
		Inversión en educación (millones de pesos)	36026,1	225986,0
		Metros cuadrados de aula	11602,0	16456,8
	Output	Alumnos matriculados colegios oficiales	280,3	674,8
Salud	Inputs	Docentes en escalafón grado>6	252,0	619,1
		Inversión en educación	36026,1	225986,0
		Afiliados régimen subsidiado	20744,9	37458,4
Agua potable	Inputs	Gastos servicios personales (millones de pesos)	4999,8	23837,1
		Inversión destinada a régimen subsidiado	9662,0	17601,1
	Outputs	Metros cúbicos de agua producida	5311557,5	13108303,4
		Número de viviendas conectadas	9266,7	23035,3
	Inputs	Inversión total agua potable (millones de pesos)	37839,4	175392,2
		Promedio mensual horas	336,9	278,8
	Output	Promedio índice de riesgo de calidad del agua	49,6	28,1
	Inputs	Inversión total agua potable	37839,4	175392,2
Número de pruebas realizadas		71,8	23,7	

Fuente: elaboración propia con datos DNP (2016-2017)

2.2. Metodología

En el ámbito de análisis de la evaluación de eficiencia de los municipios, pueden ser consideradas, según D'Inverno, Carosi y Ravagli (2018), dos aproximaciones metodológicas: las econométricas y las de optimización matemática. La primera aproximación especifica una función de producción

y normalmente reconoce que la desviación de esta tecnología dada (medida por el término de error) se compone de dos partes: una que representa aleatoriedad (o ruido estadístico) y la otra referida a la ineficiencia. Una de las técnicas más conocidas es la denominada *frontera estocástica* (o SFA, por sus siglas del inglés). Por su parte, la aproximación matemática se suele referir al modelo denominado *Análisis Envolvente De Datos* (DEA), siendo esta última la abordada en este trabajo. Cabe aclarar que tal variable será explicada en este acápite.

Los análisis realizados se estructuran en dos fases. En la primera fase, de forma introductoria, se utilizan los resultados del análisis de eficiencia global del DNP para el periodo 2006-2014. En este caso, la información consiste en utilizar los análisis de la eficiencia global realizados por esta institución. Para ello, se contemplan al menos dos supuestos: a) asumir como válido que todos los municipios de Colombia utilizan la misma tecnología y, por tanto, es posible estimar una única frontera de producción (en paralelo, se considera la orientación *input* y la opción de rendimientos variables de escala), en lugar de una frontera por región/departamento o un análisis meta frontera; b) el índice de eficiencia global, calculado a partir de los seis modelos y tres sectores mostrados en la tabla 7, no presenta problemas relativos, por ejemplo, a la heterogeneidad intersectorial.

En la segunda fase, por medio de la metodología DEA, se realizará un análisis de la eficiencia a la muestra obtenida para los municipios del departamento del Meta, en primera etapa; posteriormente, se realizará un análisis en segunda etapa para determinar los factores explicativos de la eficiencia, por medio de una regresión Tobit, dada la característica de esta variable al estar truncada en 1 sobre su valor máximo o límite superior.

Con el fin de determinar la eficiencia, se plantea un ejercicio matemático que consiste en resolver, para cada observación, un programa lineal en el que se determina (cuando se adopta una

orientación al factor) la cantidad mínima de factores necesarios para lograr la cantidad de producción observada. El programa, que debe ser resuelto para cada empresa y año, es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta \\
 & \text{s.a.:} \\
 & \sum_{j=1}^N y_{sj} \lambda_j \geq y_{si}, \quad s = 1, \dots, S \\
 & \sum_{j=1}^N x_{mj} \lambda_j \leq \theta x_{mi}, \quad m = 1, \dots, M \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1
 \end{aligned}$$

Ecuación 4. Formula DEA. Fuente: elaboración propia.

Donde los s municipios utilizan un vector de inputs $x = (x_1, \dots, x_j, \dots, x_n)$ para producir $y = (y_1, \dots, y_j, \dots, y_n)$ outputs. El valor obtenido para cada municipio s oscila entre los valores 0 y 1. La unidad correspondería a un municipio eficiente con lo cual se construiría la frontera. La ecuación [1] asume implícitamente rendimientos variables de escala (RVE). Para estimar la eficiencia de escala se debe resolver el problema anterior eliminando la restricción de convexidad, con lo que se obtiene el modelo CCR (Θ CCR) (Charnes et al., 1978). Las medidas de eficiencia obtenidas con el modelo CCR son siempre inferiores a las obtenidas con el modelo BCC (Θ BCC) (Banker et al., 1984) de forma que la eficiencia de escala (SE) se define como $SE_i = \theta$. Si $SE_i = 1$, la unidad de decisión (DMU) en nuestro caso los municipios analizados operan con eficiencia de escala, mientras que si $SE_i < 1$, indica la presencia de ineficiencias de escala. En este trabajo se opta por mantener el criterio de la DNP, por tanto, orientación input y RVE.

Con la estructura de datos disponible no es posible aplicar la metodología DEA por medio de corte transversal (con la excepción de 2014), dado que existen problemas de grados de libertad (relación entre el número de observaciones y variables) que se asocian con $[outputs + inputs] \times 3 < N^\circ$ de observaciones (El Mahgary y Ladhelma, 1995). Por ello, se opta por la propuesta de Tulkens y Vanden (1995), considerando una frontera inter temporal en la que todos los municipios se comparan entre sí, con independencia del tiempo y de la presencia de más de una observación por municipio (x_{kt}, y_{kt}) $k=1,2, \dots, K; t=1,2, \dots, T$. Adicionalmente, se llevarán a cabo análisis bivariantes agrupando la información, para determinar la existencia de diferencias de eficiencia estadísticamente significativas en función de la región, el número de observaciones por municipio, entre otros aspectos.

Una vez obtenida la eficiencia θ_i de los municipios, en una segunda etapa se explica su valor a partir de un vector $z = (z_p, z_r, \dots, z_l)$ de variables que serán comentadas a continuación. Los modelos Tobit o regresión truncada han sido utilizados recientemente dentro de este ámbito por D'Inverno, Carosi y Ravagli (2018), Lo Storto (2016), Doumpos y Cohen (2014), Da Cruz y Marques (2014), entre otros:

$$\theta_{it} = f(Z_{it}, \beta_{it}) + \varepsilon_i$$

$$\theta_i = \beta_0 + \beta_1 \text{LnInversión} + \beta_2 \text{LnInversión}^2 + \sum_{i=1}^4 \beta_3 R + \varepsilon_i$$

Ecuación 5. Modelo Tobit. Fuente: elaboración propia.

Donde $\text{Ln} (\text{Inversión/población})$ es la inversión en relación con la población realizada en educación, salud o agua, en millones de pesos. Doumpos y Cohen (2014) utilizan el volumen de las inversiones asignadas a los municipios en segunda etapa como variable explicativa, y como

input en primera etapa. Tam es una variable Dummy y de tamaño que capturaría estar por encima o por debajo del nivel medio de población del conjunto de regiones. Da Cruz y Marques (2014) incluyen la población dentro del grupo de variables relacionadas con la ciudadanía. D’Inverno, Carosi y Ravagli (2018) y Doumpos y Cohen (2014) emplean variables de tamaño de forma continua o categórica. Finalmente, Cordero *et al.* (2017), D’Inverno, Carosi y Ravagli (2018) y Da Cruz y Marques (2014) utilizan el área o la altitud como variables explicativas. En concreto, estos últimos autores consideran el área y la altitud como factores determinantes de carácter espacial y topográfico, respectivamente.

2.3. Resultados

2.3.1. Primera fase

Como se mencionó, en la primera etapa se utilizan los resultados del análisis de eficiencia global del DNP para el periodo 2006-2014. En la tabla 10, se muestran los valores medios de los índices de eficiencia global por departamento para los años 2006 y 2014. La primera columna recoge los departamentos, en tanto en la segunda se muestra el número de municipios por departamento. En las columnas tercera a sexta se presentan los valores medios de la eficiencia y la desviación estándar. Finalmente, la séptima columna muestra la tasa de crecimiento de la eficiencia.

Tabla 10

Valores medios y tasas de crecimiento de la eficiencia global por departamento (2006-2014)

Departamento	Nº Municipios	2006		2014		Tasa Crecimiento
		Media	D. Est.	Media	D. Est.	
AMAZONAS	2	0,193	0,273	0,275	0,081	0,42
ANTIOQUIA	125	0,491	0,129	0,557	0,123	0,13
ARAUCA	7	0,350	0,154	0,590	0,068	0,69
ARCHIPIÉLAGO S. ANDRÉS	1	0,242	0,000	0,324	0,000	0,34
ATLÁNTICO	23	0,549	0,102	0,548	0,159	0,00
BOGOTÁ, D.C.	1	1,000	0,000	0,656	0,000	-0,34
BOLÍVAR	46	0,445	0,145	0,378	0,138	-0,15

BOYACÁ	123	0,450	0,157	0,487	0,105	0,08
CALDAS	27	0,414	0,196	0,518	0,137	0,25
CAQUETÁ	16	0,424	0,131	0,487	0,123	0,15
CASANARE	19	0,351	0,155	0,532	0,088	0,52
CAUCA	42	0,314	0,197	0,501	0,122	0,60
CESAR	25	0,519	0,100	0,458	0,179	-0,12
CHOCÓ	30	0,253	0,184	0,382	0,109	0,51
CUNDINAMARCA	116	0,469	0,138	0,562	0,127	0,20
CÓRDOBA	30	0,364	0,187	0,403	0,150	0,11
GUAINÍA	1	0,344	0,000	0,228	0,000	-0,34
GUAVIARE	4	0,433	0,124	0,370	0,128	-0,15
HUILA	37	0,525	0,086	0,528	0,093	0,01
LA GUAJIRA	15	0,395	0,208	0,419	0,071	0,06
MAGDALENA	30	0,427	0,176	0,360	0,137	-0,16
META	29	0,403	0,209	0,485	0,099	0,21
NARIÑO	64	0,459	0,120	0,545	0,105	0,19
NORTE SANTANDER	40	0,459	0,118	0,474	0,151	0,03
PUTUMAYO	13	0,448	0,168	0,437	0,146	-0,02
QUINDIO	12	0,581	0,109	0,595	0,091	0,02
RISARALDA	14	0,527	0,109	0,598	0,085	0,13
SANTANDER	87	0,442	0,161	0,493	0,134	0,12
SUCRE	26	0,466	0,136	0,409	0,115	-0,12
TOLIMA	47	0,448	0,121	0,550	0,102	0,23
VALLE DEL CAUCA	42	0,510	0,213	0,568	0,135	0,11
VAUPÉS	3	0,651	0,154	0,385	0,085	-0,41
VICHADA	4	0,210	0,268	0,466	0,046	1,22
Total	1101	0,448	0,163	0,501	0,137	0,12
Test Kruskal Wallis (Estadístico/Pvalor)			151,1(0,000)	226,1(0,000)		

Fuente: elaboración propia con datos DNP (2016-2017)

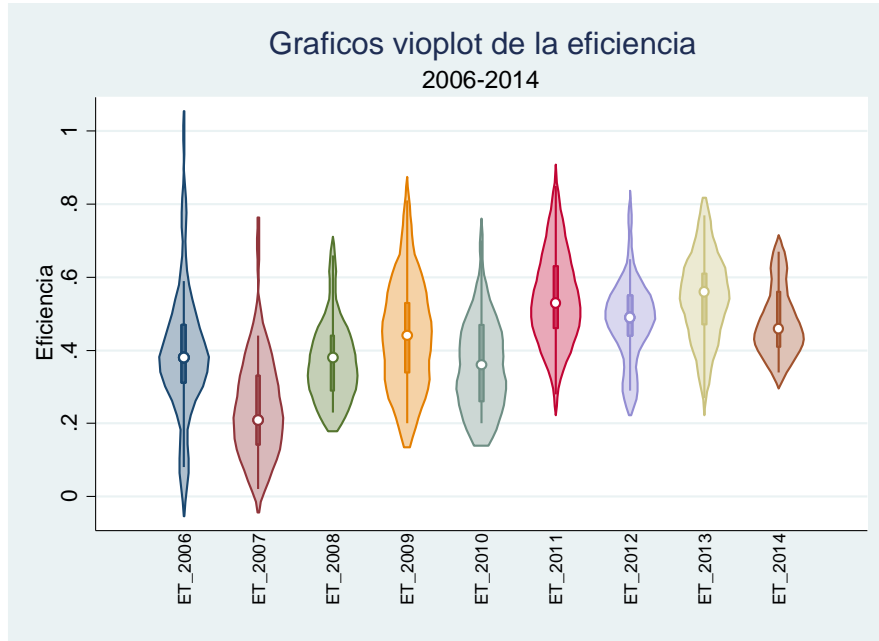
Los valores medios de la eficiencia global que se muestran en la penúltima variable (la última la recoge las diferencias estadísticamente significativas entre los departamentos en función del número de municipios) son del 44,8% y 50,1% para los años 2006 y 2014; es decir, los niveles de *input* se podrían reducir en un 55,2% y 49,9% para los años considerados. En este sentido, es conveniente recordar que la estimación de una única frontera de producción está seriamente afectada por la heterogeneidad presente en los 1101 municipios analizados, así como por la agregación realizada de las estimaciones DEA en un solo índice. La tasa de crecimiento que aparece en la séptima columna muestra la mejora del 12% de la eficiencia en términos medios. En general, la mayoría de los municipios mejoran (72,27%): Vichada (122%), Arauca (69%), Cauca

(60%), Casanare (52%), Choco (51%), entre otros. Tan solo nueve departamentos experimentan decrecimientos (27,73%): Vaupés (-41%), Bogotá y Guainía (-34%), entre otros.

2.3.1.1. Análisis de la distribución de la eficiencia global

El análisis descriptivo por medio de la tasa de crecimiento realizado en la sección de resultados, en lo relativo a la primera fase, es suficientemente informativo. No obstante, algunos autores como Quah (1993a, 1993b, 1996 y 1997) mencionan algunos inconvenientes al utilizar este tipo de análisis (se refieren de forma más concreta a las distribuciones kernel externas) en el momento en que se carece de información con respecto a la dinámica interna de la distribución, puesto que solo recoge algunos momentos de esta. En este sentido, las funciones de densidad kernel suelen ser las alternativas más utilizadas. Lo anterior a raíz de que las distribuciones de eficiencia no son normales, de modo que la aplicación de estas funciones permite evitar rasgos relevantes que podrían presentarse. El enfoque no paramétrico requiere escoger un método para suavizar los datos. El método elegido suele ser el de suavizado Kernel. Una de las ventajas de las funciones de densidad Kernel es la no imposición de una forma funcional concreta a la distribución.

Con la aplicación del kernel, y en particular estimando un kernel gaussiano² con amplitud de ventana óptima, se obtiene la Gráfica 3. Se ha optado por mostrar gráficos *vioplot*; las distribuciones kernel son la parte exterior de cada *vioplot*, en tanto la parte interna presenta gráficos *boxplot*.



