

1-1-2018

# Análisis de la productividad total de los factores para la industria automotriz colombiana en el período 2008-2015

María Alejandra Buitrago Pulido

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia>

---

## Citación recomendada

Buitrago Pulido, M. A. (2018). Análisis de la productividad total de los factores para la industria automotriz colombiana en el período 2008-2015. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/539>

This Trabajo de Grado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Económicas y Sociales at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Economía by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES PARA LA  
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ COLOMBIANA EN EL PERÍODO 2008-2015

MARIA ALEJANDRA BUITRAGO PULIDO

CÓDIGO: 10061752

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y SOCIALES

PROGRAMA DE ECONOMIA

BOGOTÁ D.C.

MAYO 10 DE 2018

## DEDICATORIA

Este momento tan esperado y perseguido tiene una promesa de vida inmerso, a Dios quien me ha hecho grande y me ha bendecido infinitamente, a mi madre quien desde el cielo guía mi vida, agradezco todo lo enseñado, sin su ejemplo y esfuerzo sin límite éste logro y muchos más no serían realidad; a mi tesoro en la tierra, Laura Alejandra, quien debe seguir su propio camino con mi ejemplo y quien me da el suyo cada día, gracias.

## RESUMEN

La presente investigación se enfoca en realizar una estimación econométrica con datos de panel de la productividad total de los factores del sector automotor en Colombia, a partir de los microdatos anonimizados de la Encuesta Anual Manufacturera –EAM para el período 2008-2015. El trabajo pretende analizar la evolución de las principales variables del sector en términos de generación de empleo, producción bruta, consumo de energía, materias primas y calificación de la mano de obra, así como la contribución específica de los factores de producción (capital- trabajo) a la Productividad Total de los Factores -PTF durante el período de análisis.

**Palabras Clave:** Productividad Multifactorial • Colombia • Sector Automotor

CLASIFICACION JEL: D24 E23 E24 L11 L62

## ABSTRACT

The present investigation focused on an economic estimation with data of the panel of the total productivity of the factors of the automotive sector in Colombia, from the anonymous microdata of the Annual Manufacturing Survey -EAM for the period 2008-2015. The research work analyzes the evolution of the main variables of the sector in terms of employment generation, gross production, energy consumption, raw materials and labor qualification, as well as the specific contribution of the factors of production) to the Total Productivity of the -PPF Factors during the analysis period. The main finding is that ...

Key words: Multifactor Productivity, Colombia, Automobiles, Other Transportation Equipment, Related Parts and Equipment

JEL Classification: D24 E23 E24 L11 L62

## Tabla de Contenido

I.	INTRODUCCION .....	7
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	9
	2.1 Estudios del sector automotor colombiano .....	9
	2.2 Estudios de la Productividad Total de los Factores en Colombia.....	11
III.	HECHOS ESTILIZADOS .....	12
	2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SECTOR AUTOMOTOR COLOMBIANO (2000-2016).....	12
	3.2 ANALISIS DE LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARCIAL Y MULTIFACTORIAL .....	25
IV.	METODOLOGÍA .....	29
	4.1 ANÁLISIS METODOLÓGICO Y ECONOMETRICO .....	29
V.	CONCLUSIONES .....	42
	Lista de Referencias .....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cadena Productiva Industria Automotriz Colombiana .....	16
Figura 2 Producción Bruta Sector Automotor en Colombia (2008-2015).....	17
Figura 3 Variación porcentual de la producción (2009-2015).....	18
Figura 4 Consumo Materias Primas Industria Automotriz (2008-2015).....	19
Figura 5 Activos fijos Industria Automotriz (2008-2015).....	20
Figura 6 Consumo de energía por subsectores (2008-2015) .....	22
Figura 7 Generación de empleo por subsectores (2008-2015) .....	23
Figura 8 Mano de Obra calificada (2008-2015) .....	23
Figura 9 Mano de Obra No calificada (2008-2015) .....	24
Figura 10 Productividad Total materias primas (2008-2015).....	26
Figura 11 Productividad materias primas por subsector (2008-2015).....	26
Figura 12 Productividad Total Personal (2008-2015) .....	27
Figura 13 Productividad calificado, no calificado (2008-2015).....	27
Figura 14 Productividad parcial del Capital (2008-2015) .....	28
Figura 15 Productividad parcial del capital por subsectores (2008-2015) .....	28
Figura 16 Productividad consumo de energía (2008-2015) .....	29
Figura 17 Productividad consumo de energía por subsectores (2008-2015) Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM.....	29
Figura 18 Productividad Total de los Factores MCO Industria Automotriz .....	32
Figura 19 Productividad Total de los Factores Subsectores Industria Automotriz .....	33
Figura 20 Productividad Total de los Factores Método PCES .....	40
Figura 21 Productividad Total de los Factores Subsectores Método PCSE.....	40

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Modelo efectos agrupados MCO .....	31
Tabla 2 Resultados para pruebas de heterocedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación.....	36
Tabla 3 Modelos de Datos de Panel .....	38

## I. INTRODUCCION

La industria automotriz juega un papel importante en las economías nacionales por su aporte al Producto Interno Bruto, a la articulación con otros sectores industriales, de servicios y comercio; a la generación de empleo directo e indirecto y al desarrollo e innovación de procesos tecnológicos. Para el caso colombiano Téllez, (2017) describe cómo esta actividad contribuye con el 3.9% del valor agregado de la industria manufacturera, aporta el 3.5 del empleo industrial con 24.800 plazas de trabajo y ocupa el segundo lugar dentro de los mejores salarios de las ramas de la industria.

La mayor parte de la literatura encontrada en el sector automotor se ha centrado en describir el comportamiento de la industria automotriz. El estudio de Téllez, (2017) se enfoca en evaluar cómo, frente a una devaluación del tipo de cambio y la reducción del ingreso de los hogares como consecuencia del choque petrolero<sup>1</sup>, se genera un incremento en el precio de los vehículos reduciendo los niveles de demanda. ECONCEPT, (2016) señala que el mercado automotriz colombiano ha experimentado un crecimiento sostenido durante los últimos 25 años, con uno de los índices más bajos de vehículos por habitante en comparación al resto de Latinoamérica. Durante el período de 2009 a 2015, el parque automotor creció a una tasa anual de 9.4% frente a un crecimiento poblacional de 1.2% por año; en el mismo estudio se resalta que el índice de motorización es de 104 vehículos por cada 1000 habitantes para el caso colombiano. Por su parte, Fedesarrollo, (2014) señala la importancia de medir el impacto del sector automotor en otras actividades económicas tomando el método de encadenamientos, se realiza el análisis, y considerando el comportamiento de bienes complementarios tales como los seguros, consumo de combustibles etc. podemos tener una perspectiva ampliada del sector. En tal sentido, dicho estudio concluye que aunque el tamaño del parque automotor ha crecido considerablemente no ha sido a la velocidad el crecimiento poblacional dado un incremento de la clase media; las ventas de vehículos mostraron un resultado ascendente siendo a 2013 la tercera parte la producción nacional,

---

<sup>1</sup> El análisis de variables macro como la disminución del ingreso nacional afectado por el precio real de los productos exportados, ésta caída del ingreso obligó a ajustar el gasto evitando además un aumento del endeudamiento externo y ante un bajo nivel del ingreso se reduce la demanda interna de productos durables.



la producción bruta pasó de 2,6 billones de pesos en 2002 a 6,1 billones en 2012; en materia de comercio exterior, el estudio arroja cifras para la industria automotriz en términos de resultados de la evolución de la tasa de apertura exportadora- TAE<sup>2</sup> y la tasa de penetración de importaciones –TPI<sup>3</sup>; para la TAE importantes oscilaciones dentro del período de análisis llegando en 2009 a su punto más bajo con 8,8% y en 2010 mostrando una recuperación importante cuyo resultado en 2012 fue de 17,64%. Por otro lado, la TPI muestra que las importaciones con respecto al consumo aparente<sup>4</sup> en términos de proporción no han aumentado de manera sustancial como las importaciones del sector, en 2002 arroja un resultado de 57,31% y a 2012 71,46% cubriendo el ajuste del mercado en términos de incremento de la demanda a corto y mediano plazo.

Algunos estudios existentes de productividad de los factores para Colombia recopilan información de la industria manufacturera para evaluar la productividad de algunos factores asociados a mayores niveles de producción. Pombo, (1999) realiza una medición del cambio en la productividad total de los factores –PTF para 94 sectores de la industria manufacturera en Colombia para el período 1970-1995 a partir de una función Translog la cual corrige las estimaciones por cambios en la calidad de los insumos. El estudio concluye que los bienes de capital, consumo durable y las confecciones fueron los sectores más dinámicos. Por su parte, (Banco de la República, 2006) basado en que a partir del ingreso per cápita de la población se da la acumulación de factores y la productividad de los mismos conocido como Productividad Total de los Factores –PTF, realiza un análisis y cálculos usando técnicas semiparamétricas a los determinantes de la PTF en la industria colombiana para el período 1981-2002, concluyendo que la productividad creció más durante los 1990s que en los 1980s por diversas reformas económicas y la apertura “hacia adentro” (i.e. altas importaciones y bajos aranceles). Finalmente, Iregui *et al*, (2006) realiza un análisis de productividad y elasticidades de los factores regionales para el sector manufacturero en Colombia, empleando un modelo de datos panel, prueba de raíz unitaria y pruebas de cointegración de Larson, concluye que en la industria manufacturera la fabricación de bebidas arroja una mayor productividad, a nivel regional Cali está ubicado en primer lugar, Bogotá y Cartagena se encuentran por encima del promedio nacional de la producción industrial.

---

<sup>2</sup> La TAE es calculada en términos porcentuales arrojando la proporción de la producción nacional que es exportada.

<sup>3</sup> La TPI dada en términos porcentuales representa las importaciones sobre el consumo aparente (CA).

<sup>4</sup> El consumo aparente (CA) es calculado como la suma de la producción total más las importaciones menos las exportaciones

La revisión de estudios existentes para Colombia permite señalar que no existen trabajos que den cuenta de la evolución de la productividad en el sector automotor. Frente a ello, en esta investigación se realiza una estimación econométrica con datos de panel de la productividad total de los factores en esta rama de la industria, a partir de los microdatos anonimizados de la Encuesta Anual Manufacturera –EAM para el período 2010-2015. Como hallazgo principal, se destaca que la fuerte participación del consumo de materias primas dentro de la productividad del sector. El documento que sigue a continuación está estructurado en cinco partes de las cuales esta introducción es la primera. La segunda esboza una revisión de literatura sobre la situación del sector y estudios de productividad similares para el resto de la industria manufacturera. La tercera muestra los hechos estilizados del comportamiento de las diferentes variables del sector automotor en Colombia para el periodo de análisis del presente estudio. La cuarta explica el modelo econométrico, sus resultados y comenta los hallazgos a partir de la revisión de literatura precedente. La quinta y última sección sintetiza los hallazgos a manera de conclusión.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

En esta sección se realiza una revisión de la literatura acerca de los estudios existentes sobre la productividad total de los factores para la industria manufacturera en Colombia, así como estudios de diagnóstico de la situación particular del sector automotor en el país.

### 2.1 Estudios del sector automotor colombiano

De acuerdo con un estudio realizado por la firma ECONCEPT (2016), Colombia es un mercado en crecimiento que, durante los últimos 25 años, acumula un parque automotor de 5.3 millones de vehículos y más de 7 millones de motos. Sin embargo, el país cuenta con uno de los índices más bajos de vehículos por habitante comparado con el mercado latinoamericano, con una edad promedio de 16 años de antigüedad lo cual provoca fuertes externalidades negativas en materia de movilidad, seguridad y salud. A ello se suma la incipiente malla vial, de apenas 1.141.748 kilómetros cuadrados de los cuales únicamente 141.374 kilómetros conforman las carreteras del país. El estudio plantea algunas propuestas para dinamizar el sector mediante una estructura

tributaria más eficiente, por medio de ajustes al impuesto al consumo para vehículos, exclusión del umbral de los US\$30.000 (FOB) para vehículos de la partida 8703 dejando una tarifa única del 8%, excluir las camionetas Pick Up del impuesto al consumo, gravar sin excepción las motos (8711) con el 8% y finalmente introducir un impuesto ambiental que busque incentivar la renovación del parque automotor. Concluye que por esta vía se lograría el desarrollo sostenible y el cumplimiento de lineamientos internacionales en materia ambiental, seguridad vial y distribución eficiente de los recaudos.