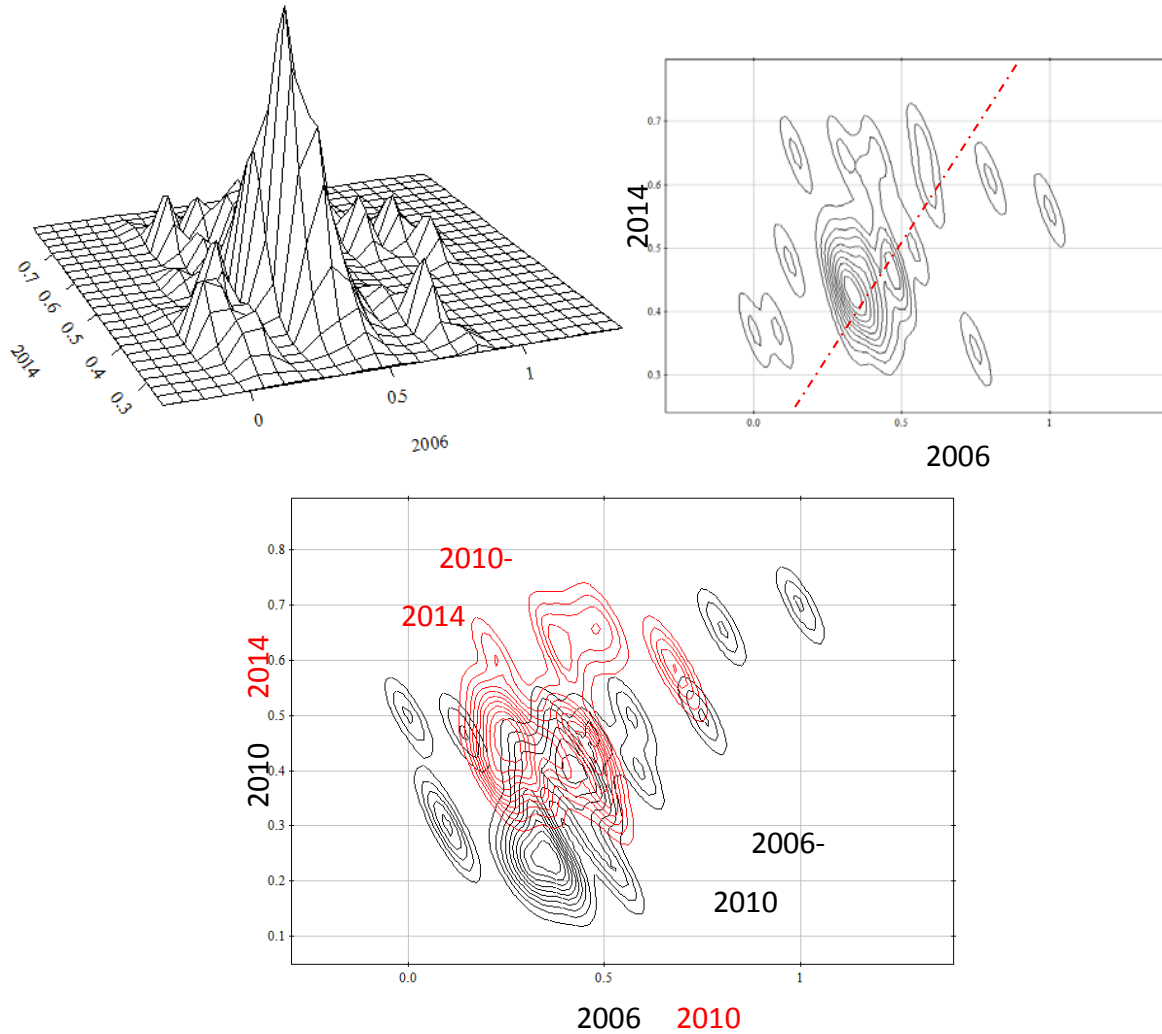
Grafica 3. Gráficos vioplot de la eficiencia global. Fuente: DNP y elaboración propia

Los resultados obtenidos en la Gráfica 4 revelan los cambios acaecidos en la forma externa de la distribución de la eficiencia en los años analizados. Como puede observarse, se producen cambios en la distribución; por ejemplo, la enorme dispersión de la eficiencia en 2006 en correlación con los años consiguientes, especialmente el marco temporal que abarca el periodo 2012-2014.

Las distribuciones de densidad kernel mostradas en la Gráfica 4 arrojan información interesante sobre la forma externa de la distribución, pero no dicen nada sobre los movimientos intra distribucionales. Una forma sencilla de analizar la relevancia de los cambios mencionados dentro de la distribución consiste en el cómputo de las conocidas matrices de transición. Sin embargo, esta metodología implica que los resultados dependen del número y la amplitud de los intervalos considerados. Por ello, autores como Quah (1997) y Stokey y Lucas (1989) prefieren analizar la

dinámica dentro de la distribución por medio de una aproximación continuada basada en el empleo de kernels estocásticos, los cuales no son otra cosa que el equivalente a una matriz de transición con un número de intervalos que tiende a infinito.

La Gráfica 5 muestra las formas tridimensionales y de contorno para la totalidad de departamentos en Colombia y su comparación con el departamento del Meta en los periodos 2006-2014, 2006-2010 y 2010-2014. El kernel estocástico puede aproximarse a partir de la estimación de la función de densidad de la distribución en un periodo determinado, $t + k = 2014$, condicionada a los valores correspondientes de un periodo anterior, $t = 2006$ o 2010 ; para ello, se lleva a cabo la estimación no paramétrica de la función de densidad conjunta de la distribución en los momentos t y $t + k$.



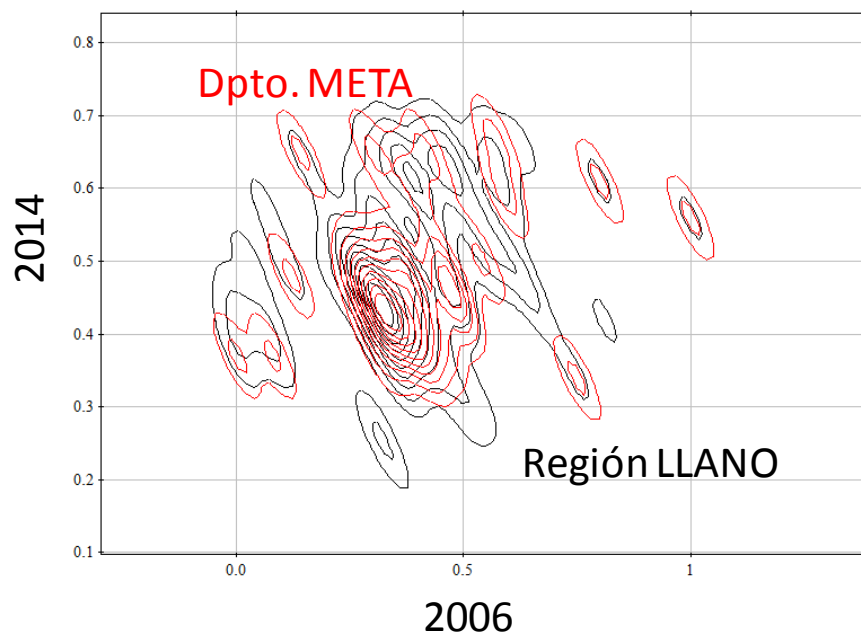
Gráfica 4. Kernels estocásticos y gráficos de contorno de la eficiencia global. Fuente: elaboración propia de los investigadores.

En la parte tridimensional de los gráficos, el eje X representa los valores de la eficiencia en 2006 o 2010, el eje Y representa los valores de la eficiencia 9 o 5 años después (es decir, 2006-2014, 2006-2010 o 2010-2014), mientras que el eje Z representa la densidad (probabilidad condicionada) de cada punto en el espacio XY . Las líneas paralelas a 2014 muestran la probabilidad de transitar desde el punto que se considere en el eje X a cualquier otro punto en el eje Y . En relación con la totalidad de municipios en Colombia para el periodo 2006-2014, la

masa probabilística se sitúa en la parte superior de la diagonal. Una forma más sencilla de analizar este fenómeno se refleja en el mismo gráfico por medio de los diagramas de contorno, que representan cortes paralelos a la base del kernel (espacio XY), a alturas equidistantes. Se trata, por tanto, de puntos de igual altura y densidad.

Si las líneas de contorno se sitúan a lo largo de la diagonal positiva, el grado de movilidad es reducido, mientras que, si no se concentran alrededor de esta, ha existido movilidad, tanto mayor cuanto más se alejen esas líneas de la diagonal. En los núcleos o polos donde se concentra un porcentaje elevado de municipios, la eficiencia se sitúa por encima de la diagonal; se muestra así un claro proceso de convergencia y de estratificación. En los gráficos de contorno de la parte inferior de la Gráfica 4 se superponen los análisis por periodos; de este modo, se muestra de forma evidente la mejora de la eficiencia y el claro proceso de convergencia que se experimenta entre 2010 y 2014. Nótese cómo los núcleos y las líneas de contorno se distancian con mayor intensidad de la diagonal en comparación con el periodo 2006-2010.

Finalmente, la Gráfica 5 compara la dinámica de transición de la eficiencia del departamento del Meta en relación con la región del Llano en el periodo 2006-2014. Como puede apreciarse, el proceso de convergencia es prácticamente el mismo, al solaparse los núcleos indicativos de la mayor aglomeración de la eficiencia de los municipios.



Gráfica 9. Gráficos de contorno de la eficiencia global 2006-2014 para la región del Llano y departamento del Meta.

Fuente: elaboración propia de los investigadores

2.3.2. Segunda Fase

Se comienza este apartado presentando las características de los municipios analizados del departamento del Meta. La tabla 11 y la gráfica 6 relativa al análisis clúster de la misma, por el método ward y la distancia euclidiana muestran la heterogeneidad de la muestra. Municipios como San Juanito o sobre todo Villavicencio aparecen anidados en el proceso final.

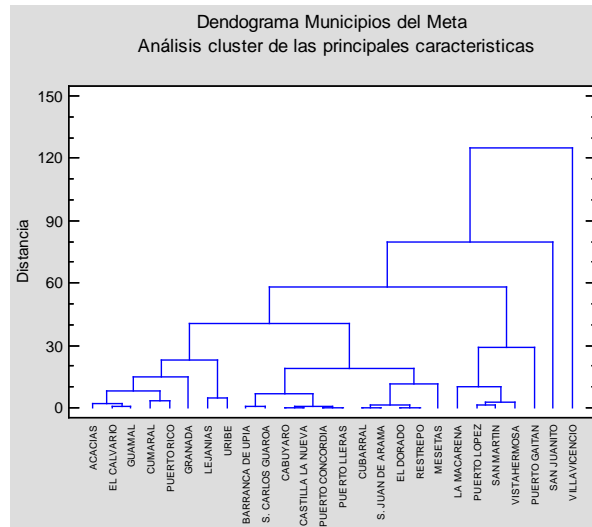
Tabla 11

Principales características de los municipios del Meta

Municipios	Área (km ²)	Altitud (msnm)	Población	Temperatura	Densidad Población
ACACIAS	1149	498	54753	24	47,65
BARRANCA DE UPIA	815	200	3232	29	3,97
CABUYARO	832	235	3660	26	4,40
CASTILLA LA NUEVA	503	350	7258	26	14,43
CUBARRAL	1159	535	5174	27	4,46
CUMARAL	580	452	16634	21	28,68
EL CALVARIO	286	400	2256	24	7,89
EL DORADO	117	550	3168	27	27,08
GRANADA	381	332	50837	24	133,43
GUAMAL	638	518	8933	25	14,00
LA MACARENA	11231	233	4313	25	0,38
LEJANIAS	852	840	9091	22	10,67
MESETAS	1980	827	4677	30	2,36
PUERTO CONCORDIA	1298	200	8451	27	6,51
PUERTO GAITAN	17536	149	15475	29	0,88
PUERTO LLERAS	2061	250	10582	27	5,13
PUERTO LOPEZ	6239	178	28922	26	4,64
PUERTO RICO	3772	210	7205	22	1,91
RESTREPO	289	570	10112	26	34,99
S. CARLOS GUAROA	814	350	6909	30	8,49
S. JUAN DE ARAMA	1163	510	7020	28	6,04
SAN JUANITO	162	1550	1879	18	11,60
SAN MARTIN	6454	419	21511	26	3,33
URIBE	6307	835	8180	25	1,30
VILLAVICENCIO	1328	467	384131	28	289,26
VISTAHERMOSA	4749	450	11810	28	2,49

Fuente: <http://www.municipios.com.co/municipios> y elaboración propia

Por ejemplo, San Juanito es el municipio de menor temperatura y mayor altitud, frente a Villavicencio que tiene la mayor población y densidad poblacional.



Gráfica 6. Análisis clúster de los municipios del meta

Los resultados de los análisis DEA estimados como frontera intertemporal bajo RVE una vez resuelto el programa [1] para la eficiencia media de los municipios del Meta, se recogen en las tablas 5.1 y 5.2.

En la tabla 11.1 (para un mayor nivel de detalle ver tablas en anexo 2) se muestra los municipios que han formado parte de la frontera de producción intertemporal para cada estimación DEA y por tanto han sido referencia para el resto de observaciones, como consecuencia de que sus niveles de eficiencia con rendimientos constantes y variables es igual a 1.

Tabla 11.1

Relación de municipios que han establecido las fronteras por sectores y modelos

Sectores Modelos DEA	Municipios en la frontera (RCE=RVE=ESCALA=1)	
Educación		
Mod_Educa_1	GRANADA(2010) P. LOPEZ(2012) S.C. GUAROA(2013) URIBE(2014)	VILLAVICENCIO(2010)
Mod_Educa_2	GRANADA(2014)	P. GAITAN(2014)
Salud		
Mod_Salud	S.C. GUAROA(2010) P. LOPEZ(2011)	
Agua Potable		
Mod_Agua_1	EL CALVARIO(2013) VILLAVICENCIO(2014)	RESTREPO(2013) ACACIAS(2013)(2014)
Mod_Agua_2	LA MACARENA(2011) S.C. GUAROA(2014)	URIBE(2014)

Fuente: Elaboración propia

Como puede apreciarse en la tabla 11.1 la presencia de algunos municipios en la frontera de producción se repite. Por ejemplo, GRANADA, VILLAVICENCIO, S.C. GUAROA, URIBE etc.

En la tabla 11.2 se realiza el análisis bajo el criterio de RVE y calculando los valores medios cuando los municipios tienen más de una observación en la muestra analizada.

Tabla 11.2

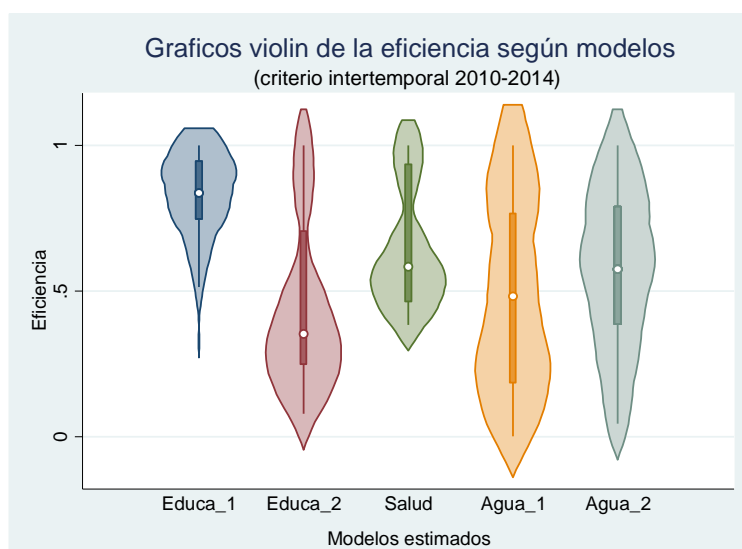
Eficiencia media según modelos con frontera intertemporal con RVE 2010-2014

Id	Municipios	1		2		3		4		5	
		Mod_Educa_1		Mod_Educa_2		Mod_Salud_1		Mod_Agua_1		Mod_Agu	
		N	Media	N	Media	N	Media	N	Media	N	Me
1	ACACIAS	3	0,863	3	0,557	3	0,697	3	0,693	3	0
2	B. DE UPIA	1	0,833	1	0,551	1	1,000	1	1,000	1	0
3	CABUYARO	1	1,000	1	0,921	1	0,954	1	0,663	1	0
4	C. LA NUEVA	3	0,901	3	0,139	3	0,504	3	0,157	3	0
5	CUBARRAL	1	0,947	1	0,631	1	0,574	1	1,000	1	0
6	CUMARAL	1	0,332	1	0,971	1	0,657	1	0,145	1	1
7	EL CALVARIO	1	0,947	1	0,347	1	0,763	1	1,000	1	0
8	EL DORADO	1	0,747	1	0,463	1	0,819	1	0,649	1	0
9	GRANADA	3	0,936	3	0,680	3	0,949	3	0,153	3	0
10	GUAMAL	1	0,944	1	0,095	1	0,977	1	0,162	1	0
11	LA MACARENA	3	0,598	3	0,425	3	0,559	3	0,303	2	0
12	LEJANIAS	2	0,684	2	0,417	2	0,407	2	0,836	2	0
13	MESETAS	1	0,547	1	0,236	1	0,464	1	0,391	1	0
14	P. CONCORDIA	1	0,637	1	0,553	1	0,434	1	0,488	1	0
15	P. GAITAN	1	0,947	1	1,000	1	0,626	1	0,239	1	0
16	P. LLERAS	2	0,652	2	0,318	2	0,456	2	0,456	2	0
17	P. LOPEZ	4	0,886	4	0,250	4	0,625	4	0,306	3	0
18	P. RICO	1	0,750	1	0,130	1	0,645	1	0,238	1	0
19	RESTREPO	3	0,900	3	0,438	3	0,639	3	0,772	1	0
20	S. C. GUAROA	5	0,846	5	0,322	5	0,700	5	0,521	4	0
21	S. JUAN DE ARAMA	2	0,768	2	0,164	2	0,625	2	0,088	1	0
22	SAN JUANITO	3	0,888	3	0,536	3	0,748	3	0,280	2	0
23	SAN MARTIN	3	0,856	3	0,740	3	0,570	3	0,821	2	0
24	URIBE	1	1,000	1	0,959	1	0,420	1	1,000	1	1
25	VILLAVICENCIO	4	0,928	4	0,818	4	0,923	4	0,768	3	0
26	VISTAHERMOSA	2	0,788	2	0,253	2	0,569	2	0,602	2	0
		54	0,813	54	0,497	54	0,666	54	0,528	45	0
	Test Kruskal Wallis	3,22(0,526)		2,89(0,456)		5,07(0,279)		4,97(0,267)		0,67(0,	

Fuente: elaboración propia

Como puede apreciarse en la penúltima fila de tabla 5.2, el nivel de eficiencia media por modelos y sectores se sitúa en 81,3%; 49,7%; 66,6%; 52,8% y 62,0% para los modelos #1 y #2 de educación, #3 de salud y #4 , #5 de agua respectivamente con RVE respectivamente indicando que los municipios según sus respectivas actividades podrían reducir sus inputs en los valores complementarios a 100%.

La gráfica 7, muestra los gráficos violín según los modelos estimados. Los modelos Educa_1 y Salud muestra la menor dispersión y los valores de eficiencia en general más elevados, frente a los otros tres modelos con mayor dispersión y menores niveles de eficiencia.



Gráfica 7. Gráficos violín de la eficiencia según modelos. Fuente: elaboración propia

En la última fila de la tabla se muestra el test de Kruskal Wallis que indica que no existen diferencias de eficiencia en función del número de observaciones por municipio (p.e en el modelo 1, hay 12 municipios que tiene #1 observación, 4 que tienen #2, 7 que tienen #3, 2 que tienen #4 y 1 que tiene #5).

Un análisis con mayor detalle de la tabla 12, muestra como algunos municipios se encuentra posicionados en la frontera eficiente como por ejemplo URIBE ($\Theta=1$) en tres de los cinco modelos y con una observación por modelo. También es interesante observar el municipio de VILLAVICENCIO que con una densidad población elevada (mayor presupuesto pero mayor prestación de servicios mantiene elevados niveles de eficiencia ($\Theta >$ media) con la excepción del

modelo de agua 2 (última columna). Al objeto de profundizar en los resultados mencionados, se ha realizado un análisis de la eficiencia considerando los municipios que se encuentran por encima del valor medio de la eficiencia frente a los que se encuentran por debajo. En la tabla 12, se muestran los test de contraste que acreditan que las diferencias de eficiencia son estadísticamente significativas.

Tabla 12
 Contrastes de diferencias de media de eficiencia según modelos

Nº	Modelo	Contraste diferencias de valor medio Test Kruskal Wallis/Pvalor
1	Mod_Educa_1	17,78(0,000)
2	Mod_Educa_2	15,44(0,000)
3	Mod_Salud_1	17,79(0,000)
4	Mod_Agua_1	18,81(0,000)
5	Mod_Agua_2	16,89(0,000)

Fuente: elaboración propia

De forma complementaria y con la idea de visualizar geográficamente los niveles de eficiencia y la localización geográfica de los municipios, la gráfica 8 muestra las diferencias entre ellos atendiendo a aquellos que se sitúan, por encima (color gris oscuro) del valores medios frente a los que están por debajo (color gris claro). Se han considerado tres de los cinco modelos (1, 3 y 4).



Mod_Educa_1



Mod_Salud



Mod_Agua_1



- $\Theta <$ Eficiencia media
- $\Theta >$ Eficiencia media
- Municipios ausentes de la muestra

Gráfica 8. Representación de los municipios según sus niveles de eficiencia. Fuente: elaboración propia de los investigadores

2.3.2.1. Factores explicativos de la eficiencia

Una vez analizada la eficiencia técnica en el anterior apartado, el próximo paso es estudiar los factores que explican aquella. Los resultados se muestran en la tabla 13. Como puede apreciarse, el logaritmo de la inversión y su cuadrado son significativos (con la excepción del modelo 1) al 99% modelos #2, #4 y #5 ó al 95% modelo #3 y negativo y positivo respectivamente indicando una trayectoria de la eficiencia en forma de U. Los coeficientes de las dummies de región muestran

que en el modelo 1 la región de Ariari es menos eficiente que la omitida (Piedemonte). En el modelo #2 y #4, la región Capital es más eficiente que la omitida.

Tabla 13
Factores explicativos de la eficiencia

	1	2	3	4	5
variables	Mod_Educa_1 C. Est./E.Est.	Mod_Educa_2 C. Est./E.Est.	Mod_Salud C. Est./E.Est.	Mod_Agua_1 C. Est./E.Est.	Mod_Agua_2 C. Est./E.Est.
Constante	1.277** (0.401)	4.502** (1.376)	4.317** (1.569)	11.37** (2.096)	7.933** (1.861)
Lin_v_educ	-0.0856 (0.0913)	-0.928** (0.359)			
Lin_v_educ2	0.00400 (0.00492)	0.049** (0.022)			
Lin_v_salud			-0.839* (0.384)		
Lin_v_salud2			0.0473* (0.0233)		
Lin_v_agua				-2.596** (0.544)	-1.710** (0.496)
Lin_v_agua2				0.151** (0.034)	0.095** (0.032)
Reg_Ariari	-0.119* (0.0486)	0.030 (0.088)	-0.0190 (0.0706)	-0.178* (0.079)	0.059 (0.055)
Reg_Capital	0.134 (0.0965)	0.668** (0.205)	0.251 (0.244)	0.416** (0.161)	-0.010 (0.137)
Reg_Rio Meta	0.0819 (0.0735)	0.065 (0.122)	0.0778 (0.104)	-0.098 (0.118)	0.060 (0.084)
Log likelihood	12.41	-9.75	-2.98	-10.75	11.82
chi2(Prob)	13.02(0.023)	26.98(0.000)	18.17(0.002)	45.75(0.000)	57.69(0.000)
N	54	54	54	54	45

C.Est=Coeficiente Estimado; E.Est=Error Estándar; Errores estándar entre paréntesis. Región omitida Piedemonte
* p<0.05, ** p<0.01

Fuente: elaboración propia

2.4. Conclusiones

En los últimos años se ha producido una importante evolución de investigaciones en el campo de la economía pública, la economía regional y urbana, que analizan la eficiencia y la gestión de los gobiernos regionales o locales. Esta relevancia también queda reflejada en la cada vez mayor implicación de los gobiernos en términos de políticas públicas e instituciones de carácter privado, cuyas actividades están encaminadas a la auditoría o prestación de servicios públicos.

Esta investigación centra el interés en la eficiencia y sus factores explicativos de los municipios del Meta para el periodo 2010-2014, dada la disponibilidad de la información en términos de *inputs* y *outputs*. Con el fin de ofrecer una visión global y de forma complementaria, se realiza un análisis de la eficiencia a partir de las estimaciones del DNP para el periodo 2006-2014.

La metodología utilizada ha sido el análisis envolvente de datos DEA, cuya utilización está ampliamente aceptada en la literatura. No obstante, este trabajo tiene en cuenta sus debilidades relativas a su carácter determinístico, la influencia del tamaño muestral y los datos atípicos. Sin embargo, sus puntos fuertes la hacen idónea para investigaciones de estas características, entre los que se encuentran la posibilidad de trabajar con diferentes medidas (económicas y físicas) en *inputs* y *outputs*, poder realizar estimaciones con más de un *output*, explotar al máximo el tratamiento de los datos o no imponer formas funcionales al proceso productivo.

Los principales resultados a partir de la propuesta de una frontera intertemporal, dada la restricción de información disponible y los cinco modelos analizados, relativos a tres sectores de actividad de los municipios: educación (dos modelos), salud (un modelo) y agua potable (dos modelos), revelan lo siguiente:

Los niveles de eficiencia alcanzados han sido del 81,3% (educa_1), 49,7% (educa_2), 66,6% (salud), 52,8% (agua_1) y 62,2% (agua_2). Estos niveles de eficiencia ponen de manifiesto que, en términos medios, los municipios analizados podrían mejorar ostensiblemente la gestión de sus *inputs*.

La propuesta metodológica de frontera intertemporal supone que los municipios son considerados como unidades de análisis independientes cuando hay más de una observación por

municipio presente en la muestra. Esto implica que un municipio podría estar en la frontera y ser referente de sí mismo para otro año. En este sentido, no existen diferencias estadísticamente significativas de eficiencia entre municipios por tener mayor o menor número de observaciones en la muestra. Municipios tan diferentes como Uribe o Villavicencio, donde el primero tiene una superficie en km², muy por encima de la media de los municipios analizados, con una densidad poblacional muy por debajo de la media, en tanto el segundo registra lo contrario, muestran comportamientos eficientes en términos medios. En el caso de Uribe, con una observación en cada estimación, forma parte de la frontera ($\Theta=1$) en tres de los cinco modelos con RVE para los tres ámbitos de actividad. Villavicencio, con cuatro observaciones en el periodo temporal, mantiene elevados niveles de eficiencia media en cuatro de los cinco modelos ($\Theta=92, 8\%$, $81,8\%$ en educación, $92,3\%$ en salud y $76,8\%$ en agua).

Un análisis realizado con mayor detalle, utilizando la frontera de la eficiencia media global de todos los municipios según modelos y actividades como referente o *benchmarking*, muestra que 16 municipios (29,6%) se encuentran por encima del nivel de eficiencia medio en educación, 10 municipios (18,5%) lo están en salud y 13 municipios (24%) lo están en agua.

Los factores explicativos de la eficiencia que han resultado ser significativos para determinar la mayor aproximación o alejamiento de los municipios a la frontera han sido la inversión en relación con la población, en cualquiera de las actividades de educación, salud y agua, y las características de la región a la cual pertenecen los ayuntamientos en términos de población área o altitud.

La relación entre inversión normalizada por la población y la eficiencia es negativa y estadísticamente significativa. Los esfuerzos derivados de los niveles de inversión por habitante

podrían ejercer un poder disciplinador sobre la gestión y, quizás, la autonomía de esta; no obstante, los niveles de inversión no han podido ser considerados de forma acumulada y esto, probablemente, aportaría nuevas evidencias.

En relación con las limitaciones y posibles extensiones del trabajo, a pesar de haber obtenido cierta profundización respecto al objetivo obtenido, se hace necesaria la obtención de mayor información en cantidad (mayor tamaño muestral y espacio temporal) y calidad (variables vinculadas tanto al proceso productivo como a los factores determinantes de la eficiencia con carácter exógeno a las decisiones de los gerentes) que enriquezca los análisis y, por tanto, se alcance una mayor contribución a este tema poco explorado en Latinoamérica y en Colombia. Este camino podría abrir la posibilidad de aplicar otras metodologías y objetivos de investigación.

Capítulo 3

3. Análisis de la productividad, eficiencia y sus factores explicativos: El caso de las empresas colombianas 2005-2010

El análisis de la evolución de la eficiencia ha sido y es un tema central de interés, ya que como es conocida la competitividad de un país está estrechamente vinculado a las mejoras en la eficiencia productiva. Según la teoría económica, la productividad de una empresa puede ser expresada por la relación output / input. Las diferencias en este valor entre las diferentes empresas podrían, por ejemplo, explicarse por la tecnología de producción utilizada, la eficiencia con la que el proceso de producción tiene lugar o el entorno en el que opere la empresa. La teoría económica también ha desarrollado modelos que reflejan el comportamiento de un productor eficiente suponiendo un comportamiento optimizador, tanto en la función de la producción como en la asignación de los recursos de manera óptima.

Existen diferentes enfoques metodológicos para estimar la productividad¹. La mayoría de los trabajos sobre productividad realizados con datos de empresas o sectores industriales optan por enfoques metodológicos que presuponen la existencia de una función de producción (determinística o estocástica), y utilizan estas estimaciones para calcular medidas de eficiencia y/o de productividad de las empresas.

Como menciona Gómez (2015) el estudio de la evolución y los determinantes de la productividad en Colombia tiene una larga trayectoria a nivel regional o sectorial. En la tabla 1 se muestran algunos de los trabajos más representativos. Como puede apreciarse la presencia de trabajos que utilizan datos de panel prevalecen sobre el corte transversal. Igualmente prevalecen los trabajos que analizan varios sectores, siendo el DANE (Departamento Administrativo Nacional

de Estadística) la base datos utilizada. Finalmente atendiendo a las diferentes metodologías el análisis de la envolvente de datos (DEA) por sus siglas en inglés es la más utilizada, aunque sólo la mitad utilizan según etapa para explicar los factores determinantes de la eficiencia. En una reciente revisión de la literatura, Tabla 14, De Jorge-Moreno, Rojas y Díaz, (2015) pueden encontrarse referencias a nivel internacional.

Tabla 14

Revisión de la literatura

Autor/año	Periodo	Sector	Base de datos	Unidad de análisis	Metodología
Acevedo y Ramírez 2005	1992-2001	Confecciones	DANE	Departamentos	SFA
Almanza-Ramírez 2012	1999-2007	Banca	Superintendencia Fra.	Bancos	DEA+ Tobit
Badel 2002	1998-2002	Banca	Superintendencia Fra.	Bancos	DEA+OLS
Berrio y Muñoz 2005	1993-2003	Banca	Superintendencia Fra.	Bancos	DEA
Castro y Salazar 2011	2005	Agroquímicos	Instituto Agropecuario (ICA)	Empresas	DEA
De Jorge-Moreno et al 2014	2005-2010	Construcción	DANE	Establecimientos	DEA+ Tobit
Echevarría et al 2006	1981-2002	Varios	DANE	Establecimientos	Semiparamétrico
Eslava et al. 2004	1982-1998	Varios	DANE	Establecimientos	PTF_OLS (2SLS)
Eslava et al. 2013	1982-1999	Varios	DANE	Establecimientos	PTF_OLS (2SLS)
Fontalvo-Herrera 2014	2010	Entidad reg. Subsid.	Superintendencia Salud	Entidad	DEA
Gallón 2007	1977-2002	Varios	DANE	Departamentos	SFA
Gómez 2015	1992-2010	Varios	DANE	Establecimientos	DOLS-SURE

Iregui et al 2006	2002	Educación	ICFES	Colegios	SFA
Loaiza y Franco 2012	2000-2007	Varios	DANE	Establecimientos	SFA
Navarro et al. 2011	2009	Hospitales	Encuesta de América Economía	Hospital	DEA
Pinzón 2003	2001	Hospitales	Ministerio de la Protección Social	Hospital	DEA+ Tobit
Peñazola 2003	2001	Hospitales	Encuesta nacional hospitalaria	Hospital	DEA
Perdomo y Mendieta 2007	2004	Cafetero	Encuesta cafetera	Caficultores	DEA+OLS
Perdomo y Lee 2011	2004	Cafetero	Encuesta cafetera	Caficultores	SFA
Quintero et al 2008	2001-2004	Varios	DANE	Establecimientos	SFA
Rodríguez y Gómez 2012	2000-2007	Editorial	DANE	Establecimientos	DEA

Fuente: Elaboración propia

Este trabajo aborda como objetivos: i) el análisis de la eficiencia y el proceso de convergencia/divergencia a nivel estático y dinámico; ii) los factores determinantes de la eficiencia. En concreto se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Existen diferencias en la evolución de la eficiencia y la convergencia intersectorial en los sectores analizados en Colombia? ¿Qué patrones de crecimiento/disminución de la eficiencia se observan? ¿Cuáles son los factores explicativos de la eficiencia y qué relación guarda la evolución de esta con la dinámica de los mercados? Una vez definidos los objetivos, el trabajo se organiza de la siguiente manera; en la sección siguiente, se describen las principales características descriptivas de las variables utilizadas, en la sección 3 se presentan los resultados; medición de la productividad, eficiencia y

sus factores explicativos. Finalmente, la sección 5 recoge las principales conclusiones de este trabajo.