Por su parte, Téllez (2017) realiza un análisis del entorno macroeconómico del sector automotor en Colombia al año 2016. De acuerdo con el autor, la caída en los ingresos provenientes de la exportación del petróleo redujo de manera importante el ingreso de los hogares, lo cual repercutió en los niveles de consumo y en el endeudamiento externo. En términos de balanza comercial, las importaciones de vehículos y autopartes suplen el mercado interno a 2016 en 12.3% del total, al tiempo que la producción nacional aumentó en 2.2% por sustitución de importaciones y mayores índices de exportaciones, mientras que las ventas de esta rama manufacturera aumentaron en 37.5%. El resultado del PIB sectorial en dólares es, sin embargo, inferior al máximo histórico registrado para esta rama en 2013. El estudio concluye que la importancia en términos de peso del sector en la industria es del 3.9%, con ocho ensambladoras de vehículos en el país que generan 24.800 empleos. El estudio también indica que el índice de motorización en el país se ubica en 5.5, lo cual sugiere posibilidades de expansión del mercado para los próximos años.

Fedesarrollo (2014) realiza un análisis del sector automotor en Colombia a 2014 teniendo en cuenta variables de producción, apertura exportadora y penetración de las importaciones, bienes complementarios al sector y ventas. El estudio mide el impacto del valor agregado del sector a través de una matriz insumo-producto a 2011. Evidencia un incremento en la tasa de penetración de importaciones -TPI dado el crecimiento del consumo interno y un estancamiento en la producción nacional, pasando de 57,31% en 2002 a 71,46% en 2012. Por su parte, la tasa de apertura exportadora -TAE se ubicó en 17,64% en 2012 después de encontrarse en 30% a 2007, lo cual se explica principalmente por la crisis comercial entre Colombia y Venezuela. El estudio concluye que, al año 2013, la industria automotriz aporta al valor agregado 11.1 billones de pesos,

el comercio en la misma representa 12,1 billones de pesos y los bienes complementarios realizan un aporte por 29,1 billones, una sumatoria equivalente a 52,3 billones de pesos.

## 2.2 Estudios de la Productividad Total de los Factores en Colombia

Estimar la productividad total de los factores ha sido objeto de discusión a lo largo de estudios económicos. A continuación, se muestran los estudios realizados para la industria manufacturera en el caso colombiano.

El estudio realizado por Iregui *et al.* (2006), estima la PTF y las elasticidades de los factores en nueve aéreas metropolitanas y 18 sectores industriales en Colombia durante el período de 1975-2000. Se emplea una metodología de datos panel con efectos fijos, pruebas de raíz unitaria de CIPS y Hadri y pruebas de cointegración de Larsson; a través de una función logarítmica de producción tipo Cobb-Douglas determinada por el acervo de capital, trabajo y productividad, los datos utilizados provienen de la Encuesta Anual Manufacturera EAM. Se concluye para el total nacional una mayor productividad en Cali (119.5), Barranquilla (114.7) y Medellín (109.2); Bogotá, Cartagena y el resto del país se encuentran por encima del promedio nacional; en cuanto a las ramas de la industria se observa mayor productividad para la fabricación de bebidas, fabricación de químicos industriales, fabricación de papel y productos de papel. El estudio arroja una elasticidad del capital de 0.15 y del trabajo de 0.85 para los 18 sectores industriales. La baja elasticidad hallada para el capital está explicada por la no inclusión de sectores que generan una mayor fuerza de capital, tales como refinería de petróleo y fabricación de productos de caucho. Para el total nacional, que incluye 18 sectores industriales, se obtuvo una elasticidad del trabajo ( $e_L$ ) de 0.85 y una del capital ( $e_K$ ) de 0.15.

Pombo (1999) desarrolla un análisis para la medición no paramétrica del cambio técnico a través del residuo de Solow en 94 sectores de la industria manufacturera colombiana para el periodo 1970-1995 empleando cifras de la Encuesta Anual Manufacturera – EAM y las estadísticas de Cuentas Nacionales del DANE con la clasificación CIU a cuatro dígitos. Calculando el índice Translog de la PTF a través del cambio técnico realiza una corrección en las estimaciones debido a variaciones en la calidad de los insumos. Se obtiene como resultado un crecimiento promedio

del 0.89% en la PTF para los sectores objeto de estudio. Como resultado para la década de los ochenta la sustitución del factor trabajo por capital tuvo un resultado positivo, pero no compensó las pérdidas de la productividad media del capital, en los 1990s se revierte el efecto dado un incremento en el cambio técnico de la industria, motivado por un aumento en el radio capital-trabajo, mejora en la calidad de los insumos y el desempeño de la productividad media del capital.

Echavarría *et al* (2006) analizan la evolución de los determinantes de la PTF en la industria colombiana para el período 1981-2002, a partir de técnicas semiparamétricas con microdatos de la EAM. El estudio encuentra que la productividad en Colombia aumentó durante el período de estudio y las ganancias de la misma se concentran en firmas de mayor tamaño, intensivas en capital, con bajos niveles de deuda y que operan en sectores poco concentrados.

De la revisión anterior, se concluye que en la literatura existente en Colombia no existen estudios que den cuenta de la naturaleza y evolución del sector automotor en el país, particularmente desde una perspectiva econométrica. De allí que en esta investigación se pretenda abordar este vacío en el conocimiento.

### III. HECHOS ESTILIZADOS

#### 2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SECTOR AUTOMOTOR COLOMBIANO (2000-2016)

El sector automotor en Colombia ha presentado durante la última década una tendencia creciente en términos de producción de acuerdo con la Superintendencia de Sociedades (2017). A principios del Siglo XX inicia la etapa de importación de vehículos a gran escala, frente a esta situación y la alta demanda, se crea la necesidad de constituir una ensambladora local, siendo la Fábrica Colombiana de Automotores S.A., Colmotores 1956 la pionera dentro del sector, desarrollando procesos de fabricación y ensamble de diferentes clases de automóviles.

La industria automotriz colombiana logra posicionarse como la cuarta productora de vehículos en Latinoamérica (Proexport, 2012), donde se destaca la participación de motocicletas con una cifra cercana a las 515.000 unidades. Para el año 2010, operaban en el país ocho ensambladoras de vehículos: CCA, GMC, Sofasa, Hino Motors Manufacturing S.A., Carrocerías Non Plus Ultra, Compañía de Autoensamble Nissan, Navitrans y Praco Didacol, de las cuales las tres primeras concentraban el mayor porcentaje de producción en términos de unidades- (Rico, 2010), a fin de abastecer la demanda interna y las exportaciones. Por otra parte, El parque automotor en Colombia alcanza un registro de 12.6 millones de unidades de acuerdo con cifras del RUNT ("El parque automotor colombiano supera los 12'600.000 unidades", 2016) de las cuales más de 7.03 millones son motocicletas y los restantes 5'5 millones corresponden a vehículos, maquinaria, remolques y semirremolques.

De acuerdo con la definición dada en Invierta en Colombia, (2016), la industria automotriz, comprende las actividades de ensamble de vehículos, camiones, buses y motocicletas, y la fabricación de autopartes destinada a abastecer el mercado nacional y regional. Sin embargo, con la apertura de la planta de estampado de General Motors, Colombia se convirtió en productor y no exclusivamente en ensamblador.

La producción del sector en Colombia tiene como objetivo complementar la cadena de producción, la cual está compuesta por vehículos ligeros, motocicletas buses, camiones, y autopartes, ésta última equivale a 2.916.497.191 millones de pesos a 2015 según la EAM; en cuanto a las exportaciones, para el año 2010 el 90% de las mismas tenían como destino Ecuador, para 2015 se observó un cambio en los destinos de exportación concentrando el 95% de embarques en cuatro países, México con participación del 47%, Ecuador el 27%, Chile con el 11% y Perú 10%, mostrando de esta forma un incremento del 96,7% en las ventas con destino a los mercados externos durante ese período (El Tiempo, 2016); bajo este panorama, la industria automotriz junto con la manufactura de petroquímicos (cauchos y plásticos), metalmecánica y textiles, conforman una línea de producción en desarrollo a nivel nacional.

En el contexto económico de Colombia, el comportamiento de las tasas de interés durante los últimos años ha beneficiado al sector automotor, dado que permite el acceso a un mercado financiero más flexible y por ende una capacidad de crédito mayor para otorgar financiamiento.

Del mismo modo, la revaluación del peso incentivó el consumo, vía reducción de precios logrando elevar las cifras de ventas de vehículos nacionales e importados durante la mayor parte del periodo de análisis.

Dentro del ámbito internacional, la participación de las importaciones en la industria automotriz realizadas por Colombia a 2012 se encontraban clasificadas de la siguiente manera, México 17,6%, Corea 14,23%, China 7,31%, Ecuador 4,13% e India 4,04%; lo cual refleja que las ventas totales de vehículos en Colombia crecieron 423% desde el año 2000 hasta el 2012, siendo superiores las de producción nacional a las importadas, pasando de 35.020 a 113.074 unidades durante el mismo período, lo que representa un incremento del 222% según la ANDI, (2013). Del mismo modo, para este periodo se identificó una tasa de crecimiento en el índice de motorización del 62.9% pasando de 5.5 vehículos en el año 2000 a 9 por cada 100 habitantes para el 2012.

La producción superó las 328 mil unidades donde El 34% de las ventas fueron vehículos ensamblados en el país (Invierta en Colombia, 2016). En cuanto a la producción de motocicletas, el país es el segundo después de Brasil, Entre 2010 y 2014 se registró un crecimiento promedio anual de 16%, llegando a 662.635 unidades de acuerdo con el informe Invierta en Colombia, (2016). Pese al buen desempeño del sector, (Perez, 2014), en el año 2014 se presentó el cierre de las plantas de ensamblaje de la Compañía Colombiana Automotriz CCA en Colombia, decisión tomada “luego de revisar los resultados de una evaluación sobre su competitividad global realizada por Mazda Motor Corporation. Cabe resaltar, cómo Colombia al convertirse en plataforma exportadora, cuenta con importantes firmas extranjeras establecidas en el territorio nacional como YAZAKI, Michelin, Saint Gobain, Good Year. Dupont, DANA Corporation, Vitro y AGP American Glass Products (Vidrio blindado), (Fiducoldex, 2010). En marzo de 2014, la ANDI reveló que, a pesar de los esfuerzos adelantados en la industria automotriz, aún se presentaba una crisis estructural dentro del sector: “Los adelantos tecnológicos y la búsqueda de nuevos y mejores productos para el mercado no han sido suficientes para fortalecer a la industria automotriz colombiana en el mercado nacional”. Las razones de la crisis de la industria automotriz en Colombia obedecen entre otras, al comportamiento de la tasa de cambio y al Tratado de Libre Comercio con México; razón por la cual los vehículos ensamblados pasaron del 48% al 32 % dentro de la participación de mercado. De igual forma, los Acuerdos comerciales con la Unión Europea y con Corea presentan un panorama donde los aranceles disminuirán progresivamente

hasta llegar a una tasa impositiva del 0%, para los carros provenientes de dichos países, lo cual representa una amenaza para las cuatro ensambladoras locales, GM Colmotores, Sofasa Renault, CCA y Hino Motors Colombia (marca japonesa controlada por Toyota que ensambla camiones y buses). Respecto al momento de coyuntura que vive el sector, Jorge Mejía González, presidente de Colmotores, afirma que, si las ensambladoras nacionales no logran seguir garantizando el suministro de la demanda local, y le agregan un nivel de exportaciones al componente de ventas, cercano al 50% de la producción, difícilmente va a mantener la viabilidad de las líneas, adicionalmente comenta que los niveles de rentabilidad para la industria deberán permanecer entre 80.000 y 100.000 unidades producidas por año, concentrándose en un modelo y siempre teniendo como base el mercado local (La República, 2013).

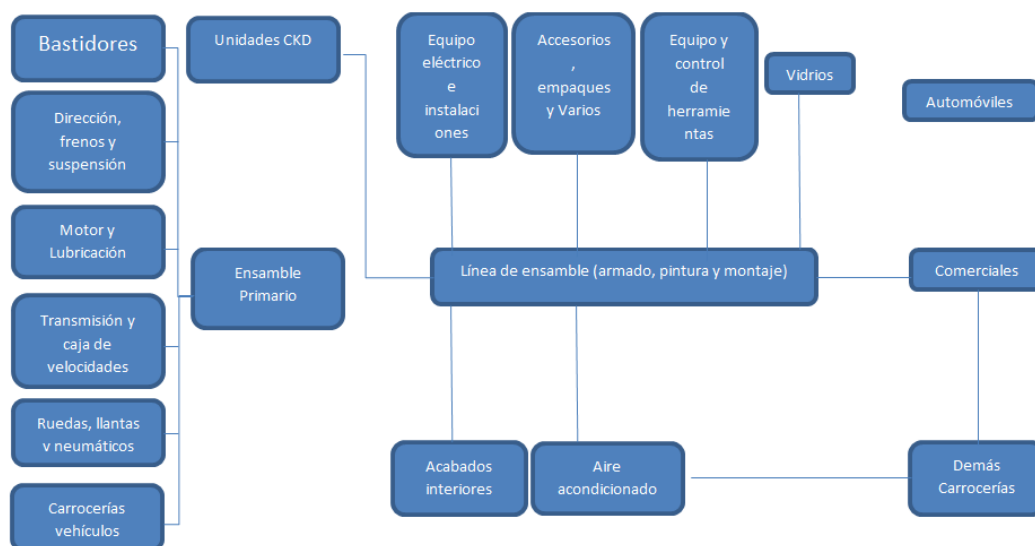
En lo que concierne al panorama actual de la industria automotriz, se puede observar según Revista Motor en su artículo "VENTAS DE VEHÍCULOS: LA DESACELERACIÓN CONTINUÓ", 2017, que a lo largo de 2016 se presentó una caída del 10,6% en ventas de vehículos al sumar 253.681 unidades respecto al año 2015 con una cifra de 283,613 unidades, con el agravante para el 2017 del aumento del IVA y la tasa de cambio. De las ventas totales en 2016, la líder fue Chevrolet ensamblada por GM Colmotores seguida por Renault ensamblada por Sofasa, un tercer puesto para la coreana KIA y la cuarta, la japonesa Nissan y Mazda. Vale la pena resaltar que esta investigación se encuentra comprendida entre 2008 y 2015, razón por la cual las cifras anteriormente presentadas sirven de contextualización para los últimos registros del 2015.

Para el presente documento, se utilizó como base de datos la Encuesta Anual Manufacturera EAM, la cual nos brinda información logitudinal del sector automotor, para el periodo de estudio, delimitando los registros conforme a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU, comprendiendo los subsectores de la siguiente manera: el primero denominado *Fabricación de vehículos automotores y sus motores*, el cual corresponde al código 3410; seguido del 3420, el cual pertenece a la actividad de *Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, remolques y semiremolques*, Por último se asigna el código 3430 a la *fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores*. Dentro del total de producción automotriz para el periodo de 2001 a 2012 se observa que la actividad 3410 cuenta una participación del 76,7%, seguido por la *Fabricación de partes, piezas y accesorios para automotores* 3430 con 13,9% y



finalmente con el 9,5% correspondiente a la *Fabricación de carrocerías para vehículos, remolques y semiremolques 3420*. Si bien la calificación CIIU es relevante para efectos metodológicos, resulta pertinente describir la cadena productiva del sector, la cual de la mano de otras industrias representa una de las manufacturas con mayor participación a nivel de producción bruta, consumo intermedio y puestos de trabajo ente otros, según la EAM.

## 2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SECTOR AUTOMOTOR COLOMBIANO (2000-2016))



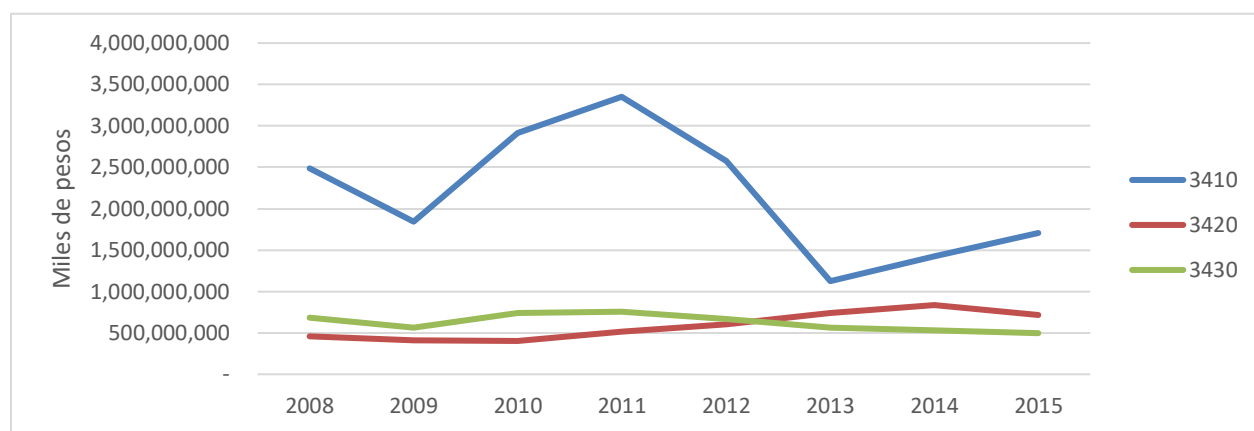
**Figura 1** Cadena Productiva Industria Automotriz Colombiana

Fuente: Elaboración propia, Departamento Nacional de Planeación (DNP) – Estructura Simplificada de la cadena

La cadena productiva del sector, de acuerdo con Departamento Nacional de Planeación (2010), está compuesta por las ensambladoras que, de la mano de otras cadenas productivas como las de metalmecánica, petroquímica (plástico y caucho) y textiles, conforman el eslabón de productos relativamente homogéneos así como materias primas comunes, usos intermedios o finales y procesos productivos similares; dado que ninguno realiza un proceso de transformación de materias primas, el ensamble se reduce a armado, montaje y proceso de pintura. Para el armado es utilizado el CKD siglas en inglés provenientes de Completely Knock Down que Torrijos y Torrijos, (2017) describen como el sistema logístico mediante el cual se consolidan en un almacén todas las piezas necesarias para armar un aparato funcional, proveniente de las casas matrices de las marcas de vehículos y es catalogado como el insumo principal del proceso de producción de un vehículo representando cerca del 60% de los costos. Los autores igualmente señalan que

muchos de los productos que hacen parte de la cadena de producción de vehículos provienen de otras cadenas productivas mencionadas anteriormente. Dentro de la descripción de los eslabones de la cadena se destaca la producción de autopartes para los sistemas de dirección, frenos, suspensión, instalaciones y el equipo eléctrico, los cuales hacen parte de la producción nacional (Departamento Nacional de Planeación, 2010).

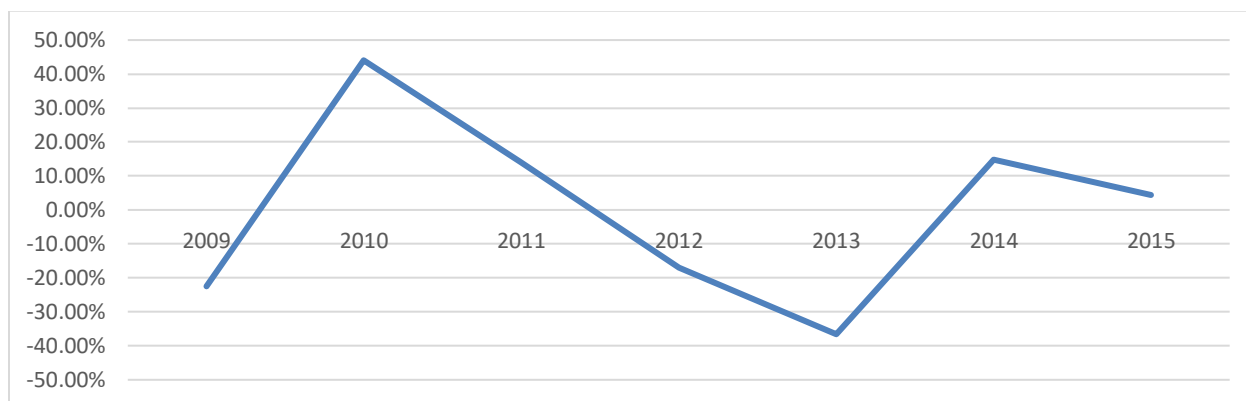
Tomando como base la EAM para el análisis correspondiente al período 2008 a 2015, se elige la producción bruta como la variable proxy que arrojará información para analizar los niveles de producción del sector automotor. Otra variable de análisis es el consumo intermedio dadas las cadenas de producción descritas anteriormente, donde la materia prima no es transformada debido a la actividad de ensamblaje. Igualmente, el consumo de energía y la mano de obra calificada y no calificada hacen parte fundamental de nuestro modelo.



**Figura 2** Producción Bruta Sector Automotor en Colombia (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

Conforme a la Figura 2, se puede analizar que los niveles de producción bruta, equivalentes a todos los productos manufacturados en el sector, presentan un comportamiento decreciente desde 2011, a causa de la disminución de las exportaciones de vehículos automotores y sus motores a Venezuela, (Reina, 2014). Posterior a la reestructuración comercial, Ecuador pasó a ser el destino más importante de exportación, seguido de México y la incorporación en 2013 de Argentina, que asumió una participación cercana al 30% de las exportaciones colombianas de la rama, equivalente a USD 250 millones; cabe resaltar que México y Argentina a 2011 no superaban el 1% en las exportaciones, llegando a representar con su participación en 2013 el 60% de las exportaciones del sector automotor colombiano de acuerdo a las cifras de Reina, (2014).



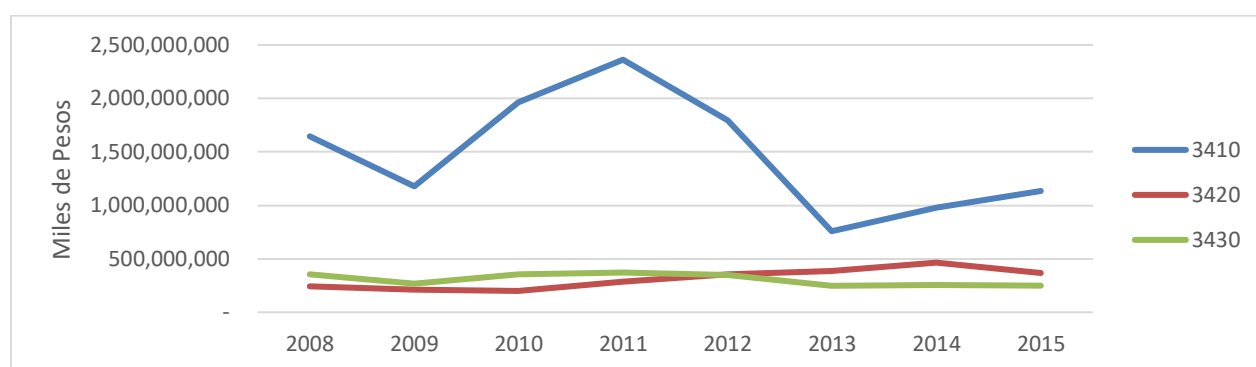
**Figura 3** Variación porcentual de la producción (2009-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

Por otro lado, Téllez, (2017), muestra cómo para el año 2015 el sector automotor representa cerca del 4% de la producción bruta industrial, así como el 1,6% del PIB en términos de ventas, lo cual se encuentra relacionado con la implementación de diferentes tratados comerciales. Desde el año 2012, se observa que la producción presentó una reducción significativa asociada a la llegada de productos provenientes de México, Estados Unidos y Corea principalmente, lo cual implicó una ventaja en términos de precios frente a los productos nacionales. Durante el 2013 y 2014, la demanda externa tuvo un menor dinamismo, dado que SOFASA termina su cupo de exportación a Argentina y la reducción en las exportaciones a México. A partir de 2014, se observa un cambio de tendencia, gracias a la estabilización en precios que logra mejorar la capacidad adquisitiva.

Iniciando el año 2015 de cara a una devaluación real del tipo de cambio y el incremento en los precios, empieza una etapa de desaceleración en cuanto al consumo de bienes durables y en las importaciones; así pues, se incrementa la demanda por vehículos de menor gama permitiendo a la producción nacional una mayor participación en términos de abastecer la demanda interna, que en 2014 representaba el 33,4% con una de las cifras de producción bruta más bajas del período de análisis cercana a los \$1.4 miles de millones y 34,6% equivalentes a \$1.7 miles de millones para 2015. Otras variables como el incremento en las tasas de interés por parte del Banco de la

República redujo en general el consumo de los hogares de 4,2% en 2014 a 3,9% en 2015 (Téllez, 2017). Por otro lado, las exportaciones aumentaron en 16,1% dada la reconfiguración de la oferta que permite suavizar la caída en la producción tal y como lo muestra la Figura 3. Cabe señalar que las importaciones de autopartes disminuyeron en 11,7% cambiando el comportamiento que desde 2009 se venía presentando, lo cual sumado a una reducción en las cifras de exportaciones de 12,2%, produjo un balance negativo para el subsector, el cual encontró dentro de la demanda interna un aliciente mediante la venta en el mercado de vehículos usados, incentivado por los altos precios de los vehículos de alta gama. Referente al campo de carrocerías, las importaciones fueron menores, pese a mantener las cifras de exportación, con lo cual se generó en una caída de 14% para el índice de producción de autopartes y 13% en carrocerías según la EAM.