3.1. Datos y variables utilizadas

La base de datos utilizada en este trabajo ha sido elaborada a partir de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), administrada por el (DANE CIIU rev. 4A.C)² de la Agencia Nacional De Estadística de Colombia, para el periodo 2005-2010. Los establecimientos analizados pertenecen a 27 sectores que suponen un panel completo de 6348 empresas/año y para las que se tiene información sobre las variables relevantes utilizadas que son: las ventas, como medida de la producción; el activo, como medida del capital; los consumos intermedios; y los gastos de personal. A los efectos del análisis de eficiencia que más adelante se expondrá, hubiese sido deseable que tanto el consumo de materiales como el flujo de servicios se expresasen en unidades físicas, para evitar problemas derivados de regulaciones contables; sin embargo, las limitaciones de la información disponible obligan a tomar directamente las variables contables, expresadas en unidades monetarias constantes.

La elección de los gastos de personal en lugar del número de empleados se debe a la imposibilidad de trabajar con esta variable. No obstante, las variables utilizadas en input y output siguen las recomendaciones de la literatura y utilizadas por De Jorge-Moreno y Sanz-Triguero, (2010), De Jorge-Moreno y Suarez, (2010), entre otros. En la tabla 1A en el anexo se muestra la estadística descriptiva de estas variables para los años del análisis. Dado el ámbito temporal del estudio, todas las variables se deflactan y se expresan en miles de pesos colombianos. La conversión a pesos constantes se ha realizado utilizando el índice de precios al productor (IPP, 2014 = 100), por sector CIIU tres dígitos; fuente: Banco de la República-DANE.

3.2. Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a través de las metodologías propuestas. En la sub sección 3.1 se presenta la medición de la eficiencia, en la sub sección 3.2 el análisis de convergencia y de la distribución de la eficiencia, en la sub sección 4.4 el crecimiento de la productividad y sus factores. Finalmente, la sub sección 3.5 presenta los factores determinantes de la eficiencia.

3.3.1. Medición de la eficiencia

En esta sub sección se presentan los resultados obtenidos una vez resueltos los programas que se especifican en la ecuación [6]. Estos programas se han aplicado para cada empresa, sector y período de tiempo, calculando de esta forma las funciones de distancia inter-anales como las inversas de las medidas de Farrell (1957) que maximizan los outputs, para cada sector de forma individualizada.

En este trabajo se opta por las técnicas no paramétricas para el análisis de la eficiencia. Algunas de las justificaciones de esta metodología radican en poder explotar al máximo los datos de los que se dispone y la técnica de programación lineal puede realizar adecuadamente ese cometido. En particular, se utiliza como ya fue comentado, el análisis de la envolvente de datos (DEA). Si comparamos esta metodología con los análisis paramétricos, el DEA muestra algunas ventajas. Así, permite introducir en los análisis múltiples inputs y outputs medidos en distintas unidades, explora los orígenes de la ineficiencia cuantificando el sobreuso de inputs o las cantidades de output necesarias y, además, no requiere realizar ninguna hipótesis inicial sobre la forma específica de la frontera de producción. Estas circunstancias han motivado la elección del DEA en este trabajo. Sin embargo, es preciso advertir que los resultados pueden estar limitados por distintas

debilidades de esta metodología, tales como la influencia de los datos atípicos y la imposibilidad de realizar inferencias estadísticas y contrastes de hipótesis³.

La formulación DEA del modelo CCR de Charnes, Cooper y Rhodes, (1978) bajo rendimientos de escala constantes (en adelante RCE) es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max. } \Theta \\
 & \text{s.a} \\
 & Y\lambda - y_r \Theta \geq 0 \\
 & X\lambda - x_i \Theta \leq 0 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

Ecuación 6. Formula DEA. Fuente: elaboración propia.

Donde Θ indica la distancia en outputs a la envolvente de datos, es decir, la medida de eficiencia. Y_r el número de outputs $(1, 2, \dots, r) \in R_+^n$ producidos por la unidad evaluada (DMU), x_i el número de inputs $(1, \dots, i) \in R_+^n$. X es la matriz de inputs de orden $(m \times n)$. Y es la matriz de outputs de orden $(s \times n)$. λ es el vector $(n \times 1)$ de pesos o intensidades. x_i e y_r representan los vectores de inputs y outputs, respectivamente. La técnica DEA puede operar bajo rendimientos de escala variables (en adelante RVE), modelo BCC, Banker, Charnes y Cooper, (1984), indicando el valor de la Eficiencia Técnica Pura. En este caso debe considerarse la restricción $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$; $j=1, \dots, n$.

El cálculo de la eficiencia sobre las mismas unidades de decisión considerando RVE y RCE facilita la determinación de la Eficiencia de Escala (EE), a través del cociente entre RCE Y RVE. En este sentido, se considera que la ineficiencia técnica pura procede del consumo excesivo de los recursos del que dispone la entidad para el nivel de producción de outputs que realiza. Sin embargo,

la ineficiencia de escala se origina cuando la entidad produce por debajo o por encima de su capacidad productiva y tiene lugar cuando el valor de la RCE es menor que el valor de la RVE. Como fue mencionado, suponemos orientación outputs dado el interés de la maximización del mismo que los gestores pueden tener y rendimientos variables de escala como consecuencia de la imperfección del mercado o las posibles restricciones financieras (ver Coelli, Prasada y Battese, 2002). No obstante, en las estimaciones iniciales se presentarán los resultados con rendimientos constantes de escala, al objeto de completar mejor los resultados al poder proporcionar información sobre la ineficiencia de escala.

Los resultados obtenidos a partir del software DEAP (Coelli, 1996) para la eficiencia media anual por medio del programa [1] para cada grupo de sectores se recogen en la tabla 15. La información se refiere al año inicial en la medida en que los niveles de partida estarán condicionando las tasas de cambio de los índices de los distintos tipos de eficiencia, y final del período estudiado (en las grafica 9, que se muestran, más adelante puede verse la evolución temporal de la eficiencia, por sectores). En este sentido, los valores de la tasa de crecimiento bajo el supuesto de RCE indican que tan sólo 5 sectores (19,2%); Otros sectores agrícolas, Productos de Caucho, Productos de Plástico, Fabricación de productos de cemento y Otras industrias manufactureras han obtenido incrementos en los valores medios de eficiencia. Bajo el supuesto de RVE se mantienen los mismos sectores que experimentaban crecimientos medios de eficiencia con RCE; Otros sectores agrícolas, Fabricación de productos de cemento y Otras industrias manufactureras y se incorpora Otras industrias metálicas.

Tabla 15
Índices de eficiencia de los sectores analizados años inicial y final

Descripción sector	2005			2010			Tasa	Tasa
	RCE	RVE	SE	RCE	RVE	SE	Cto.	Cto.
Agrícola con Predominio Exportador	0.617	0.721	0.856	0.602	0.711	0.847	-0.024	-0.014
Otros Sectores Agrícolas	0.657	0.756	0.869	0.708	0.829	0.854	0.078	0.097
Productos Alimenticios	0.708	0.738	0.959	0.669	0.719	0.930	-0.055	-0.026
Fabricación de Telas y Actividades Relacionad	0.851	0.886	0.960	0.822	0.843	0.975	-0.034	-0.049
Fabricación de Prendas de Vestir	0.759	0.801	0.948	0.718	0.771	0.931	-0.054	-0.037
Curtiembre y Manufacturas De Cuero								
Diferentes	0.860	0.896	0.960	0.841	0.891	0.944	-0.022	-0.006
Manufactura de Calzado y Productos								
Relacionad	0.866	0.894	0.969	0.775	0.833	0.930	-0.105	-0.068
Preparación de Madera Y Elaboración De								
Producto	0.843	0.919	0.917	0.808	0.888	0.910	-0.042	-0.034
Fabricación de Papel, Cartón Y Derivados	0.898	0.921	0.975	0.86	0.899	0.957	-0.042	-0.024
Productos Químicos	0.714	0.764	0.935	0.68	0.733	0.928	-0.048	-0.041
Productos de Caucho	0.878	0.938	0.936	0.911	0.933	0.976	0.038	-0.005
Productos de Plástico	0.731	0.832	0.879	0.78	0.820	0.951	0.067	-0.014
Fabricación de Vidrio Y Productos De Vidrio	0.888	0.941	0.944	0.885	0.936	0.946	-0.003	-0.005
Fabricación de Productos Minerales No								
Metálico	0.845	0.890	0.949	0.743	0.829	0.896	-0.121	-0.069
Fabricación de Productos de Cemento,								
Hormigón	0.785	0.901	0.871	0.856	0.904	0.947	0.090	0.003
Industrias Metálicas Básicas	0.888	0.910	0.976	0.884	0.926	0.955	-0.005	0.018
Industria Metalmeccánica Derivada	0.777	0.855	0.909	0.72	0.815	0.883	-0.073	-0.047
Fabricación de Vehículos Automotores	0.835	0.889	0.939	0.814	0.850	0.958	-0.025	-0.044
Otras Industrias Manufactureras	0.670	0.744	0.901	0.688	0.745	0.923	0.027	0.001
Fabricación de Otros Productos con Materiales	0.878	0.909	0.966	0.82	0.887	0.924	-0.066	-0.024
Fabricación de Maquinaria y Equipo	0.817	0.874	0.935	0.748	0.787	0.950	-0.084	-0.100
Comercio de Vehículos Actividades Conexas	0.767	0.805	0.953	0.704	0.740	0.951	-0.082	-0.081
Comercio Al Por Mayor	0.559	0.607	0.921	0.555	0.59	0.941	-0.007	-0.028
Comercio Al Por Menor	0.603	0.646	0.933	0.539	0.610	0.884	-0.106	-0.056
Comercio de Combustibles y Lubricantes	0.828	0.892	0.928	0.801	0.869	0.922	-0.033	-0.026
Actividades de Informática	0.747	0.827	0.903	0.659	0.772	0.854	-0.118	-0.067
Otras Actividades Empresariales	0.744	0.808	0.921	0.711	0.777	0.915	-0.044	-0.038

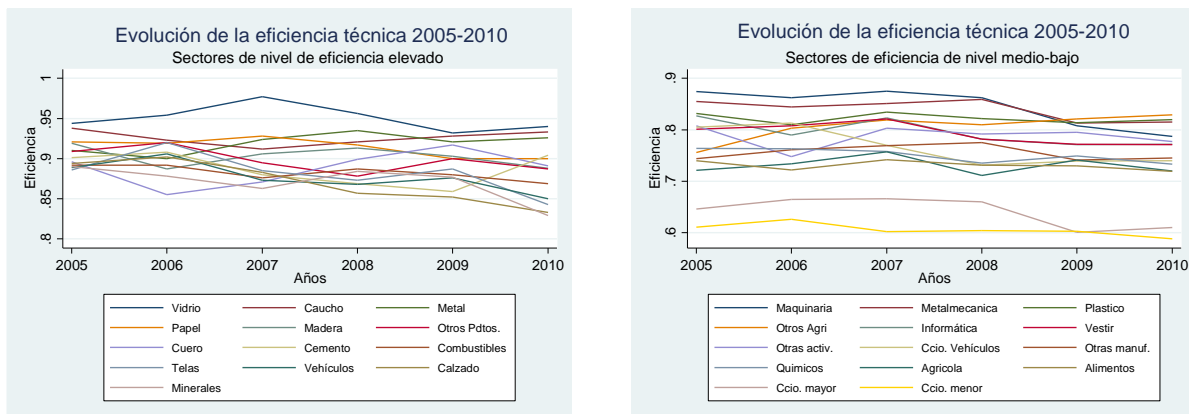
Fuente: Elaboración propia

Los sectores mencionados que mejoran su eficiencia se encuentran en el ámbito de la agricultura y con mayor intensidad de capital dentro de la industria. En el caso de los sectores con mayor contenido comercial en sus actividades, ninguno de los seis experimenta mejoras. La interpretación de los índices de eficiencia para cada actividad y sector debe realizarse de forma

individualizada. Por ejemplo, en el caso de la actividad agrícola el sector, Otros sectores agrícolas, como media del conjunto de empresas del sector en el año inicial 2005, el índice de eficiencia técnica bajo RCE es del 65,7 por ciento, indicando que las empresas que operan en este sector dado su nivel de recursos podrían producir un mayor nivel de outputs (34,3%).

En relación a las causas de esta ineficiencia, los resultados muestran que el índice de eficiencia técnica pura es del 75,6 por ciento; es decir, dado el tamaño de las empresas, su alejamiento respecto a la frontera con rendimientos variables a escala (RVE) explica un consumo adicional de inputs del 21,4 por ciento, siendo, en consecuencia, junto con la ineficiencia de escala responsables de la mayor parte de las ineficiencias técnicas. Los resultados obtenidos para el año 2010 no aportan otras conclusiones relevantes además de las ya apuntadas; en cualquier caso, se observa una cierta mejora en la eficiencia técnica, que es el resultado del progreso de los índices de eficiencia de escala. Aunque en el caso de Otros sectores agrícolas e Industrias Metálicas el acercamiento a la frontera es la principal causa de la mejora experimentada en 2010. En los sectores Fabricación de productos de cemento y Otras industrias manufactureras tanto el acercamiento a la frontera como la escala son los causantes de la mejora con mayor incidencia de este último factor.