**Figura 4** Consumo Materias Primas Industria Automotriz (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

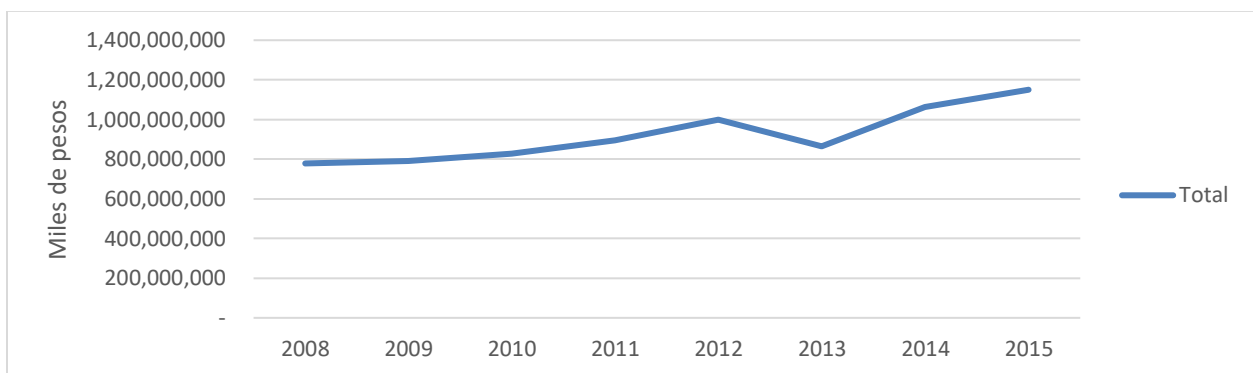
En lo que concierne a las materias primas, la Figura 4 muestra el consumo de materias primas para los subsectores que confirman la industria automotriz. Allí se aprecia que *3410-Fabricación de vehículos automotores y sus motores* ocupa de lejos el primer lugar en cuanto a consumo intermedio, lo cual está directamente asociado al tamaño de su producción y valor agregado durante todos los años incluidos en la presente investigación. El desplome en el consumo intermedio de esta rama se explica por el descenso del comercio con Venezuela, al tiempo que las importaciones de vehículos provenientes desde México y Corea con cero aranceles ganan participación dentro del mercado nacional. A partir de 2013, la puesta en marcha de la planta de estampado de láminas de acero de General Motors entra en funcionamiento y ello recupera en parte los niveles de producción y valor agregado. Sin embargo, el cese de actividades de la

ensambladora de Mazda perteneciente a la Compañía Colombiana Automotriz representa un duro revés para la fabricación de vehículos en Colombia que al año 2015 no se logra recuperar.

Para el período de 2002 a 2012 el responsable del 80,4% del consumo intermedio de la industria automotriz fue el subsector 3410, seguido del 3430 con el 11,3% y finalmente con el 8.3% el subsector 3420, Según Reina, *et al.*, (2014), Para el año 2013 el Gobierno Nacional por medio del Decreto 2910 crea el Programa de Fomento para la Industria Automotriz (PROFIA) el cual entra en vigencia a partir de abril del 2014, incentivando el ingreso de nuevas firmas y la expansión de las que ya se encuentran, por medio de políticas como el no pago de aranceles para la importación de materias primas e insumos que no sean producidos en el país, a fin de obtener una oferta de vehículos y partes que logre llegar con precios competitivos, a través de menores costos de producción para las ensambladoras y fabricantes de autopartes.

De la mano del Programa de Transformación Productiva, de ACOLFA (Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes), ensambladoras, autopartistas y de la Cámara de la Industria Automotriz de la ANDI, se generará una industria más competitiva a nivel global; este resultado puede notarse fácilmente en la Figura 3 ya que a partir del 2014 la tendencia en consumo de materias primas se incrementa de manera sustancial (Portafolio, 2012).

Otra de las variables a analizar obtenidas por la EAM es la de Activos Fijos en la industria automotriz, en la Figura 5 se presenta el comportamiento total de los tres subsectores.



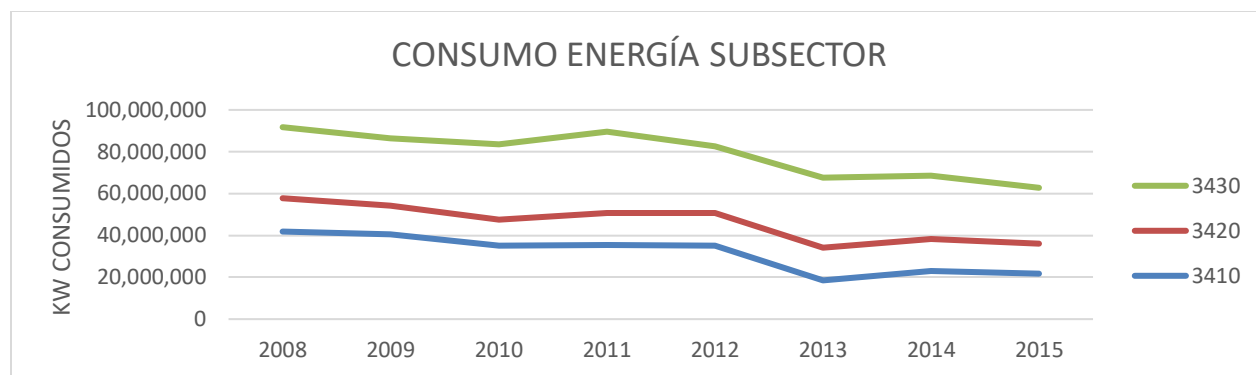
**Figura 5** Activos fijos Industria Automotriz (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

El comportamiento ascendente de ésta variable genera incrementos en los niveles de producción de la industria, renovación en términos tecnológicos y procesos productivos más eficientes en términos de activos fijos o bienes de capital (Lorenzana, 2016). La Figura 5 presenta una relación directa con los niveles de producción, ya que frente a la expansión de la industria automotriz hacia otros mercados vía tratados comerciales, se genera una inyección de capital importante, mostrando cifras de crecimiento de los activos fijos durante el período de 2008 a principios de 2012; a partir de ese momento y hasta el 2013 se desacelera la participación del capital, dado un comportamiento negativo de la demanda por la entrada de productos importados a precios competitivos provenientes de México, Estados Unidos y otros países.

Con la entrada en vigencia el *Decreto 2910* se presenta un panorama favorable para la industria, que se vio potenciado gracias al respaldo financiero por parte de Bancoldex y el Programa de Transformación Productiva, quienes por medio de una línea de crédito ofrecida a los fabricantes de autopartes solucionaron problemas de liquidez con un cupo de 50.000 millones de pesos y condiciones preferenciales a quienes fueron otorgados. Parte de estos programas incentivaron la inversión, es así como General Motors abre su planta de fabricación de vehículos en el 2014 (Ministerio de Comercio Industria y Turismo, 2013).

Otra de las variables que arroja la EAM para este análisis es la de consumo de energía eléctrica, esta variable es significativa en términos de productividad, la relación entre consumo de energía y producción es positiva y cómo podemos observar en la Figura 6, el comportamiento por subsector ha sido constante, con variaciones en el consumo de Kilovatios para algunos períodos en los que la producción se redujo por cambios en las preferencias de los consumidores hacia marcas importadas y cierres de destinos de exportación entre 2009 y 2013, año en el que se incrementa el consumo de energía vía mayores niveles de producción. Es de resaltar el comportamiento de la curva de consumo de energía para el subsector 3410, puesto que aún frente a la caída de la producción de vehículos, la fabricación de motores representó uno de los componentes que mayores cifras positivas arrojó para el subsector y propuso un comportamiento más constante en consumo de energía.



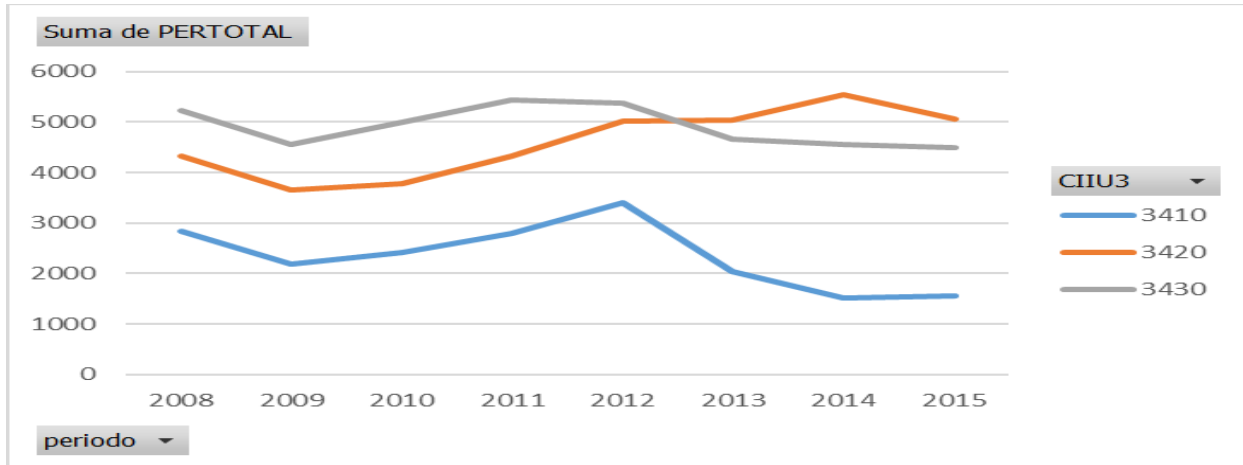
**Figura 6** Consumo de energía por subsectores (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

En lo que atañe a la contribución del sector en términos de empleo, la producción bruta de la industria aporta 22,3 mil empleos entre mano de obra calificada y no calificada, los tres subsectores cuentan con una participación importante, sin embargo, como denota Reina *et al.* (2014) durante el período de 2002 a 2012, el 41% del personal ocupado de la industria estaban en el eslabón 3420 *Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, remolques y semiremolques*, seguido con el 31% del 3430 *Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores*; para finalmente encontrar en tercer lugar con el 28% a la fabricación de vehículos automotores y sus motores, Reina *et al.* (2014), también resalta como la composición de capital y trabajo presenta un comportamiento especial, ya que es de esperar que ésta última sea más intensiva en capital que en trabajo, contrario a la producción de autopartes la cual se esperaría fuese más intensiva en mano de obra con respecto al valor del capital; por ello se puede deducir que la mano de obra para el subsector 3410 debe tener una productividad marginal más alta, frente a lo cual la EAM a 2012 muestra que el salario y los costos laborales promedio de la fabricación de vehículos automotores y sus motores es mayor al de la fabricación de carrocerías y la fabricación de autopartes, llegando a ser el doble del salario promedio del resto de la industria nacional, caso contrario, las carrocerías y autopartes están por debajo del promedio del salario del resto de la industria.

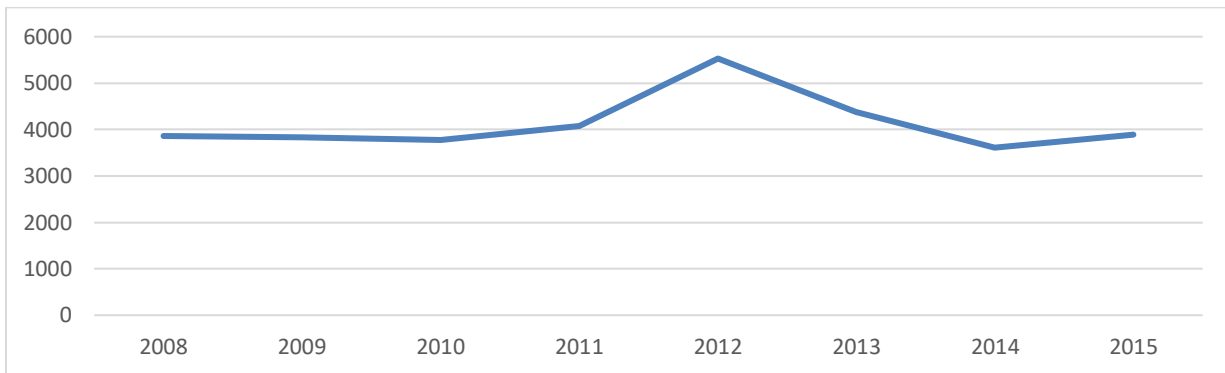
Es importante resaltar que, de acuerdo con la EAM en 2011, el personal permanente para la fabricación de autopartes es del 80%, carrocerías 60% y menos de la mitad del personal remunerado en la fabricación de vehículos automotores y sus motores era permanente; con estas cifras se puede ver que el sector en términos de empleo presenta una proporción importante de

informalidad y rotación de personal. La Figura 7 nos muestra en el subsector 3410 un comportamiento muy cercano a la producción, que, en 2012, luego de presentar el registro más alto de empleo, empieza una desaceleración por las razones mencionadas anteriormente y el cierre de la CCA en 2014; lo cual reduce considerablemente los puestos de trabajo en el sector. De igual forma, las dinámicas del comportamiento respecto al empleo para los subsectores 3420 y 3430 van en línea con el comportamiento de la producción bruta.