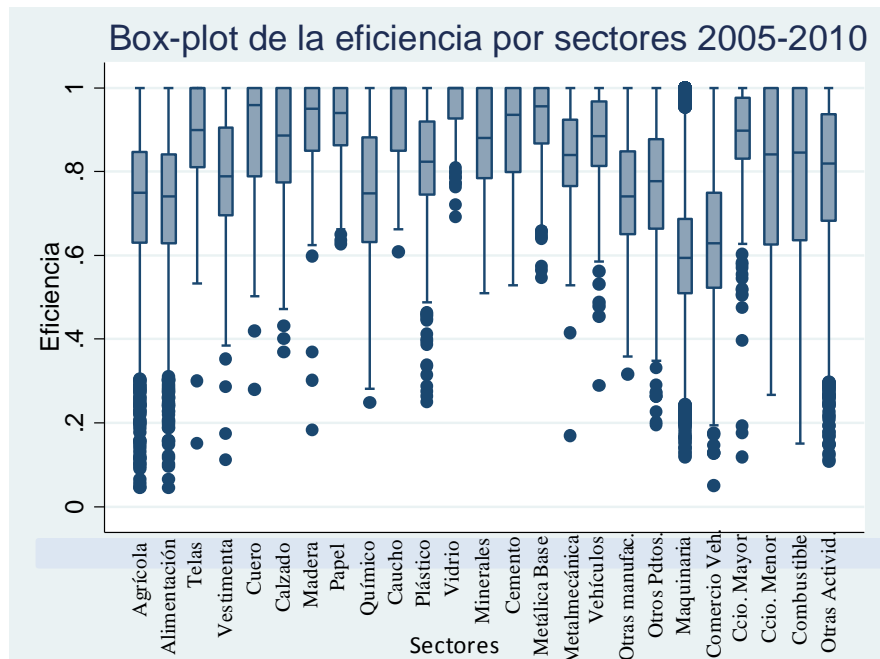
En términos generales, los dos sectores que presentan los mayores niveles de eficiencia son Fabricación de vidrio, Productos de Caucho e Industrias metálicas básicas con 93,6%, 93,3% y 92,6% respectivamente. Mientras que los sectores con menores niveles son Agrícola con predominio exportador, Comercio al por menor y Comercio al por mayor con 71,1%, 61% y 59% respectivamente. La gráfica 1, muestra la evolución de la eficiencia en el periodo analizado en dos grupos de sectores de alto y medio-bajo nivel de eficiencia. En general no existen tendencias crecientes/decrecientes manteniendo proyecciones asintóticas con el eje temporal.



Gráfica 910. Evolución de la eficiencia por grupos de sectores. Fuente: elaboración propia

3.3.2. Análisis de la distribución de la eficiencia y la convergencia

En este subapartado se llevará a cabo un análisis de la distribución y convergencia de la eficiencia, para determinar las mejoras o empeoramientos de la misma de forma global. En primer lugar, se prestará atención al análisis Box Plot ya que suministra información sobre los valores mínimo y máximo, los cuartiles, y sobre la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución. La gráfica 10, muestra, por ejemplo, la presencia de valores que podrían considerarse atípicos en la mayor parte de sectores, con especial mención en los sectores agrícola, alimentación, plástico etc. También muestra como el rango intercuartílico que contiene la mediana (línea horizontal dentro del rectángulo) se localiza en diferentes zonas de la distribución y con diferentes dimensiones. Por ejemplo, sectores con alta concentración de los valores de eficiencia como el vidrio o el químico frente a sectores como el comercio al por menor y combustible con la mayor dispersión. El sector de maquinaria tiene el rango intercuartílico en la zona media-baja e incluso con la consideración de valores atípicos en la parte superior e inferior.



Gráfica 110. Box Plot de la eficiencia por sectores. Fuente: elaboración propia

En segundo lugar, a la forma externa de la distribución por medio de las funciones de densidad kernel en los años inicial y final 2005 y 2010. Como ya fue comentado debido a que las distribuciones de la eficiencia son no normales la aplicación de estas funciones permite capturar rasgos importantes que podrían presentarse. El enfoque no paramétrico requiere escoger un método para suavizar los datos. El método elegido suele ser el de suavizado kernel. Una de las ventajas de las funciones de densidad Kernel es la no imposición, de una forma funcional concreta a la distribución. Con la aplicación del kernel, y en particular estimando un kernel gaussiano con amplitud de ventana óptima se obtienen los gráficos que se muestran en la gráfica 3.

En nuestro caso, como paso previo al análisis de convergencia/divergencia con funciones kernel se ha contrastado la hipótesis de igualdad de funciones de densidad y la existencia de una o más modas en la distribución. Para ello, se ha aplicado el test gráfico y por medio de técnicas bootstrap la obtención del pvalor a través del paquete *sm* de R, véase Bowman y Azzalini, (1997) y *diptest*

(Hartigan, 1985). En la tabla 16, se muestran los contrastes estadísticos de igualdad de densidades kernel en la columna 2 y contraste de la existencia de uni-modalidad en las columnas 3 y 4 para los años 2005 y 2010 respectivamente. En relación con el contraste de igualdad de densidades, más del 50% de los sectores muestran diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 16.

Contrastes estadísticos de igualdad de densidades kernel (Bowman y Azzalini 1997)

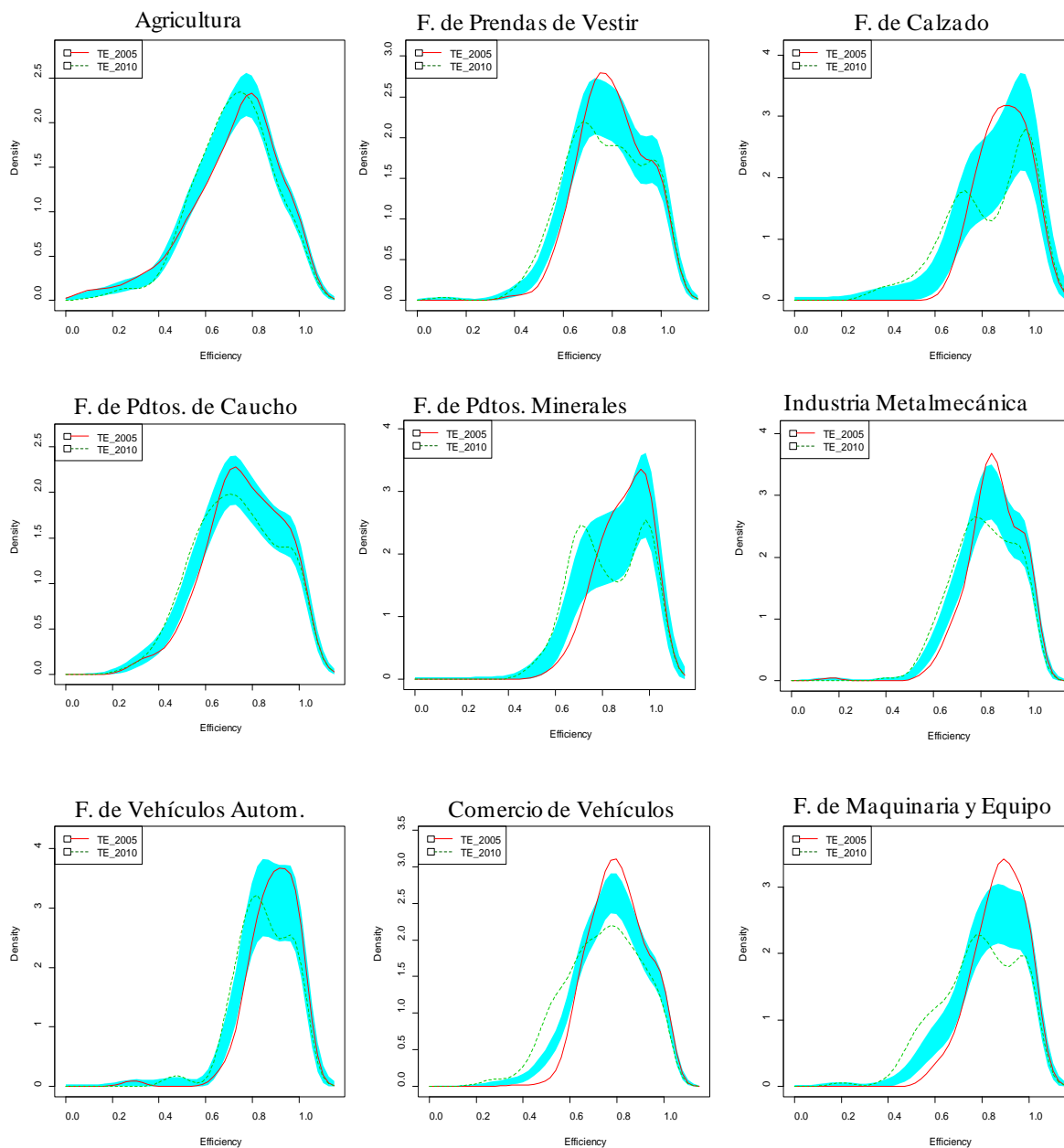
Sector	Contraste	Contraste Modas	
	Dif. Kernel	2005	2010
	P. valor	P. valor	P. valor
Agrícola con predominio exportador	0.02**	0.00**	0.00**
Otros sectores agrícolas	0.13	0.78	0.53
Productos alimenticios	0.20	0.00**	0.00**
Fabricación de telas y actividades relacionad	0.50	0.35	0.08
Fabricación de prendas de vestir	0.02**	0.00**	0.00**
Curtiembre y manufacturas de cuero diferentes	0.83	0.19	0.99
Manufactura de calzado y productos relacionad	0.00**	0.04**	0.06*
Preparación de madera y elaboración de productos	0.04**	0.78	0.16
Fabricación de papel, cartón y derivados	0.43	0.7	0.23
Productos químicos	0.51	0.00**	0.00**
Productos de caucho	0.01**	0.78	0.42
Productos de plástico	0.03**	0.00**	0.00**
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	0.00**	0.77	0.07*
Fabricación de productos minerales no metálicos	0.01**	0.89	0.00**
Fabricación de productos de cemento, hormigón	0.83	0.64	0.71
Industrias metálicas básicas	0.69	0.99	0.92
Industria metalmeccánica derivada	0.00**	0.00**	0.00**
Fabricación de vehículos automotores	0.01**	0.00**	0.00**
Otras industrias manufactureras	0.75	0.00**	0.00**
Fabricación de otros productos con materiales	0.23	0.04**	0.00**
Fabricación de maquinaria y equipo	0.00**	0.00**	0.02**
Comercio de vehículos y actividades conexas	0.00**	0.00**	0.00**

Comercio al por mayor	0.00**	0.04**	0.04**
Comercio al por menor	0.00**	0.00**	0.00**
Comercio de combustibles y lubricantes	0.00**	0.00**	0.00**
Actividades de informática	0.15	0.97	0.16
Otras actividades empresariales	0.26	0.26	0.54

** , * , Estadísticamente significativo al 1% y 5% respectivamente

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 11, se muestran seis sectores con diferentes patrones de divergencia (la distribución de la eficiencia del año 2010 se desplaza hacia el origen). Los sectores Fabricación de Calzado y Fabricación de Productos Minerales presentan bi-modalidad en el año 2010, frente a la uni-modalidad del año 2005. Los otros siete sectores de la gráfica presentan uni-modalidad. El resto de los sectores omitidos presenta patrones similares a los recogidos en la gráfica 3 (divergencia y uni-modalidad).



Gráfica 11. Contraste de funciones de densidad kernel. Fuente: Elaboración propia

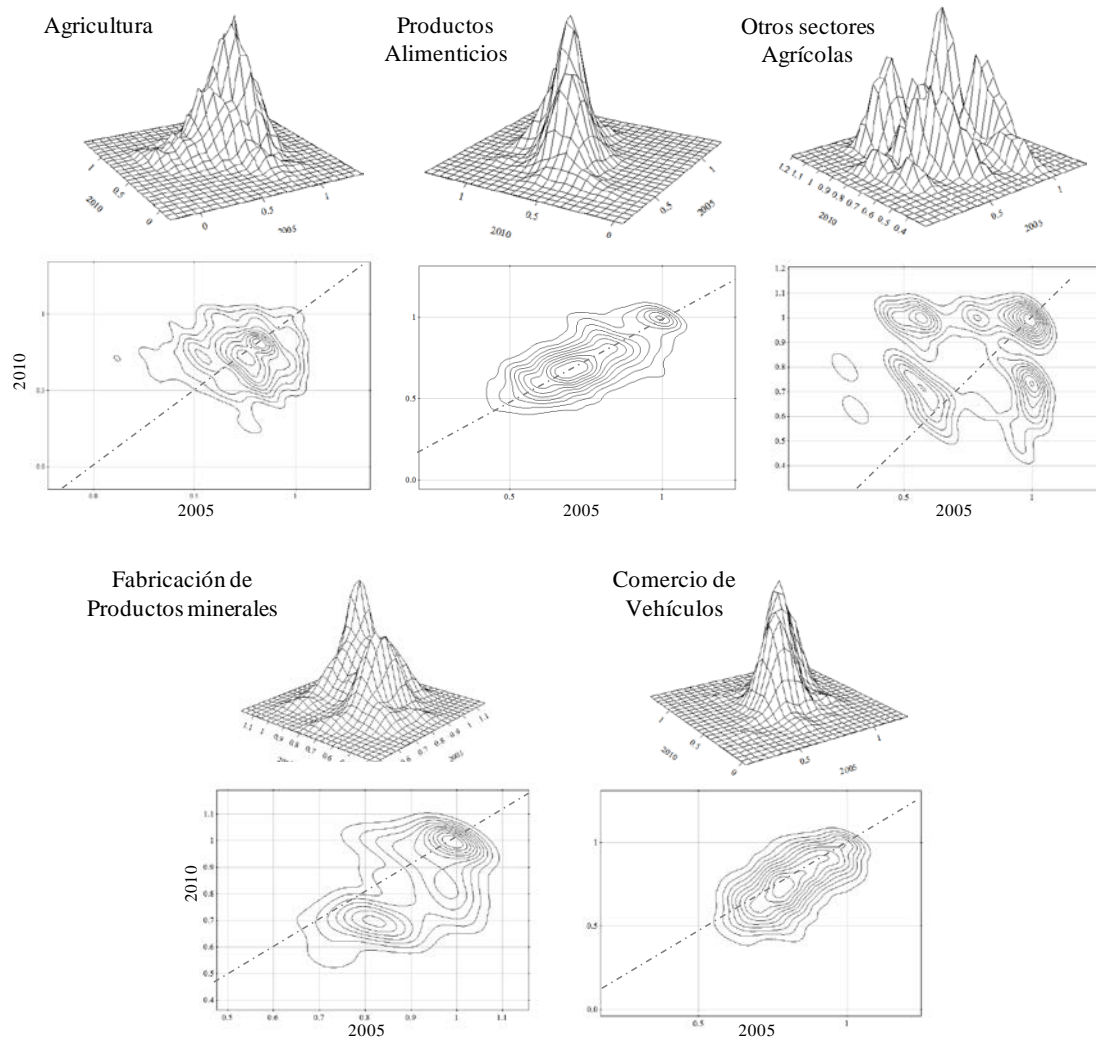
En tercer lugar, se utilizarán los kernels estocásticos entre el primer y último año. En el análisis anterior se han mostrado las formas externas de la distribución. Una manera de poder analizar los movimientos intra-distribucionales es mediante el cálculo de las conocidas matrices de transición. Este método implica que los resultados dependen del número y amplitud de los intervalos

considerados. Por ello, autores como, Quah, 1997; Stokey y Lucas, (1989) prefieren analizar la dinámica dentro de la distribución por medio de una aproximación continuada basada en el empleo de kernels estocásticos, que no son otra cosa que el equivalente a una matriz de transición con un número de intervalos que tiende a infinito.

La gráfica 12 muestra los gráficos tridimensionales y de contorno para cada grupo y sectores seleccionados. El kernel estocástico puede aproximarse a partir de la estimación de la función de densidad de la distribución en un período determinado, $t+k = 2010$, condicionada a los valores correspondientes a un período anterior, $t = 2005$; para ello, se lleva a cabo la estimación no paramétrica de la función de densidad conjunta de la distribución en los momentos t y $t+k$. En la parte tridimensional de los gráficos, el eje X representa los valores de la eficiencia en 2005, el eje Y representa los valores de la eficiencia diez años después, es decir 2010, mientras que el eje Z representa la densidad (o probabilidad condicionada) de cada punto en el espacio X - Y . Las líneas paralelas al año 2010 muestran la probabilidad de transitar desde el punto que se considere en el eje X a cualquier otro punto en el eje Y . En la gráfica 12, se presentan los kernel estocástico de cinco sectores que muestran diferentes procesos (el resto de los sectores se comportan de forma similar a los de la gráfica). La masa probabilística, se muestra sobre la diagonal y en la parte superior (Agricultura), sólo sobre la diagonal con (Productos Alimenticios y Comercio de Vehículos), en la diagonal y por debajo de la misma (Fabricación de Productos Minerales) y sobre la diagonal y zonas inferior y superior de la diagonal (Otros sectores Agrícolas). Una forma más sencilla de analizar este fenómeno se refleja en el mismo gráfico, por medio de los diagramas de contorno, que representan cortes paralelos a la base del kernel (espacio X - Y) a alturas equidistantes. Se trata por tanto de puntos de igual altura y densidad. Si las líneas de contorno se sitúan a lo largo de la diagonal positiva el grado de movilidad es reducido, mientras que si no se concentran

alrededor de la misma ha existido movilidad, tanto mayor cuanto más se alejen esas líneas de la diagonal.

El sector agrícola muestra un núcleo o polo en la diagonal y otro por encima de la misma confirman que un grupo de empresas a mejorado sus niveles de eficiencia (convergen). Lo contrario ocurre en el sector de Productos Minerales, al situarse uno de los núcleos por debajo (divergencia). En el caso de los Productos Alimenticios y Comercio de Vehículos no existe movilidad (estancamiento). En este último sector no hay presencia clara del núcleo de empresas de alto nivel de eficiencia. Por último, el sector Otros productos Agrícolas, muestra cuatro núcleos, dos por encima y otro por debajo (convergencia y divergencia respectivamente). Y un cuarto núcleo sobre la diagonal. Este último sector presenta un claro proceso de estratificación.



Gráfica 122. Dinámica intra-distribucional según sectores seleccionados (2005-2010). Fuente: Elaboración Propia

3.3.3. Análisis del crecimiento de la productividad y sus componentes

La medida de cambio productivo y técnico entre dos períodos de tiempo se obtiene a través del índice de Malmquist. En este trabajo se utiliza este índice basado en el output. La ilustración del índice de Malmquist (en adelante MALM), siguiendo a Grosskopf (1993), quedaría recogida en la siguiente ecuación:

$$m_i(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_i^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_i^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_i^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

Ecuación 7. Formula de Malmquist. Fuente: elaboración propia

Esta gráfica representa la productividad del punto de producción (x_{t+1}, y_{t+1}) relativo al punto de producción (x_t, y_t) . Un valor mayor que $MALM > 1$ indicaría un crecimiento positivo de la productividad total de los factores desde el período t a $t+1$. Este índice, es la media geométrica de dos índices inputs-base (MALM). Un índice tecnológico utilizado en el período t y otro en $t+1$.

Los cambios en la eficiencia productiva (*catching-up*) ocurridos en dos períodos de tiempo serán atribuibles a cambios en la eficiencia técnica pura y a cambios en la eficiencia de escala. Estos dos componentes tendrán la forma siguiente:

$$C_{EP}(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \frac{ETP^{t+1}}{ETP^t} \times \frac{ETS^{t+1}}{ETS^t}$$

Ecuación 8. Formula de eficiencia productiva. Fuente: elaboración propia

Donde el primer término captaría los cambios en la eficiencia técnica ocurridos entre los períodos t y $t+1$ debidos exclusivamente a cambios en la eficiencia técnica pura, mientras que el segundo término captaría los cambios en la eficiencia técnica global debidos únicamente a cambios de escala.

Las estimaciones correspondientes al cambio productivo, representado por el índice de Malmquist (MALM), y a su descomposición en cambio en la eficiencia técnica (CEFT) y cambio técnico (CT), se han realizado comparando períodos adyacentes, permitiendo que cambie la tecnología. Los resultados según sectores se resumen en la tabla 17. En ambas tablas los sectores han sido ordenados de mayor a menor según el nivel de crecimiento de la productividad.

Tabla 17

Crecimiento de la productividad y sus componentes (valores medios 2005-2010)

Descripción sector	Índice	Cambio	Cambio	Cambio	Cambio
	Malmquist	Técnico	eficiencia	ET	ET
	MALM	CT	CEFT	Pura	escala
Otros sectores agrícolas	1.016	0.998	1.019	1.024	0.995
Actividades de informática	1.012	1.043	0.970	0.984	0.987
Agrícola con predominio exportador	1.004	0.989	1.015	1.004	1.011
Productos de caucho	1.003	0.995	1.008	0.999	1.009
Comercio al por mayor	1.002	1.011	0.995	0.971	1.025
Productos alimenticios	1.001	1.014	0.987	0.994	0.993
Industrias metálicas básicas	1.001	1.001	1.000	1.004	0.996
Manufactura de calzado y productos relac.	0.999	1.026	0.973	0.982	0.991
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000
Fabricación de productos de cemento, hormigón	0.996	0.977	1.019	1.001	1.017
Otras industrias manufactureras	0.996	0.992	1.004	1.000	1.005
otras actividades empresariales	0.995	1.009	0.987	0.990	0.997
Fabricación de papel, cartón y derivados	0.994	1.003	0.991	0.995	0.996
Productos químicos	0.994	1.005	0.989	0.990	0.999
Curtiembre y manufacturas de cuero diferentes	0.993	1.000	0.994	0.998	0.996
Fabricación de maquinaria y equipo	0.993	1.015	0.979	0.976	1.003
Comercio de vehículos y actividades conexas	0.993	1.014	0.979	0.980	0.999
Fabricación de prendas de vestir	0.992	1.005	0.986	0.990	0.996
Productos de plástico	0.992	0.978	1.014	0.997	1.017
Fabricación de otros productos con materiales	0.991	1.004	0.986	0.995	0.992
Comercio de combustibles y lubricantes	0.991	0.999	0.993	0.995	0.998
Industria Metalmecánica derivada	0.990	1.005	0.985	0.990	0.994
Comercio al por menor	0.988	1.014	0.974	0.986	0.989
Preparación de madera y elaboración de produc	0.987	0.994	0.993	0.996	0.997
Fabricación de telas y actividades relacionad	0.986	0.997	0.989	0.986	1.003
Fabricación de productos minerales no metalic	0.984	1.015	0.970	0.984	0.985
Fabricación de vehículos automotores y sus pa	0.979	0.984	0.995	0.991	1.004

Fuente: Elaboración Propia

En relación con el crecimiento de la productividad ($MALM > 1$) sólo siete sectores (26%) experimentan incrementos de la productividad. El resto de los 20 sectores experimenta decrecimientos de la productividad. En relación a las causas que explican los crecimientos/decrecimientos difieren de unos sectores a otros. Para una mayor comprensión procederemos a clasificar las causas según la combinación que se ofrece en la tabla 18. Grupo 1, con $MALM > 1$ y $CT > 1$ y $CEFT > 1$, es decir, empresas que experimentan incrementos de productividad como consecuencia de progreso tecnológico y acercamiento a la frontera. En este grupo no se encuentra ningún sector. Grupo 2, con $MALM > 1$ y $CT > 1$ y $CEFT < 1$, crecimientos de productividad, explicados por progreso tecnológico y alejamiento de la frontera que como media del periodo han alcanzado tasas anuales de (Actividades de informática 1,2%; Comercio al por mayor 1,1%; Productos alimenticios 0,1%; Industrias Metalmecánicas 0,1%). Grupo 3, con $MALM > 1$ y $CT < 1$ y $CEFT > 1$, crecimientos de productividad por efecto *catching-up* (acercamiento a la frontera) pero en presencia de regreso técnico (Otros sectores agrícolas 1,6%; Agrícola con predominio exportador 0,4; Productos de caucho 0,3%;).

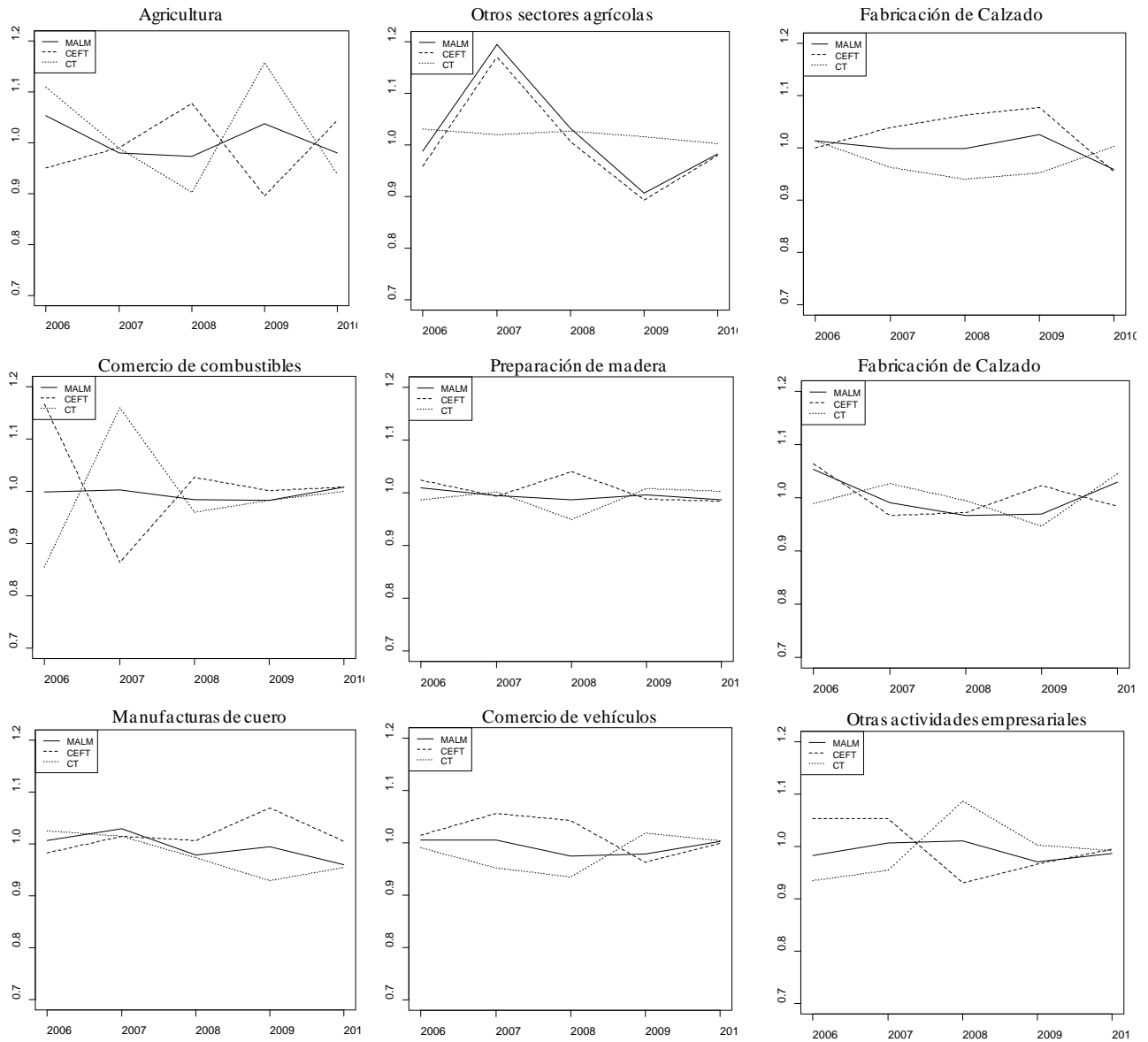
Tabla 18

Formación de grupos según las causas Cambio técnico o en eficiencia

Grupos	Índice de Malmquist MALM	Cambio técnico CT	Cambio en eficiencia CEFT	Descripción sectores
1	> 1	> 1	> 1	-
2	> 1	> 1	< 1	Actividades de informática (4,3) Comercio al por mayor (1,1) Productos alimenticios (1,4) Industria Metalmecánica (0,1)
3	> 1	< 1	> 1	Otros sectores agrícolas (1,6) Agrícola con predominio exportador (0,4) Productos de caucho (0,3)
4	< 1	≥ 1	< 1	Otras actividades empresariales (-0,5) Fabricación de papel, cartón, derivados (-0,6) Productos Químicos (-0,6) Manufacturas de cuero (-0,7)

				Fabricación de maquinaria y equipos (-0,7)
				Comercio de vehículos y actividades conex(-0,7)
				Fabricación prendas de vestir (-0,8)
				Fabricación de otros productos con mater. (-0,9)
				Industria metalmecánica derivada(-1,0)
				Comercio al por menor(-1,2)
				Fabricación de productos minerales (-1,6)
5	< 1	<1	>1	Fabricación de productos de cemento (-0,4)
				Otras industrias manufactureras (-0,4)
				Productos de Plástico (-0,8)
6	< 1	< 1	< 1	Comercio de combustibles y lubricantes (-0,9)
				Preparación de madera y elaboración de P. (-1,3)
				Fabricación de telas y actividades relac (-1,4)
				Fabricación de vehículos automotores(-2,1)

Finalmente, los grupos 4 a 6 recogen a los sectores que experimentan disminución de la productividad en el periodo 2005-2010 $MALM < 1$. Esta pérdida puede ser consecuencia del alejamiento de la frontera en presencia de progreso tecnológico grupo 4; acercamiento a la frontera en presencia de regreso técnico grupo 5 ó regreso técnico y alejamiento de la frontera simultáneamente, grupo 6. En la gráfica 13, se muestran las tendencias de MALM y sus componentes CT y CEFT a lo largo del tiempo. Se han seleccionado seis sectores (el resto tienen patrones similares a los que contiene la gráfica). Como puede apreciarse en general el comportamiento de CT y CEFT es antagonista, aunque con diferentes patrones de tendencia.



Gráfica 13. Evolución de la productividad y sus componentes. Fuente: Elaboración Propia

Debido a la regresión del cambio de la eficiencia media de las empresas analizadas en 20 de los sectores (74%), conviene realizar la descomposición de la misma en cambio en eficiencia técnica pura y cambio en eficiencia de escala, de esta forma, es posible analizar con mayor profundidad las causas de la regresión ocurrida durante el período estudiado. Los valores medios alcanzados en

el período analizado se presentan en la misma tabla 15 (columnas 5 y 6). La condición de presencia de regreso de la eficiencia sería $CEFT < 1$.

La consideración realizada se ha efectuado en base a rendimientos de escala variables. Autores como Zofío (2001) recogen la controversia surgida a la hora de identificar e interpretar convenientemente la contribución que los cambios en la escala tienen sobre las variaciones en la productividad, indicando las distintas interpretaciones que se han dado a cada uno de los distintos términos propuestos en la literatura. En este trabajo se ha optado por la descomposición inicialmente propuesta por Färe (1994), que descompone la variación de la eficiencia técnica en dos términos. En primer lugar, la eficiencia técnica pura establecida como la distancia que separa a la empresa de la frontera, siempre considerando la escala de operaciones en la que opera, de forma que la frontera permite la existencia de rendimientos variables a escala. En segundo lugar, la eficiencia de escala que evalúa la variación que existe entre la productividad obtenida en la proyección eficiente de la empresa sobre la frontera eficiente para su escala de operaciones, y la obtenida por las empresas que operan en la escala más productiva.

Con objeto de simplificar el análisis clasificaremos a los sectores en dos subgrupos: Subgrupo A; aquellos que tienen valores de cambio en eficiencia de pura y de escala menores a 1 y subgrupo B; los que tienen valores de eficiencia técnica pura menor que 1 pero eficiencia de escala mayor que 1. Las empresas que pertenecen a los sectores incluidos en el subgrupo A, muestran que el alejamiento de la frontera eficiente se debe tanto al decrecimiento de la eficiencia técnica pura como de la eficiencia de escala, por tanto, las empresas tienden a alejarse de la escala de operaciones de las empresas líderes en las variaciones en la productividad. Esta tendencia decreciente del cambio de eficiencia productiva se vincula, principalmente, a la eficiencia pura en la mayoría de los sectores (16 sectores). Por ejemplo, en el sector Actividades de Informática tabla

2, la tasa media anual en cambio de eficiencia productiva es de -3,0 [0.970-1] por ciento, correspondiente a un -1,6 por ciento, imputable a la eficiencia técnica pura, y a un -1,3 por ciento, atribuible a la de escala. Este efecto es observable con otros valores en el resto de los sectores con la excepción de Comercio al por mayor, Fabricación de maquinaria y equipos, Fabricación de telas y actividades relacionadas y Fabricación de vehículos.