**Figura 7** Generación de empleo por subsectores (2008-2015)

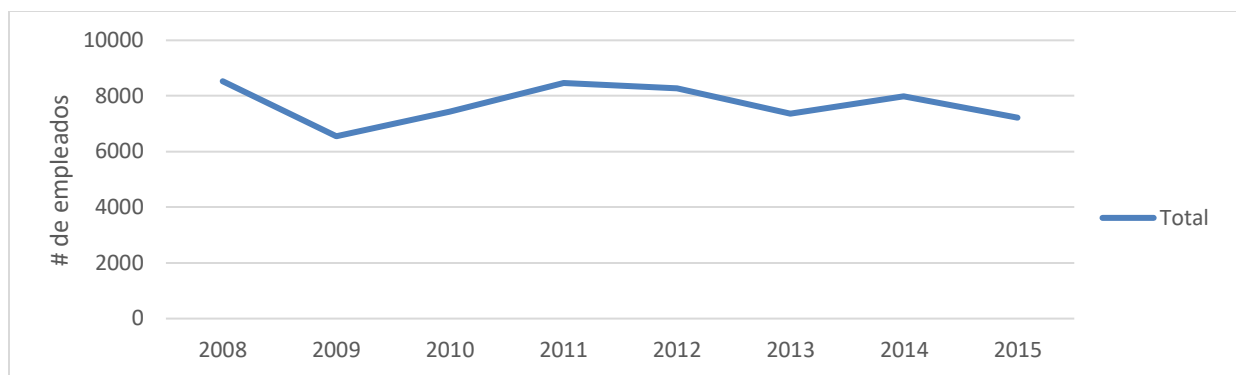
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM



**Figura 8** Mano de Obra calificada (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM





**Figura 9** Mano de Obra No calificada (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

En lo que concierne a calificación laboral, el cual podemos considerar como soporte teórico la teoría de Robert Solow (1957), quien al considerar la inversión en un sentido diferente al capital y al trabajo denominado progreso técnico (A) del cual hacía parte importante el progreso en el conocimiento concluye que para llegar a un progreso técnico que finalmente desencadene en un mayor resultado a nivel de industria debe existir una aumento en la fuerza de trabajo y mayor educación a la misma; más adelante Denison(1962) y Schultz (1963), centran sus investigaciones en estimar la contribución de la inversión en conocimiento y educación para obtener mejoras cualitativas en la fuerza laboral la cual después de dichas investigaciones arrojan como resultado mayores tasas de retorno, aún comparado con el capital físico, con ello Denison llega a una relación educación-crecimiento económico directo explicado por la inversión en educación; más adelante Becker (1964) y Mincer (1974) denominan a ésta teoría la teoría del capital humano para finalmente establecerla como una rama de la economía llamada economía de la educación, Cardona Acevedo et al,2007. Salgado Pardo *et al*, (2010) destaca que el sector cuenta con un factor de capital humano calificado a costos competitivos, es así como a 2010 más de 15.000 personas entre profesionales y técnicos hacían parte de la oferta laboral de la industria; el subsector que genera mayor demanda de mano de obra es el autopartista, seguido del subsector de fabricación de vehículos automotores y sus motores quienes para efectos de ensamblaje requieren un nivel de calificación y experiencia en la industria de alto nivel. Como lo muestra la Figura 8, de acuerdo a la información obtenida de la EAM, en los períodos de mayores niveles de producción, el empleo de mano de obra calificada tuvo un comportamiento creciente, contrario a esto, la Figura 9 refleja

la disminución en la utilización de la mano de obra no calificada, es por ello que Oliverio Enrique García, presidente de la Asociación Colombiana de Vehículos Automotores (Andemos), Cano, (2017), propone por medio de la Asociación la creación de una bolsa de trabajo con el objetivo de incentivar una mejor capacitación del personal y así garantizar ante una fuerte demanda, una mano de obra con el conocimiento necesario para cada subsector de la industria.

### 3.2 ANALISIS DE LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARCIAL Y MULTIFACTORIAL

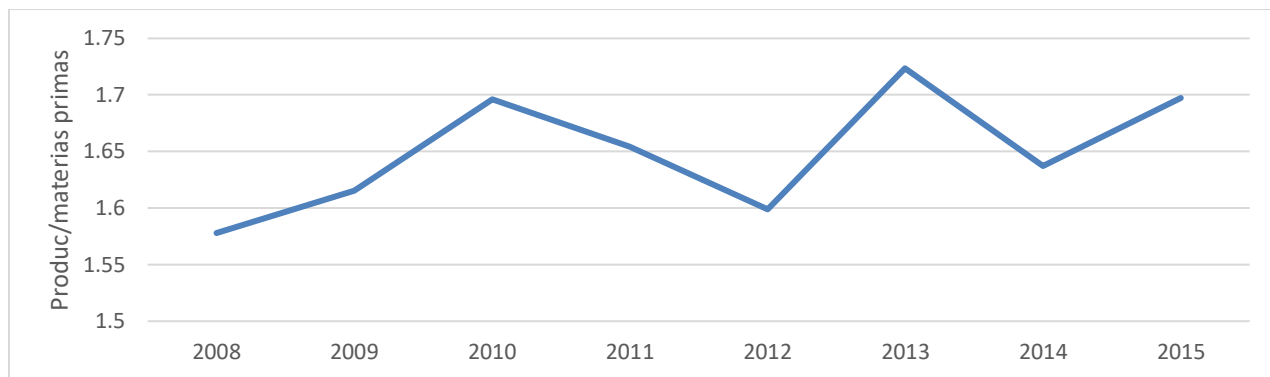
A Continuación, se presentan las razones de productividad multifactorial conforme a la metodología de Kendrick y Cramer (1965), tomando como base la EAM para visualizar la relación entre los insumos, el capital y el consumo de energía con respecto a la producción. A partir de la ecuación de productividad total se desarrolla el análisis para cada uno de los factores de producción tales como materias primas, mano de obra calificada y no calificada, bienes de capital y finalmente consumo de energía.

$$Productividad\ Total = \frac{Productividad\ del\ período\ a\ precio\ base}{factor\ productivo\ del\ período\ a\ precios\ del\ período\ base} \quad (1)$$

Para efectos metodológicos se tomó como año base el Índice de Precios al Productor –IPP a 2014.

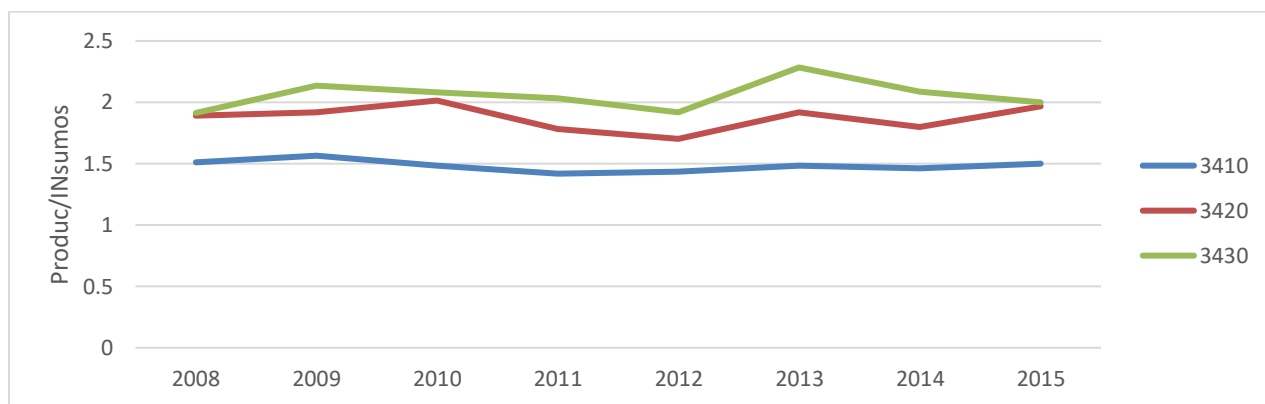
Es así como, a partir de la ecuación 1 aplicada para calcular la productividad total de las materias primas en función de la producción, se observa en la Figura 11, que en el subsector 3430 - *Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores* muestra una dinámica en ascenso excepto para los años 2011 a 2012 donde ante la caída de la producción la utilización de insumos de la industria fue relativamente más baja dada la entrada de más vehículos importados al país, lo cual también nos da una perspectiva del comportamiento del subsector 3410 - *Fabricación de vehículos automotores y sus motores*; en el caso de 3420 - *Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, remolques y semiremolques*, el comportamiento durante el período de análisis se mantiene, en términos globales, la productividad total del sector es

ascendente gracias a las exportaciones y a una tendencia creciente del mercado interno como se puede observar en la Figura 10 .



**Figura 10** Productividad Total materias primas (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

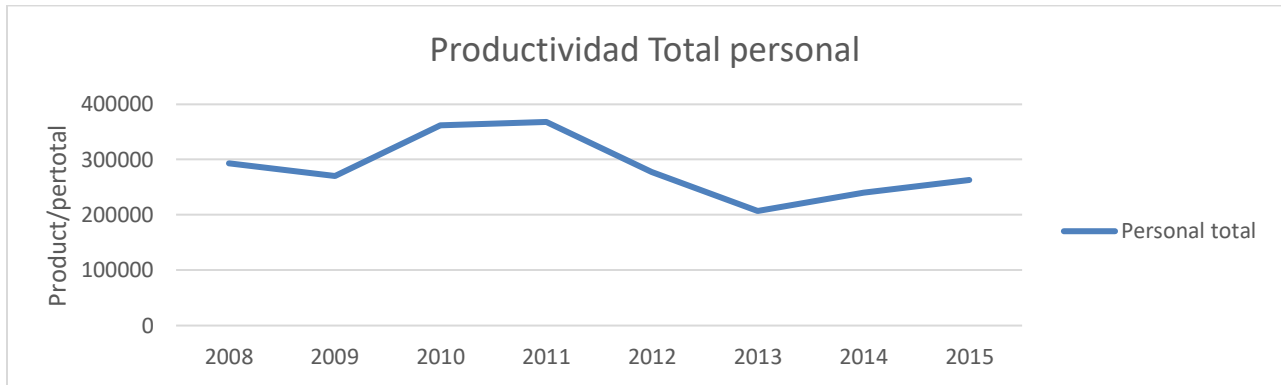


**Figura 11** Productividad materias primas por subsector (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

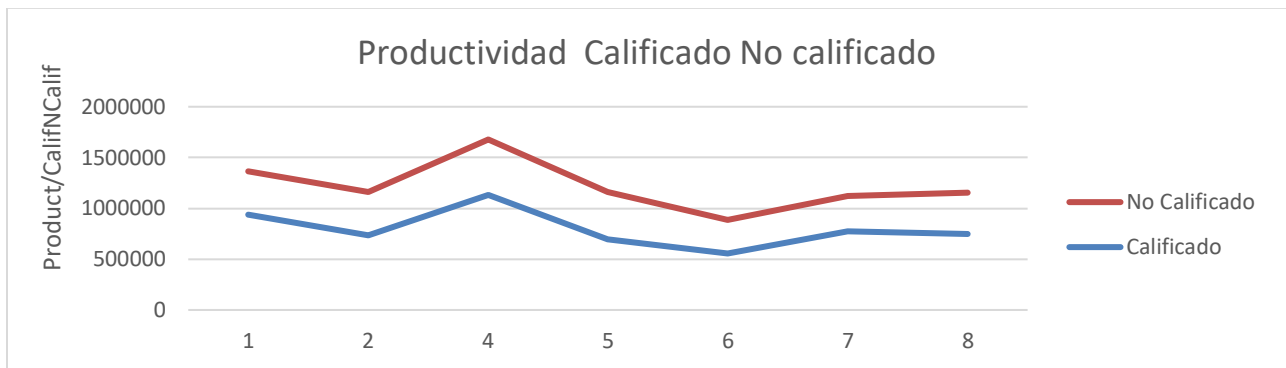
En relación con la mano de obra aplicando la ecuación 1 de productividad total, la Figura 12 permite visualizar un descenso entre el período 2011 a 2013 en términos de productividad total del factor mano de obra. Sin embargo, al analizar la Figura 13, la cual nos permite ver la mano de obra calificada y no calificada, se puede concluir que a partir de las cifras arrojadas por la EAM, fue más intensivo en términos productivos la mano de obra no calificada, esto debido a que se han desarrollado programas de capacitación y formación con el objetivo de fortalecer la industria,

alianzas como la del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) con universidades con programas a fines a la industria, con ACOLFA (Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes) entre otros nombrados por el informe de Proexport *INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN COLOMBIA*, (2012) logrando ingresar nuevo personal en proceso de calificación al sector.



**Figura 12** Productividad Total Personal (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

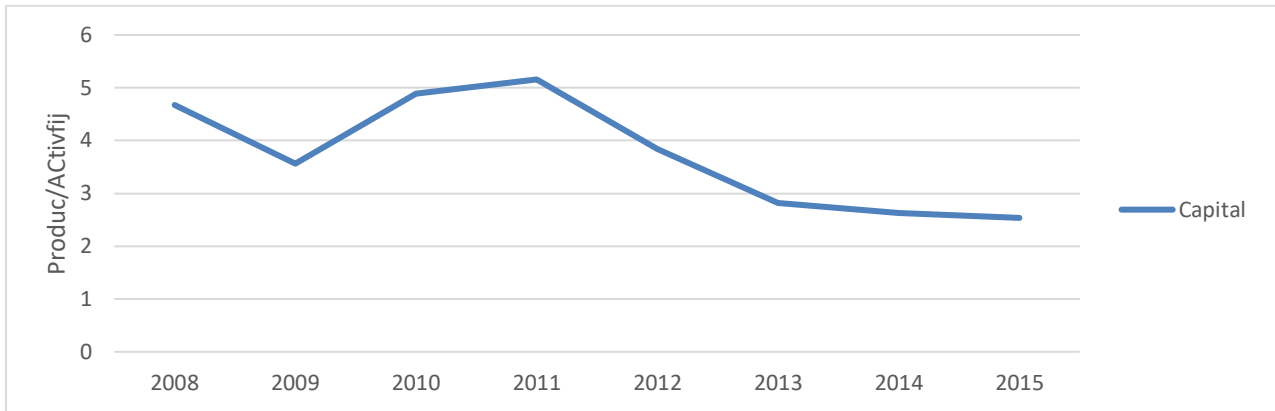


**Figura 13** Productividad calificado, no calificado (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

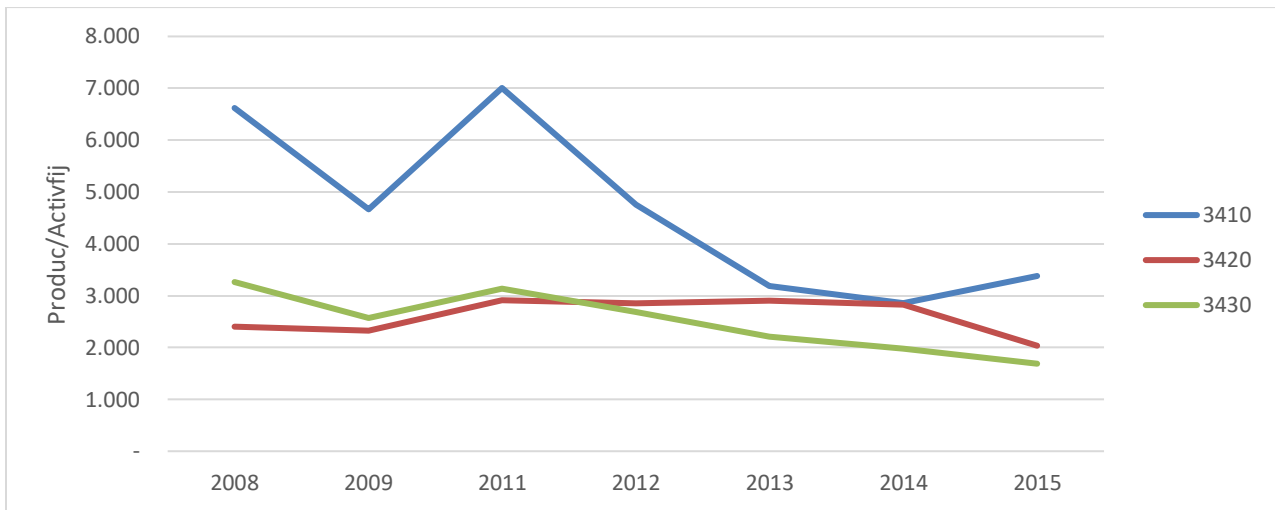
En lo concerniente a la productividad parcial del capital el comportamiento arrojado por el indicador en la Figura 14, es poco constante dado que las condiciones de mercado, nuevos tratados comerciales, tasa de cambio y pérdida de confianza por parte de los inversionistas en algunos sectores de la economía no incentivaron la inversión en períodos como 2008-2009 y 2011-2015. La Figura 15 permite hacer un análisis por subsector, entonces, el subsector 3410 evidencia una

tendencia decreciente pero entre 2013 a 2015 en visible recuperación dada la inyección de capital por parte del gobierno con PROFIA y la planta de estampado de GMC; seguido está el subsector 3420 con una dinámica más constante positivamente durante el período de análisis; y finalmente el 3430 de autopartes, muestra desde 2011 una reducción considerable y sigue en descenso al finalizar el período de análisis.



**Figura 14** Productividad parcial del Capital (2008-2015)

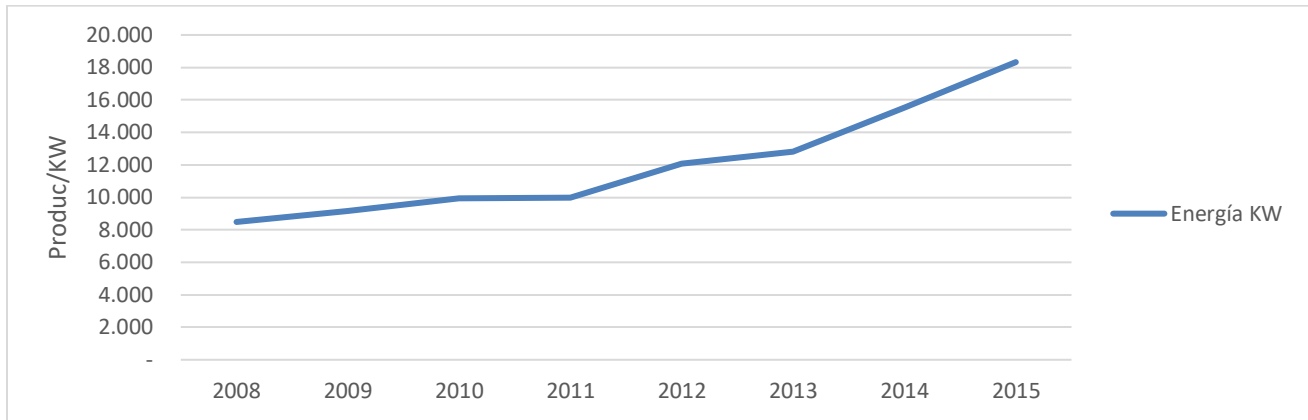
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM



**Figura 15** Productividad parcial del capital por subsectores (2008-2015)

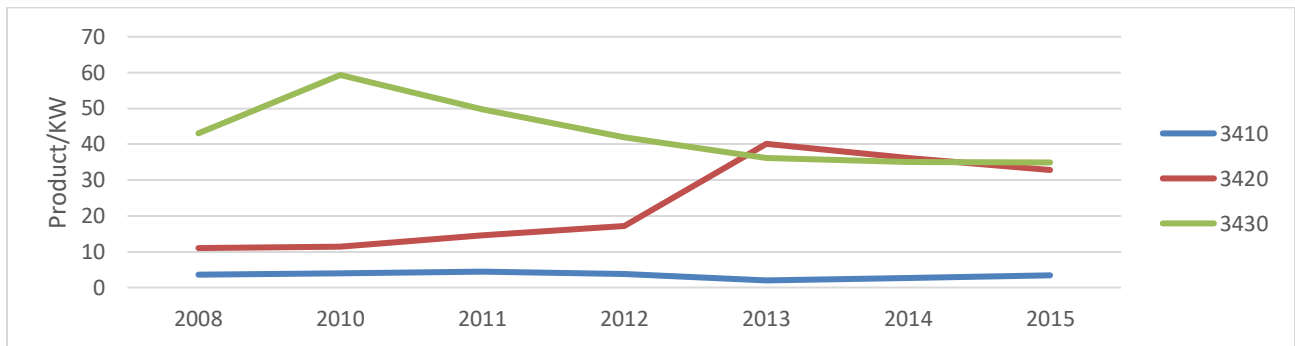
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

En el ámbito del consumo de energía en la industria automotriz, la productividad total de dicho factor sobre la ecuación 1, es ascendente, a partir de las cifras de la EAM en la Figura 16 los resultados de la gráfica muestran como en algunos casos dicha productividad total, es jalonada por el subsector 3420 como consecuencia de una reducción en los niveles de producción de los vehículos automotores y sus motores y de autopartes como lo muestra la Figura 17.



**Figura 16** Productividad consumo de energía (2008-2015)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM



**Figura 17** Productividad consumo de energía por subsectores (2008-2015) Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 ANÁLISIS METODOLÓGICO Y ECONÓMICO

El presente documento se enmarca dentro de un tipo de investigación no experimental, cuantitativa, que acude al uso de modelos econométricos de datos de panel, a fin de calcular la Productividad Total de los Factores PTF, mediante el análisis de residuos de una estimación semiparamétrica para 132 empresas del sector automotriz que cuenten con la totalidad de registros para el periodo comprendido entre 2008 y 2015.

Según Cameron y Trivedi (2005) los modelos de datos de panel están compuestos por observaciones que se repiten en distintos periodos de tiempo, esto quiere decir, que mezcla los datos que se presentan en un corte horizontal para un mismo individuo, hogar o firma durante distintos periodos. Normalmente en la literatura se pueden identificar dos tipos de paneles, los primeros son aquellos que se encuentran fuerte balanceados, o cuentan con la totalidad de las observaciones para todos los periodos a trabajar, en caso de no contar con todos los registros se tendría lo que se conoce como panel no balanceado o débilmente balanceado. Para el caso de esta investigación se cuenta con un panel fuerte balanceado, dado que la EAM brinda información completa para todas las empresas que hacen parte de la muestra.

Conforme a Aparicio y Márquez (2005) La forma más sencilla de analizar los modelos de panel es el realizar un modelo de datos agrupados, donde se omiten las dimensiones del espacio y tiempo de los datos y se procede sólo a calcular la regresión MCO usual. Normalmente se presenta el modelo de la siguiente manera:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + e_{it} \quad (2)$$

$$\text{donde } i = 1 \dots N; \quad t = 1 \dots T$$

En la ecuación 2  $i$  representa la  $i$ -ésima unidad transversal y  $t$  el tiempo, por lo general expresado en años. Conforme a lo anterior, se propone una estructura semi paramétrica representada por la ecuación 3 que se encuentra basada en el estudio de Arbeláez y Rosales (2004)

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln K_t + \beta_2 \ln L_t + \beta_3 \ln MP_t + \beta_4 \ln Eelec_t + E_t \quad (3)$$

$$\text{Donde: } PTF = \exp(E_t)$$

La ecuación 3 presenta como variable dependiente la Producción Bruta para cada empresa, deflactada por el índice de precios al productor IPP de 2014 para el sector manufacturero en

Colombia. Como variables explicativas se tuvieron en cuenta los empleados calificados y no calificados, <sup>5</sup>el Capital Real a través del uso de los activos fijos deflactados por IPP a 2014 para bienes de capital, el consumo de energía y el consumo de materias primas deflactadas por el IPP de consumo de materiales intermedios 2014.