Así, se deduce que las variaciones en la escala de operaciones, de existir, tanto en las empresas que operan en la escala óptima como el resto de las empresas existentes, no difieren. Por ello, toda la pérdida de eficiencia puede adscribirse a cuestiones técnicas y no a las deficiencias en el tamaño (escala) de las empresas. En el subgrupo B, el planteamiento es similar al subgrupo a donde la escala de operaciones obtiene valores superiores a la unidad imputando por completo todos los problemas a la eficiencia técnica pura. Relacionando la productividad (MALM) con la localización geográfica de las empresas/sectores, la gráfica 14, muestra los valores de la productividad por percentiles para el periodo de análisis (Test Kruskal wallis $z=2,05$, $Pvalor=0.041$).

y Valle. El percentil medio-bajo (color naranja) Atlántico, Caldas, Cesar, Santander y Risaralda. Finalmente, el percentil, bajo (color amarillo) Arauca, Córdoba, Putumayo, Sucre y Choco.

3.3.4. Análisis de los determinantes de la eficiencia

Una vez determinada la eficiencia (θ_i) de las empresas por sector, en una segunda etapa, se analizará los factores que la explican (se acercan o alejan de la frontera) a través de un vector de variables $Z = (z_1, z_2, \dots, z_L)$ como muestra la ecuación [9]. ε es un componente de la eficiencia, que representa la eficiencia de cada empresa que no queda explicada por el resto de la función, y se verifica que $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$. Dadas las características de la variable dependiente al estar truncada en su valor máximo de 1, se suele utilizar un modelo Tobit. Investigadores como Simar y Wilson (2007), proponen a través del modelo semiparamétrico como el que se utiliza en este trabajo (algoritmo 1), una estimación truncada de máxima verosimilitud.

$$\theta_{it} = f(Z_{it}, \beta_{it}) + \varepsilon_i$$

Ecuación 9. Modelo Tobit. Fuente: elaboración propia

Este modelo semi-paramétrico permite obtener estimadores de β y σ consistentes y estimaciones no sesgadas de θ para cada una de las empresas, bajo rendimientos RVE. El procedimiento consiste en aplicar el método bootstrap o de simulación de datos para la inferencia estadística, que permite obtener pseudo-muestras usando la muestra original. Mediante este planteamiento se evita el sesgo de los índices de eficiencia estimados en primera etapa (variable dependiente en la regresión de la segunda etapa) que se construyen a partir de la información de todas empresas que componen la muestra, con lo que se incumpliría el requisito de independencia entre los errores, Xue y Parker, (1999). No obstante, se tienen muy en cuenta las consideraciones de Caves y Barton, (1990) y

Caves (1992). De acuerdo a estos autores las variables que son consideradas en segunda etapa, se encuentran dentro de las siguientes consideraciones:

- Factores externos ajenos al control del gerente como el grado de competición del mercado (concentración etc.)
- Características propias de las empresas como el tamaño, localización etc.
- Efectos dinámicos que afectan a la empresa en el largo plazo
- Titularidad público o privado. Influencia de la intervención pública en las decisiones del gerente relativa a los medios de producción.

En la ecuación [10] se muestran las variables o factores explicativos de la eficiencia:

$$\theta_{it} = f(Z_{it}, \beta_{it}) + \varepsilon_i$$

$$\theta_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Conc} + \beta_2 \text{CMdo} + \beta_3 \text{CMdo}^2 + \beta_4 \text{LnTam} + \beta_5 \text{PIBreg} + \sum_{i=1}^{26} \beta_6 \text{Sec} + \varepsilon_i$$

Ecuación 10. Valores de la eficiencia. Fuente: elaboración propia

Donde *Conc* es la concentración del mercado medido a través del índice de Herfindahl, *CMdo*, mide la cuota del mercado de cada empresa, *Tam*, captura el efecto del tamaño empresarial medido por el activo total sobre la eficiencia. Se incluyen un conjunto de variables dummies que controlan el efecto temporal, *T*, el sector de la empresa *Sec* y la crisis económica *Crisis*. Como puede apreciarse en la tabla 17, el coeficiente de la variable concentración (*Conc*) es negativo y estadísticamente significativo, indicando que mayor información entre los agentes en el mercado incrementa la eficiencia. El coeficiente de la cuota de mercado (*CMdo*) es positivo y estadísticamente significativo, lo que implica que mayor poder de mercado se relaciona con mayores niveles de eficiencia. El coeficiente de la variable del tamaño *Tam* positivo y

estadísticamente significativo, indica la relación positiva entre tamaño y eficiencia. Las empresas grandes obtienen economías de escala y alcance frente a las empresas medianas y pequeñas.

Tabla 19

Factores explicativos de la eficiencia

Variables	Coef.	Std. Dev.	sig
Constante (β_0)	0.652	0.037	***
Concentration (β_1)	-5.312	2.688	**
Cuota_Mdo (β_2)	0.392	0.135	***
Cuota_Mdo ² (β_3)	5.074	2.679	*
LnActivo (β_4)	-0.002	5.8E-04	***
PIB_reg (β_5)	8.9E-04	3.1E-04	***
OTROS SECTORES AGRICOLAS(β_{6_2})	0.040	0.019	***
PRODUCTOS ALIMENTICIOS(β_{6_3})	0.021	0.017	
FABRICACION DE TELAS Y ACTIVIDADES RELACIONAD(β_{6_4})	0.028	0.017	
FABRICACION DE PRENDAS DE VESTIR(β_{6_5})	0.028	0.014	**
CURTIEMBRE Y MANUFACTURAS DE CUERO DIFERENTES(β_{6_6})	0.192	0.015	***
MANUFACTURA DE CALZADO Y PRODUCTOS RELACIONAD(β_{6_7})	0.089	0.014	***
PREPARACION DE MADERA Y ELABORACION DE PRODUC(β_{6_8})	0.235	0.018	***
FABRICACION DE PAPEL, CARTON Y DERIVADOS(β_{6_9})	0.190	0.017	***
PRODUCTOS QUIMICOS(β_{6_10})	0.243	0.016	***
PRODUCTOS DE CAUCHO(β_{6_11})	0.248	0.017	***
PRODUCTOS DE PLASTICO(β_{6_12})	0.047	0.014	***
FABRICACION DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO(β_{6_13})	0.270	0.017	***
FABRICACION DE PRODUCTOS MINERALES NO METALIC(β_{6_14})	0.124	0.014	***
FABRICACION DE PRODUCTOS DE CEMENTO, HORMIGON(β_{6_15})	0.321	0.021	***
INDUSTRIAS METALICAS BASICAS(β_{6_16})	0.188	0.016	***
INDUSTRIA METALMECANICA DERIVADA(β_{6_17})	0.211	0.017	***
FABRICACION DE VEHICULOS AUTOMOTORES(β_{6_18})	0.251	0.016	***
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS(β_{6_19})	0.141	0.014	***
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS CON MATERIALES(β_{6_20})	0.180	0.015	***
FABRICACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO (β_{6_21})	0.051	0.014	***
COMERCIO DE VEHICULOS Y ACTIVIDADES CONEXAS(β_{6_22})	0.052	0.013	***
COMERCIO AL POR MAYOR(β_{6_23})	-0.107	0.013	***
COMERCIO AL POR MENOR(β_{6_24})	-0.072	0.013	***
COMERCIO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES(β_{6_25})	0.192	0.015	***
ACTIVIDADES DE INFORMATICA(β_{6_26})	0.130	0.017	***
Log likelihood	6870.85		
Chi ²	11090		
Num observations	32807		

(**), (*) Estadísticamente significativo 99 y 95% respectivamente.

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente, al modelo 5, se estima un nuevo modelo 6, donde se introduce una variable dummy que captura el periodo de crisis. Se elimina las dummies de año debido a problemas de colinealidad. Como refleja el signo negativo y estadísticamente significativo del parámetro de la

dummy de crisis, durante este periodo la eficiencia fue menor. El resto de resultados se mantiene constantes respecto al modelo ya comentado, tabla 20.

Tabla 20
Factores explicativos de la eficiencia con inclusión de efecto crisis

Variables	Coef. E.	DE	sig	intervalos 95%	
				inf	sup
Constante (β_1)	0.719	0.003	**	0.713	0.725
Concentración (β_2)	-1.198	0.212	**	1.615	0.782
Cuota_Mdo (β_3)	0.011	0.001	**	0.007	0.015
Activo(β_4)	3.3E-11	1.2E-12	**	9.8E-12	5.7E-11
Dummy_crisis (1=crisis) (β_5)	-0.032	0.002	**	0.036	0.027
Sectores (omitidos)	-	-	-	-	-
Sigma	0.192	0.001	**		
Log likelihood	15439.2				
Numero de observaciones	38158				

(**), (*) Estadísticamente significativo 99 y 95% respectivamente

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Conclusiones

Este trabajo se ha planteado como objetivos el análisis de la evolución de la eficiencia y sus factores determinantes en las empresas pertenecientes a 27 sectores de agricultura, servicios y manufactura colombiana en el período 2005-2010. Los resultados obtenidos permiten concluir la posibilidad de mejora de los niveles de eficiencia de forma generalizada con independencia del sector de pertenencia. El análisis del crecimiento o disminución de la eficiencia en términos medios en el periodo estudiado indica que un grupo reducido de sectores incrementa su nivel en relación al año inicial. Estos sectores pertenecen al grupo de agricultura e industria. El análisis de la distribución de la eficiencia muestra una determinada heterogeneidad distribucional. Agrupamiento de la distribución de los índices de eficiencia por sectores en niveles bajos/altos o presencia de valores atípicos considerados fuera del rango intercuartílico. En el análisis de la

convergencia de toda la distribución por medio de funciones de densidad kernel, se puede apreciar una clara divergencia y por tanto empeoramiento de los niveles de eficiencia. Mientras que el análisis de convergencia a nivel dinámico con kernel estocástico muestra que, aunque la mayor parte de las empresas empeoran otras se mantienen en sus niveles altos de inicio.

El análisis de la productividad total de los factores por medio del índice de Malmquist ha permitido analizar tanto el cambio productivo, así como su descomposición en el resultado del cambio técnico experimentado por la frontera y a cambios en la eficiencia (*catching-up*). Los resultados del cambio productivo muestran que tan solo seis sectores experimentan ganancias en productividad, cuyos valores oscilan entre un 1,6 y 0,1 por ciento. Los factores explicativos son generalmente consecuencia de progreso tecnológico. Sin embargo, en dos de los tres sectores agrícolas que obtienen incrementos de la productividad, las causas de la misma se deben a las mejoras de la eficiencia (*catching up*).

En relación a los factores explicativos de la eficiencia y las posibles implicaciones para los gerentes es importante considerar lo siguiente. En primer lugar, el resultado del poder de mercado relativo es pertinente para la elección y aplicación de estrategias desde la perspectiva de gestión. En particular, esto pone de relieve la importancia de la cuota del mercado como un factor relevante para lograr una mayor eficiencia, al igual que los beneficios asociados con el tamaño de la empresa. Es decir, el mayor tamaño de las empresas asociadas con una menor concentración del mercado parece proporcionar un marco de referencia útil en el análisis de la competencia en la búsqueda de las posibles ventajas competitivas. Posiblemente este resultado sería el esperado, dado que se asume que la mayor dimensión empresarial se relaciona con eficiencia de escalas y alcance. Sin embargo, una mayor dimensión puede suponer mayores costes de coordinación y mayor

despilfarro de recursos en presencia de niveles bajos de competitividad del mercado. Los efectos de la crisis económica en Colombia han tenido un impacto negativo sobre la eficiencia

Aunque de los resultados alcanzados en este trabajo puedan ayudar a complementar la literatura empírica relativa a los sectores que forman parte de la economía colombiana, es posible llevar a cabo mejoras que permitan nuevas líneas de investigación. Por ejemplo, en primer lugar, intentar ampliar el horizonte temporal más allá del periodo 2005-2010 e igualmente ampliar el número de sectores analizados. En segundo lugar, utilizar la novedosa propuesta de Simar y Zelenyuk, (2011) con DEA estocástico para introducir ruido en los modelos de frontera no paramétrica, o la utilización del test de separabilidad Daraio, Simar y Wilson, (2015) para determinar la aplicabilidad de la segunda etapa. Tercero intentar utilizar otras variables que permitan capturar de forma más próxima la combinación de factores. Por el momento, esta última propuesta es quizás una alternativa poco viable dada la escasez de información existente.

Conclusiones generales

Con el desarrollo de la investigación fue posible hacer un análisis de la productividad, eficiencia y sus factores explicativos en varios sectores colombianos. En el primer caso se logró identificar estas dos categorías en el sector de la construcción colombiana entre el 2005 y el 2010, donde se logró analizar mediante fronteras no paramétricas basadas en el DEA el nivel de eficiencia determinando que la eficiencia media de los sectores adecuación de obras residenciales y construcción de obras residenciales son las más elevadas con valores del 78% y 75,8%, respectivamente. Indicando que dados sus niveles de *inputs* podrían elevar sus *outputs* en un 22% y 24,2%, en su orden. Los sectores de obras civiles y especialmente actividades inmobiliarias, presentan niveles de eficiencia muy bajos con un valor del 67,9% y 54,1%, respectivamente.

Se detectó además que en el caso de la productividad se destaca que el sector adecuación de obras de construcción experimenta crecimiento acumulado en la productividad, mientras que los otros tres es decir construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles y actividades inmobiliarias. Esto se debe principalmente a la mejora en la eficiencia, CEFT (5,5%) y el regreso tecnológico, CT (-5,1%), sin embargo, para los demás sectores estos resultados en productividad se ven en el deterioro de la eficiencia. Esto se debe de manera directa con el no uso de innovaciones, lo que no posibilita que los procesos sean más rápidos, que no requiera de muchas personas para que sean finalmente eficientes.

Sin embargo, los niveles son bajos en los cuatro sectores, por lo que dados los recursos disponibles las empresas deberían alcanzar mayores niveles *outputs*. En este sentido, los factores explicativos han sido el tamaño empresarial y la cuota de mercado, es decir las empresas no son de gran tamaño y su alcance en el mercado no es el más amplio. Por lo que se requiere entonces que los mercados

se amplíen y exploren nuevos escenarios, donde la implicación de la innovación sea parte de las políticas de seguimiento logrando así subir sus niveles de productividad y por ende de eficiencia.

Posteriormente con el desarrollo del objetivo dos se pudo analizar la eficiencia y sus factores de explicación de la gestión de los municipios del departamento del Meta en Colombia, para lo cual se hizo un estudio de tipo econométrico buscando conocer la eficiencia global de los de los municipios de Colombia en el marco temporal del periodo 2006-2014, y posteriormente observar la eficiencia los municipios del departamento del Meta con el fin de determinar sus factores de explicación. En la primera fase se usaron datos del Departamento de Planeación Nacional (DNP) abordando tres ámbitos: educación, salud y agua potable, donde a cada uno se le asignó *inputs* y *outputs*, los datos fueron analizados por DEA dando como resultado que de manera general la eficiencia global son de más del 50% entre el 2006 y el 2014, así mismo es difícil delimitar una frontera de producción debido a que los 1011 municipios analizados son muy heterogéneos, pero en general se observa que en general, la mayoría de municipios mejoran Vichada (122%), Arauca (69%), Cauca (60%), Casanare (52%), Choco (51%), entre otros. Tan solo nueve departamentos experimentan decrecimientos (27,73%): Vaupés (-41%), Bogotá y Guainía (-34%), entre otros.