El resultado para el modelo mediante efectos agrupados con errores estándar que resuelven los problemas de heterocedasticidad se presenta en la tabla 1:

**Tabla 1** Modelo efectos agrupados MCO

<b>VARIABLES</b>	<b>MCOrobust</b>
Lncalif	0.1884*** (0.0155)
Lnnocalif	0.0393*** (0.0164)
LnActivdef	0.03667*** (0.0123)
LnMateriap	0.6370*** (0.0155)
LnEelect	0.1173*** (0.0148)
Constant	3.5437*** (0.1645)
Número de obs	1050
F(3, 562)	7151.95
Prob > F	0.0000
R-squared	0.9640
Adj R-squared	0.9648
Errores Estándar en Paréntesis	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	
Fuente: elaboración propia	

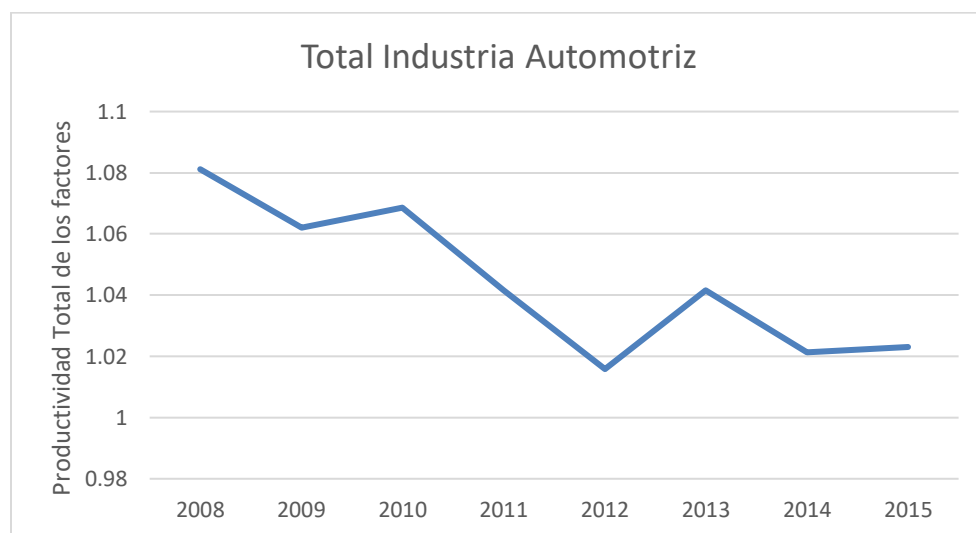
La tabla 1 muestra los resultados obtenidos para el modelo de efectos agrupados, donde resalta la fuerte participación de las materias primas con un 0.637, valor que es superior al encontrado por Echavarría et al, (2006), quienes hallaron para el total de la industria un valor de 0.60 utilizando

<sup>5</sup> Se entiende por empleados calificados todos los técnicos, tecnólogos, profesionales y administrativos, mientras que por no calificados se reúne la variable de obreros que presenta la EAM



la misma metodología, lo cual permite afirmar en primera instancia que la industria automotriz es intensiva en el uso de la materia prima y en segundo lugar, que su participación dentro del total de la productividad del sector es superior en 7 puntos al de la media del sector encontrada en la literatura. Por otra parte, se puede observar que la participación del empleo calificado para el sector es de 0.1884, lo cual implica que es superior al de mano de obra no califica con 0.0393 y el stock de capital que registra un valor de 0.03667. Los resultados son lógicos, si se tiene en cuenta que la industria contempla un alto nivel de valor agregado y, por ende, requiere de una mayor participación de empleados calificados. En lo que respecta al consumo de energía existe una participación dentro del total de un 0.1173, lo cual muestra que el consumo de energía eléctrica es significativo y representativo para el sector automotor en Colombia, adicionalmente la figura 16 donde se analiza la productividad de la energía en el capital, brinda evidencia para afirmar que la participación en el consumo de Kw ha aumentado de forma constante durante la venta de tiempo seleccionada.

Luego de estimar el modelo por efectos agrupados se procedió a calcular los residuos para determinar la PTF del sector, mediante el exponencial de los residuales obtenidos. La figura 1 presenta la Productividad Total de los Factores para el sector automotriz en Colombia, mediante un modelo MCO o de efectos agrupados.

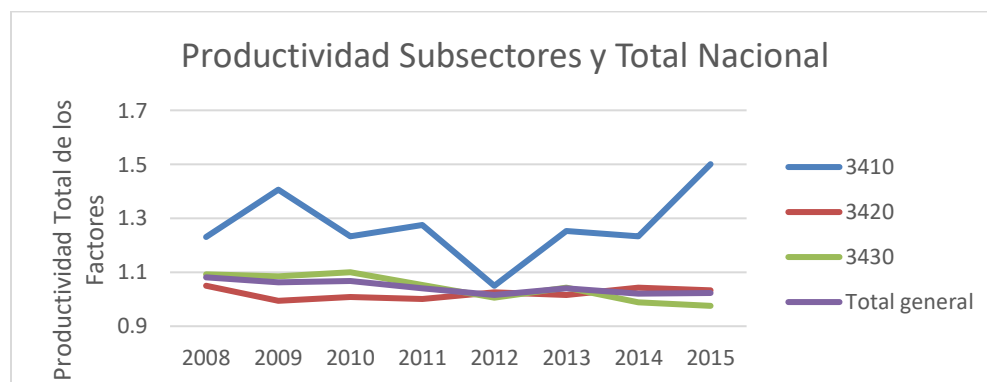


**Figura 18** Productividad Total de los Factores MCO Industria Automotriz

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

Conforme a la Figura 18 se observa que al igual que la productividad de las materias primas, la productividad total de los factores del sector presentó una caída desde el año 2008 hasta el 2012 atribuible según Reina et al, (2014) a la disminución en la producción, a causa del choque internacional de la crisis financiera *subprime* en los Estados Unidos, los rezagos de la crisis diplomática con Venezuela y la caída de la demanda interna en Colombia. Para el periodo de 2013 a 2015, se dio una recuperación en el sector gracias a la participación de mercado que asumieron países como México y Ecuador, incrementando el nivel de exportaciones que fomentaron la producción y la situaron en registros cercanos al año 2007 conocido como el boom del sector automotriz.

A fin de realizar un análisis más completo se estimó la PTF para los tres subsectores que comprenden el sector automotriz, donde se encontró que la productividad del sector de Fabricación de automóviles presenta valores más altos que los demás, lo cual se encuentra asociado al alto grado de tecnificación que maneja dentro de la industria manufacturera. Respecto a la productividad del subsector de *Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores 3430* se observa una caída constante durante todo el periodo de estudio, pasando de una productividad del 1.09 en 2008 a un registro de 0.97 en 2014, situación que puede estar relacionada con la menor proporción de piezas que se dirigen al exterior en este subsector, que limitan respecto al *3410* el aumento de la productividad. Por último, de los tres subsectores, el que arrojó menores sobresaltos es el de *Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, remolques y semiremolques 3420* que paso de una productividad total de 1.05 en 2008 a 1.03 en 2015.



**Figura 19** Productividad Total de los Factores Subsectores Industria Automotriz

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

Cabrera (2018) citando a Levinsohn y Petrin (2004) hace énfasis en que el modelo de Mínimos cuadrados o de efectos agrupados, presenta una serie de inconvenientes para el cálculo de la productividad, razón por la cual es importante buscar otros métodos de estimación, que brinden una mejor perspectiva ante la existencia de una correlación entre los impactos de la productividad no observable y los factores de producción. Vale la pena recalcar, que las empresas responden a impactos positivos, mediante el aumento de la producción y la expansión de los insumos o materias primas. Por otra parte, las firmas responderán ante impactos negativos, mediante la reducción de la producción y por ende una menor utilización de insumos o materiales. Bajo este panorama, el seleccionar un factor de producción estaría correlacionado con la productividad, razón por la cual el estimador MCO estaría sesgado. Por otra parte, el capital y los insumos se encuentran correlacionados entre sí, por lo cual resulta necesario revisar a nivel de firma, la dinámica de la productividad.

Dentro del proceso de determinación del mejor modelo de datos de panel, se estimó el modelo de efectos aleatorios, que, a diferencia del modelo de efectos agrupados, permite calcular un intercepto distinto para cada unidad transversal, lo cual permite controlar el carácter individual de cada empresa que compone el sector automotriz. La ecuación que define un modelo de efectos aleatorios según Aparicio y Márquez (2005) es la siguiente:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + e_{it} \quad (4)$$

Según la ecuación 4 se puede determinar que  $\alpha_i = \alpha + u_i$ . Como se mencionó anteriormente  $\alpha_i$  o el intercepto no es fija y se toma ahora como una variable de carácter aleatorio con valor medio  $\alpha$  y desviación igualmente aleatoria  $u_i$ .

Sustituyendo  $\alpha_i = \alpha + u_i$  en (4) se llega a la ecuación 5:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + u_i + e_{it} \quad (5)$$

Para efectos metodológicos el resultado del modelo por efectos aleatorios para el sector automotriz se presenta en la tabla 2. Dado que,  $u_i = 0$  no existiría una diferencia representativa entre utilizar el modelo de efectos agrupados (ecuación 4) o aleatorios (ecuación 5), razón por la cual se aplicó el test de multiplicadores de *Lagrange* para determinar si la varianza del termino  $u_i$  es igual a 0, de

esta manera la hipótesis nula de la prueba está dada por  $\sigma_{it}^2 = 0$ . Los resultados obtenidos para esta investigación arrojaron que la hipótesis nula debe ser rechazada a un 99% con un *p-valor* de 0.000, y asumir que  $\sigma_{it}^2 \neq 0$ . Razón por la cual es preferible seleccionar el modelo de efectos fijos sobre los agrupados.

Continuando con el diagnóstico para identificar el modelo de datos de panel que mejor represente el comportamiento del sector automotriz en Colombia, se realizó la estimación de un modelo mediante efectos fijos, el cual según Labra y Torrecillas (2014) flexibiliza la condición del estimador de efectos aleatorios, dado que trata el efecto individual de manera separada al término de error. A fin de permitir que el intercepto varíe entre cada estado, se aplicó la técnica de las variables dicotómicas de intersección diferencial, la ecuación 6 expresa el modelo de la siguiente forma:

$$Y_{it} = v_i + \beta_1 X_{1it} + e_{it} \quad (6)$$

Conforme a la ecuación 6  $v_i$  corresponderá a un vector compuesto por las variables dicotómicas generadas para cada empresa, para efectos metodológicos la tabla 2 no presenta todas las variables dicotómicas generadas, dado que la base de datos cuenta con 132 empresas<sup>6</sup>. Una vez obtenidos los resultados del modelo mediante efectos fijos, es necesario realizar la prueba de Hausman (1978), para determinar si la diferencia entre los coeficientes encontrados para los efectos fijos y aleatorios, prueban la hipótesis nula relacionada con que  $u_i$  y las variables utilizadas dentro del modelo se encuentran correlacionadas, la ecuación 7 muestra el test de Hausman, donde se trata de comprobar si la diferencia de los coeficientes no es sistemática.

$$t = \frac{b_{FE,k} - b_{RE,K}}{[se(b_{FE,k})^2 - e(b_{FE,k})^2]}$$

Los resultados para el test de Hausman mostraron que es necesario rechazar la hipótesis nula, al encontrar que los coeficientes son sistemáticos con un *p valor* de 0.0043. Posterior al diagnóstico del

---

<sup>6</sup> Se realizó la prueba F para determinar si el modelo de efectos agrupados es preferible al modelo de variable dicotómica por cada empresa. El *p valor* arrojado de la prueba muestra que es necesario rechazar la hipótesis nula donde todas las variables dicotómicas son iguales a 0. Por ende, al menos una variable debe ser incluida en el modelo y se debe preferir el utilizar el modelo de efectos fijo.

modelo, es necesario verificar si el modelo de efectos fijos presenta problemas de heterocedasticidad, Correlación Contemporánea y autocorrelación.

Como primer paso para analizar la validación de supuestos en el modelo de efectos fijos, se procedió a realizar la prueba de Wooldridge (2002), que parte de la hipótesis nula, donde no existe correlación serial de primer orden entre los errores de las empresas a través del tiempo. En segundo lugar, se aplicó el test de Pesaran (2004), el cual como menciona Cabrera (2014) permite ser aplicado a paneles con distintas características, donde se incluyen bases estacionarias, paneles dinámicos con raíz unitaria y paneles compuestos por una mayor cantidad de N y pocos T, lo cual soluciona el problema del test de Breush y Pagan (1980), que se estima para paneles con un T mayor a N.

Como tercera etapa se realizó la prueba modificada de Wald para determinar si se viola el supuesto de homocedasticidad, lo que representa que la varianza de los errores para cada empresa no es constante y por ende presentamos un problema de heterocedasticidad. La tabla 2 muestra los resultados respectivos para cada prueba.

**Tabla 2** Resultados para pruebas de heterocedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación

Resultados para pruebas de heterocedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación

<b>Wooldridge test</b>	<b>Pesaran Test</b>	<b>Test Wald M</b>
F(1 131) = 51.754	Pesaran Test= 4.749	chi2 (132)= 21052.62
Prob>F= 0.0000	Pr= 0.0000	Prob>chi2 = 0.0000

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 2 se encontró que luego de realizar el test de Wooldridge, se afronta un problema de correlación serial, el cual puede ser solucionado mediante la aplicación de un término autoregresivo de orden AR (1). Del mismo modo, el test de pesaran permite afirmar que se debe rechazar la hipótesis nula de existencia de independencia entre los errores de las empresas, dado que la probabilidad asociada a la prueba es de 0.000. Por último, el test de Wald muestra que no existe una varianza constante, dado que rechaza la hipótesis nula al 99%, confirmando que se presenta un problema de heterocedasticidad para las empresas del panel.