Luego de esto se logró analizar una muestra más pequeña compuesta por los municipios del departamento del Meta teniendo como base las tasas de crecimiento de la eficiencia global por departamento (2006-2014). Los resultados muestran que la mayoría de los municipios tienen eficiencia en relación a tres de los modelos, donde los más poblados son los más eficientes, en cuanto a salud y educación, y los niveles de eficiencia son mayores en las regiones menos pobladas, para el modelo agua. Las variables *área* y *altitud* son estadísticamente significativas y positivas en el caso de la educación y el agua. Por lo que se determina que los niveles de eficiencia alcanzados

han sido del 81,3% (educa_1), 49,7% (educa_2), 66,6% (salud), 52,8% (agua_1) y 62,2% (agua_2).

Estos niveles de eficiencia ponen de manifiesto que, en términos medios, los municipios analizados podrían mejorar ostensiblemente la gestión de sus *inputs*. Esto demuestra que los municipios son considerados como unidades de análisis independientes cuando hay más de una observación por municipio presente en la muestra. Esto implica que un municipio podría estar en la frontera y ser referente de sí mismo para otro año. También, se determinó que 16 municipios (29,6%) se encuentran por encima del nivel de eficiencia medio en educación, 10 municipios (18,5%) lo están en salud y 13 municipios (24%) lo están en agua. Observando que los factores que determinan estos niveles se relacionan con la población, el área y la altitud de los municipios.

Con el objetivo tres finalmente se logró analizar el sector de las empresas colombianas en 27 sectores de agropecuaria, manufactura y servicios entre el 2005 y el 2010, donde se usó los datos arrojados por de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), administrada por el DANE, aplicada a 6348 empresas/año a través de variables como las ventas, el activo, los consumos intermedios, y los gastos de personal. Se halló que frente a la eficiencia el percentil mas alto lo recogen Boyacá, Caquetá, Cundimarca, Magdalena, Cauca, Casanare y Tolima. El percentil medio-alto Bogotá, Bolívar, Meta, Nariño, Norte, Quindío y Valle. El percentil medio-bajo (color naranja) Atlántico, Caldas, Cesar, Santander y Risaralda. Finalmente, el percentil, bajo (color amarillo) Arauca, Córdoba, Putumayo, Sucre y Choco.

También se identificó que a medida que pasa el año, los sectores de agricultura e industria incrementan su crecimiento. Los resultados del cambio productivo muestran que tan solo seis sectores experimentan ganancias en productividad, cuyos valores oscilan entre un 1,6 y 0,1 por

ciento. Los factores explicativos son generalmente consecuencia de progreso tecnológico, además de aspectos como la cuota de mercado y las económicas a escala, considerando que la mayor variable puede ser el despilfarro de recursos relacionados con la situación del país.

De este modo, con el cumplimiento de los objetivos se observa que medir la eficiencia y productividad de un sector se cual sea su aplicación es de real importancia a la hora de querer generar competitividad en cualquier tipo de economía. Para esto se hace necesario siempre tener claro cuales son los factores que intervienen en el cambio de estos, con el fin de tener un control sobre los mismos e implementando el mejoramiento de aspectos como el capital humano, la calidad y la innovación como partes esenciales del progreso y evolución de estas. En el caso del sector empresarial es necesario que se mejore la eficiencia a través de la mejora de las tecnologías existentes, así como en el caso del sector de la construcción como una forma de generar competitividad y ampliar la cuota de mercado, además de la automatización de procesos.

Referencias

- Afonso, A., y Aubyn, M. (2006). Cross-country efficiency of secondary education provision: A semi-parametric analysis with non-discretionary inputs. *Economic Modelling*, 23(3), 476-491.
- Almanza, c. (2012). Eficiencia en costos de la banca en Colombia, 1999-2007: una aproximación no paramétrica. *Innovar*, 22(44), 67-78.
- Banker, R. d., charnes, W., y cooper, W. (1984). Estimating most productive scale size using data Envelopment Analysis. *European Journal of Operations Research*, 17, 33-44.
- Brandt, N. (2004). *Business dynamics in Europe (OEcd science, Tech-nology and Industry Working Papers 01)*. OEcd Publishing. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/250652270238>.
- Camacol. (2008). *El sector de la construcción en Colombia: hechos estilizados y principales determinantes del nivel de actividad*. Recuperado de [http:// camacol.co/informacion-economica/estudios-economicos?page=5](http://camacol.co/informacion-economica/estudios-economicos?page=5).
- Camacol. (2010). *Edificación de vivienda en Colombia*. balance primer semestre de 2010.
- Carro, R., y Gonzalez, D. (s.f.). *Productividad y competitividad*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar de Plata.
- Castro, G., Y Salazar, R. (2011). Eficiencia nanciera del sector industrial de agroquímicos, Colombia, 2005. *Economía, Gestión y Desarrollo*. Cali, Colombia:

- Cazals, C., Florens, J. P., y Simar, L. (2002), Non-parametric frontier estimation: A robust approach. *Journal of Econometrics*, 106(1), 1-25.
- Charnes, A., Cooper, W., y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational*
- Charnes, A., Cooper, W., y Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, 27(6), 668-697.
- Chiang, Y., Cheng, E., y Tang (2006). Examining repercussions of consumptions and inputs placed on the construction sector by use of I-O tables and dEA. *Building and Environment*, 41, 1-11.
- Chiang, Y., Li, J., Tracy, Y., Y Choi, K. (2013). Evaluating construction contractors' efficiency in Hong Kong using data Envelopment Analysis assurance region model. *Journal of Facilities Management*, 11(1), 52-68.
- Coelli, T. (1996). *A guide to dEAP version 2.1: A data Envelopment Analysis (computer) program (cEPA Working Paper 96/08)*. Armidale, Australia: Department of Econometrics, University of New England.
- Coelli, T., Rao, D., O'Donnell, C. y Battese, E. (2005). An introduction to efficiency and productivity analysis. T. J. Coelli (Ed.). *Springer*.
- Coelli, T., Prasada, R., y Battese, G. (2002). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Londres: Kluwer Academic Publishers.

- Cordero, J. M., Pedraja-Chaparro, F., Pisaflares, E. C. y Polo, C. (2017). Efficiency assessment of Portuguese municipalities using a conditional nonparametric approach. *Journal of Productivity Analysis*, 48, 1-24.
- D'Inverno, G., Carosi, L. y Ravagli, L. (2018). Global public spending efficiency in Tuscan municipalities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 102-113.
- Da Cruz, N. F. y Marques, R. C. (2014). Revisiting the determinants of local governments performance. *Omega*, 44, 91-103.
- De Jorge Moreno, J., y Santín, D. (2010). Determinantes de la eficiencia educativa en la Unión Europea. *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, 193(2), 131-156.
- De Jorge-Moreno, J., Laborda Castillo, L., y Merino de Lucas, F. (2011). La empresa industrial de América Latina: Análisis de la eficiencia mediante grupos estratégicos. *Económica*, LVII, 165-192.
- De Jorge-Moreno, J., y Rojas, O. (2015). Technical efficiency and its determinants factors in Spanish textiles industry. *Journal of Economic Studies*, 42(3), 346-357.
- De jorge-Moreno, j., y sanz-Triguero, M. (2010). El sector de la distribución en España. Productividad, eficiencia y convergencia. *Cuadernos Económicos del ICE*, 79, 239-269.
- De Jorge-Moreno, J., y Suarez, C. (2011). Influence of RyD subsidies on efficiency, the case of Spanish manufacturing's firms. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14, 185-193.

- De Jorge-Moreno, J., y Suárez, C. (2010). Eficiencia y convergencia: procesos and effects of regulation in the nonspecialized retail sector in Spain. *Annals of Regional Science*, 44, 573-597.
- Díaz, M. A., y Sánchez, R. (2008). Firm size and productivity in Spain, a stochastic frontier approach analysis. *Small Business Economics*, 30(3), 315-323. Fariñas, J. C., y Martín-
- Distexhe, V. (1993). L'efficacité productive des services d'enlèvement des immondices en Wallonie. *Cahiers Economiques de Bruxelles*, 137, 119-138.
- Donthu, N., Y Yoo, B. (1998). Retail productivity assessment using data Envelopment Analysis. *Journal of Retailing*, 74(1), 89-105.
- Drake, L. y Simper, R. (2003). The measurement of English and Welsh police force efficiency: A comparison of distance function models. *European Journal Operation Research*, 147(1), 165-186.
- El-Mahgary, S. y Lahdelma, R. (1995). Data envelopment analysis: visualizing the results. *European Journal Operation Research*, 83(3), 700-710.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, serie A (general), 120(iii), 253-281.
- Freid, H. O. y Klein, J. D. (1999). Efficiencies in United States metropolitan areas. En J. L. Blank (Ed.), *Public provision and performance. Contributions efficiency and productivity measurement*. Amsterdam: Elsevier.

- García-Huidobro, J. E. (2009). Una nueva meta para la educación latinoamericana del Bicentenario. Colección Metas educativas 2021. En *Reformas educativas. Calidad, equidad y reformas en la enseñanza* (pp. 19-33). España: OEI, Fundación Santillana.
- García-Posada, M., y Mora-Sanguinetti, J. S. (2014). Entrepreneurship and enforcement institutions: Disaggregated evidence for Spain. *Banco de España, Working Paper 1405*. doi:10.2139/ssrn.2413422.
- García-Posada, M., y Mora-Sanguinetti, J. S. (2015). Does (average) size matter? Court enforcement, business demography and firm' growth. *Small Business Economics*, 44, 639-669.
- García, M., Espinosa, J., Jiménez, F., y Parra, J. (2013). *Separados y desiguales. Educación y clases sociales en Colombia*. Bogotá: Centro de Estudios de Derecho, Justicia y Sociedad, De Justicia.
- Gattou, S., Oral, M., Y Reisman, A. (2004). Data Envelopment Analysis literature: A bibliography update (1951-2001). *Socio-Economic Planning Sciences*, 38, 159-229.
- Grosskopf, S. (1993). Efficiency and productivity. In H. O. Fried, C. K. A. Lovell, y S. S. Schmidt (eds.). *The measurement of productivity efficiency: Techniques and applications* (pp. 160-194). New York: Oxford University Press.
- Guevara, J. (2011), *La empresa española ante la crisis del modelo productivo, Productividad, competitividad e innovación*. España: Fundación BBVA.
- Herrera, S. (1988). Notas sobre algunos aspectos del mercado de las edificaciones en Colombia. *Revista Camacol*, 41.

- Janna, M. (2003). Eficiencia en costos, cambios en las condiciones generales del mercado, y crisis en la banca colombiana: 1992-2002 (borradores de Economía 260). Banco de la República de Colombia.
- Jorge-Moreno, J. (2014). Foreign direct investment and productivity spillovers, firm-level evidence from Chilean industrial sector. *Latin American Economic Review*, 15, 93-122.
- Junguito, R., López, E., Misas, M., y Sarmiento, E. (1995). La educación y la política macroeconómica (borradores de Economía 41). Banco de la República de Colombia.
- Karlaftis, M. G. (2004). A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems. *European Journal of Operational Research*, 152(2), 354-364.
- Krugman, P. (comp.) (1994) "Competitiveness: A Dangerous Obsession." *Foreign Affairs*, 73, (2), 28-44.
- Le, T., Gibson, J., y Oxeley, L. (2003). Cost- and income- based measures of human capital. *Journal of Economic Surveys*, 17(3), 272-306.
- Li, Y., y Hu, J. L. (2002). Technical efficiency and location choice of small and medium-sized enterprises. *Small Business Economics*, 19, 1-12.
- López-García, P., y Sánchez, P. (2010). *El tejido empresarial español en perspectiva*. Nota interna. Departamento de Coyuntura y Previsión Económica. Banco de España.
- López, M., y Palacios, F. (2002). Data Envelopment Analysis en la clasificación de clientes para la banca empresarial. Tesis de Maestría. Bogotá: Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.

- Lovell, C. A. K., y Rouse, A. P. B. (2003). Equivalent standard DEA models to provide super-efficiency scores. *Journal of the Operational Research Society*, 54, 101-108.
- Ministerio de Educación Nacional. (1997). *La evaluación en el aula y más allá de ella*, Bogotá: MEN.
- Miro, J. (2017). *Productividad, Eficiencia Técnica e Internacionalización del Sector Químico español 2007-2011*. Cataluña, España: Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya.
- Recuperado de https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/402216/tesdoc_a2017_miro_albert_pol_productividad.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mohnen, P., y Hall, B. H. (2013). Innovation and productivity: An update. *Eurasian Business Review*, 3(1), 47-65.
- Municipios del Meta. (s. f.). Municipios de Meta. Recuperado de <http://www.municipios.com.co/municipios>
- Nijkamp, P. y Suzuki, S. (2009). A generalized goals-achievement model in data envelopment analysis: An application to efficiency improvement in local government finance in Japan. *Spatial Economic Analysis*, 4(3), 249-274.
- O'Donnell, C. J., Prasada Rao, D. S., y Battese, G. E. (2008). Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical Economics*, 34, 231-255.
- Osborne, S. P. (2006). The new public governance? *Public Management Review*, 8(3), 377-387.

Pina, V. y Torres, L. (2001). Analysis of the efficiency of local government services delivering.

An appli-

Pitt, M., y Lee, L. (1981). The Measurement and Sources of Technical Inefciency in the

Indonesian Weaving Industry. *Journal of Development Economics*, 9, 43-64.

Polanía, b. E. (1999). Una aplicación de data Envelopment Analysis: análisis comparativo de

eficiencia entre hospitales en colombia. bogotá: departamento de Ingeniería Industrial,

Universidad de los Andes.

Prado, J. M. y García-Sanchez, I. M. (2007). Efficiency evaluation in municipal services: An

application

Prieto, A. M. y Zofio, J. L. (2001). Evaluating effectiveness in public provision of infrastructure

and

Quah, D. T. (1993a). Empirical cross-section dynamics in economic growth. *European*

Economic Review,

Quah, D. T. (1993b). Galton's fallacy and Test of the Convergence Hypotheses. *Scandinavian*

Journal of

Quah, D. T. (1996). Twin peaks: Growth and convergence in models of distribution dynamics.

The

Quah, D. T. (1997). Empirics for growth and distribution: Stratification, polarization and

convergence clubs. *Journal of Economic Growth*, 2, 27-59.

- Roberts, M., y Tybout, j. (1996). *Industrialevolutionindevelopingcoun- tries*. Oxford University Press.
- Rojas, E. (2005). Aplicación de análisis envolvente de datos a la evaluación de eficiencia en gastos administrativos para la industria de seguros generales en Colombia. Bogotá: departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.
- Ruiz, A. (2004). Aplicación del método de optimización dEA en la evaluación de la eficiencia técnica de las seccionales de la Fiscalía (documentos cEdE 2012). Universidad de los Andes, Facultad de Economía.
- Sexton, T., silkman, R., y Hogan, A. (1986). data Envelopment Analysis: critique and extensions. In R. silkman (ed.), *Measuring ef ciency: An assessment of Data Envelopment Analysis* (pp. 73-105). san Francisco, cA: jossey bass.
- Simar, L. (2003). Detecting outliers in frontier models: A simple approach.
- Unesco. (1991). Proyecto principal de educación en América Latina y el Caribe 24. Santiago de Chile: Unesco. Recuperado el 6 de julio del 2016 de <http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000905/090515s.pdf>.
- Visbal, d. A. (2004). Evaluación de la eficiencia relativa en el uso de recursos de las universidades públicas colombianas mediante la metodología data Envelopment Analysis. Bogotá: departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.
- Wang, H., Ye, g., y Yuan, H. (2010). An AHP/dEA methodology for assessing the productive ef ciency in construction industry. Management and service science (MAss). International conference.

Wilson, P. W. (1993). detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs. *Journal of Business and Economic Statistics*, 11, 319-323.