Con el ánimo de solucionar los problemas encontrados dentro del modelo por efectos fijos, se realiza una corrección mediante Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles o FGLS, los cuales según Parks (1967) permiten estimar los modelos tipo panel en condiciones de violación de

supuestos, en primera instancia según Yamano (2009) FGLS puede ser utilizado para resolver la ecuación 6 con la heterocedasticidad presente en el panel y la matriz de errores correlacionados de forma contemporánea, para lo cual se requiere calcular los residuales del modelo MCO, para este caso  $\hat{\Omega}$ . La ecuación 8 muestra la ecuación principal de FGLS

$$\hat{\beta}_{FGLS} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} y \quad (8)$$

Según el estudio realizado por Beck and Katz (1995), se demostró que el procedimiento Parks-Kmenta tiene propiedades débiles y la corrección de heterocedasticidad es defectuosa, según Beck (2001), dado a que los errores estimados pueden estar subestimados con una variabilidad del 50% al 200%, dependiendo de la unidad de tiempo.

Como segunda opción para solucionar los problemas presentes en el modelo y encontrar un mejor estimador que MCO y FGLS, se contempla el uso de un modelo PCES o de errores estándar corregidos por panel, el cual según Yamano (2009) permite medir correctamente la variabilidad de la muestra obtenida de la estimación  $\hat{\beta}$  por MCO, donde las perturbaciones son, por defecto, heterocedásticas y están correlacionadas contemporáneamente a través del panel. La ecuación 7 para efectos fijos permite expresar de forma inicial el modelo por PCSE. Pero en este caso  $\epsilon_{it}$  se encuentra correlacionado de forma serial a lo largo de los periodos y/o correlacionado a través de las empresas, la ecuación 9 muestra el computo del PCSE tomando la raíz cuadrada de los elementos de la diagonal de la ecuación.

$$PCSE = (X^T X)^{-1} X^T \hat{\Omega} X (X^T X)^{-1} \quad (9)$$

La tabla 3 presenta los resultados de los cinco modelos estimados para la presente investigación, siendo el modelo de PCSE la aproximación que resuelve de mejor manera los problemas de heterocedasticidad, correlación contemporánea y correlación serial. En términos generales se puede observar que la participación de la variable correspondiente al consumo de materias primas ocupa el primer lugar dentro del modelo PCSE, con un valor de 0.6555, lo cual implica que el sector es intensivo en el uso de materias primas y que presenta una fuerte relación entre las alzas y disminuciones de la producción y la utilización de materiales. Como segundo hallazgo, se logró determinar que la participación de los trabajadores calificados es mayor a la de los trabajadores no

calificados, permitiendo afirmar que el sector automotriz en Colombia presenta una relación opuesta a la del total de la industria, respecto al estudio realizado por Echavarría (2006), donde se observa que el impacto de los calificados en la producción es de un 0.14, cifra cercana al 0.1457 del presente documento.

**Tabla 3** Modelos de Datos de Panel

	<b>Agrupados</b>	<b>Fijos</b>	<b>Aleatorios</b>	<b>FGLS</b>	<b>PCES</b>
<b>Lncapital</b>	0.03667*** (0.0123)	0,0671*** -0,0138	0,0515*** -0,0114	0,041*** -0,0268	0,0440*** -0,0129
<b>Lncalif</b>	0.1884*** (0.0155)	0,1501*** -0,0202	0,055*** -0,0159	0,2164*** -0,0611	0,1457*** -0,0221
<b>Lncalifno</b>	0.0393*** (0.0164)	0,0662*** -0,0202	0,1549*** -0,0173	0,01296*** -0,0777	0,0581*** -0,0221
<b>lnEelec</b>	0.1173*** (0.0148)	0,14025*** -0,0174	0,1315*** -0,01545	0,0979*** -0,0572	0,1109*** -0,0188
<b>Lnmate</b>	0.6370*** (0.0155)	0,6303*** -0,0158	0,6353*** -0,0134	0,6634*** -0,0535	0,6555*** 0,0146
<b>Constante</b>	3.5437*** (0.1645)	2,957*** -0,2313	3,2308*** -0,181	3,352*** -0,2778	3.308*** 0.2186
Número de Obs	1056	1056	1056	1056	1056
R-cuadrado	0,965	0,9641	0,9646		0,9891
R-Cuadrado Ajust	0,9648				
Prueba F	5787,83	950,95			
Prob> F	0.0000	0.0000			
Wald chi2(5)			10675,41	947,46	17427,54
Prob > chi2			0.0000	0.0000	0.0000

Errores Estándar en Paréntesis

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

Fuente: elaboración propia

Contrario al empleo calificado, el registro para el total de la industria, en lo que respecta a trabajadores no calificados es de 0.13, cifra que dista considerablemente del registro obtenido por la estimación de PCSE, que presenta un valor de 0.0581, razón por la cual, el trabajo no calificado del sector automotriz en Colombia tiene un menor impacto en la producción bruta, para el periodo comprendido entre 2008 y 2014. En lo que concierne al consumo de energía eléctrica, se encontró un valor de 0.1109; contrastando con la literatura, el consumo de energía eléctrica frente al total de la industria es superior en un 0.07, corroborando que el sector tiene una participación relevante

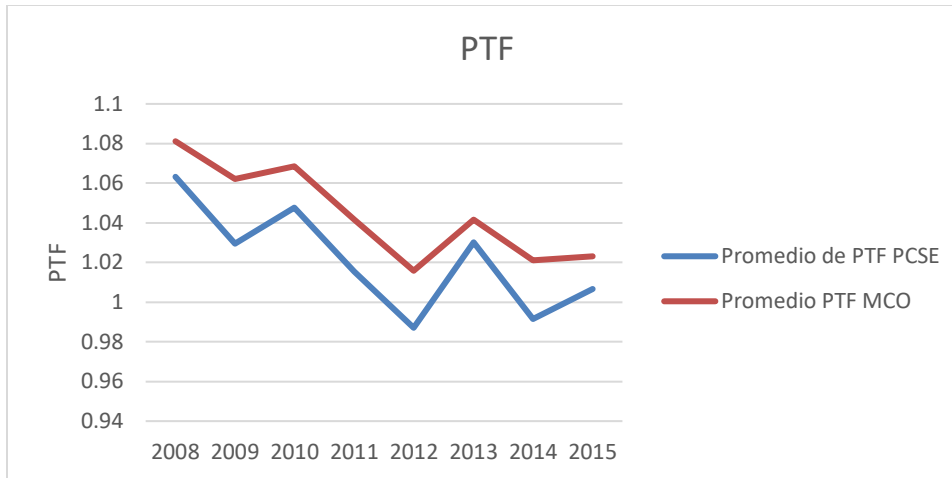
en el consumo de energía de la industria manufacturera, debido a los procesos y maquinaria que se requieren para el subsector de fabricación de vehículos automotores y sus motores.

Por último, el activo fijo *proxy* de capital muestra una proporción baja respecto al nivel de la industria que presenta el modelo de Echavarría (2006), dado que el impacto de un incremento en el 1% del capital para el Sector Automotriz genera solamente un aumento del 0.04% en la producción, cifra que es menor en 0.0532 que la del total nacional del sector manufacturero.

La Figura 20 muestra el comportamiento de la productividad total de los factores mediante la metodología de PCES para el sector automotor en el periodo comprendido entre 2008 y 2014, una vez se realizan las correcciones a la serie se observa que existe una tendencia al alza durante los años analizados, donde se destacan las caídas de los años 2011 y 2013, lo cual es acorde con los resultados encontrados en el modelo MCO paramétrico, permitiendo afirmar que la productividad presentó la mayor caída a nivel nacional en el año de 2011, mientras que en 2013 la productividad presentó una fuerte caída, dado el impacto en el total.

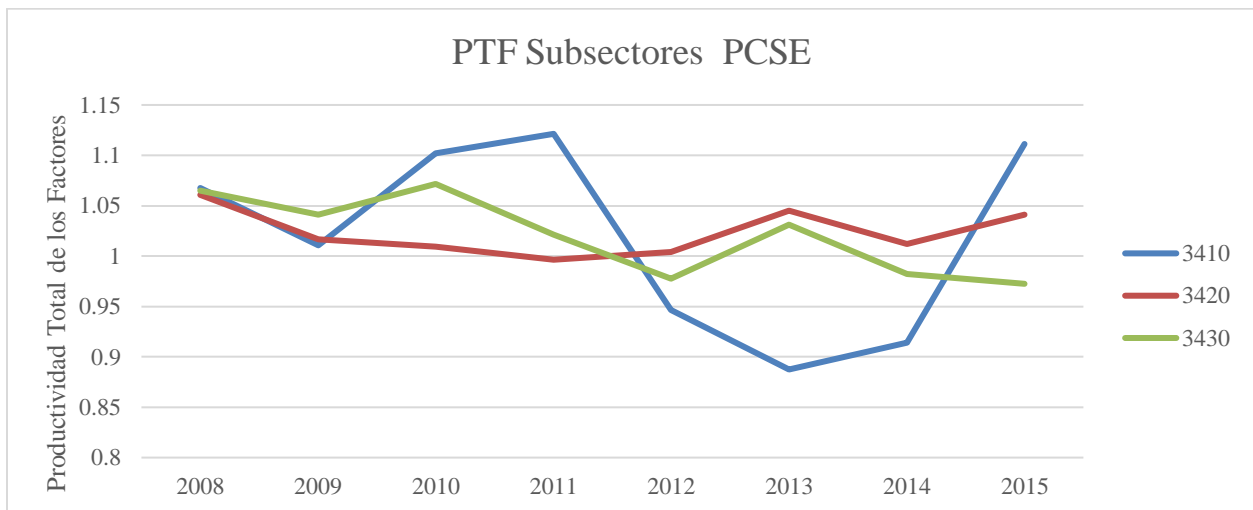
Por último, la figura 36 presenta el comportamiento de la PTF mediante el modelo LP ACF, donde se observan cambios más fuertes a lo largo de los datos, posiblemente asociados a la estimación mediante dos etapas que tiene en cuenta el modelo y la ausencia de corrección a los problemas de normalidad que presenta esta metodología. Al igual que la figura 35 se observa que las dos principales caídas en la figura son representadas en los años 2011 y 2013, con la excepción que, para este caso la disminución más abrupta se dio en el año 2011. Pese a que los dos modelos muestran una tendencia al alza de la productividad y convergen para el año 2014 a un valor de 1.04, cifra que se encuentra muy cercana a las estimaciones realizadas en la literatura para el total nacional de la industria manufacturera.





**Figura 20** Productividad Total de los Factores Método PCSE

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM



**Figura 21** Productividad Total de los Factores Subsectores Método PCSE

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la EAM

En lo concerniente al nivel desagregado, la figura 21 presenta la Productividad Total de los factores por cada subsector de la industria automotriz donde se observa una tendencia a la baja desde el año 2010 a 2012, en los sectores 3410 y 3430, a raíz de los incrementos en los factores de producción que no fueron compensados por los mismos niveles de crecimiento en la producción bruta. Por otro lado, el sector 3420 muestra una dinámica estable a lo largo de los años de caída general del sector, estabilizando la productividad en un valor cercano a uno, lo cual permite afirmar que durante el periodo de estudio se presentaron rendimientos constantes a escala o crecientes a escala. Respecto a la figura 20, se puede

contrastar que la productividad del sector 3410 es menor a los registros obtenidos mediante Mínimos Cuadros Ordinarios, permitiendo observar una dinámica más ajustada del subsector y respaldando las características del modelo PCSE, el cual según Yamano (2009) permite medir correctamente la variabilidad de la muestra obtenida de la estimación  $\hat{\beta}$  por Mínimos Cuadros Ordinarios.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados econométricos presentados en esta investigación, se constata que el consumo de materias primas es el principal determinante de la productividad del sector automotor en Colombia. Igualmente, las estimaciones realizadas bajo diferentes especificaciones sugieren que el aporte de los trabajadores calificados a la productividad de la industria automotriz es sustancialmente mayor al de los trabajadores no calificados, situación que contrasta con aquella observada para el resto de la industria manufacturera en donde la contribución del trabajo no calificado resulta determinante en las ganancias de productividad. Por su parte, los cambios en el consumo de energía eléctrica generan un mayor impacto en la producción del sector automotor en comparación al resto de ramas de la manufactura nacional. La utilización de activos fijos, como proxy del capital, muestra un aporte relativamente modesto en comparación al resto de la industria, dado que el impacto de un incremento en el 1% del capital para el Sector Automotriz genera solamente un aumento del 0.04% en su producción.

En términos generales, se aprecia un descenso en la productividad total de los factores de la industria automotriz entre 2008 y 2015, situación que se explica fundamentalmente por la pérdida y posteriormente sustitución de destinos a los cuales exportamos. Dicha tendencia se explica fundamentalmente por la caída en la producción (y las ventas) de la fabricación de vehículos automotores entre 2012 y 2014 y que se originó en el desplome de las exportaciones de vehículos colombianos a Venezuela. Ello originó una subutilización de la capacidad instalada de la industria que apenas se logra recuperar parcialmente en 2015, gracias a la diversificación de las exportaciones de vehículos automotores y sus partes hacia otros mercados de América Latina entre los que se destacan México, Ecuador y, en menor proporción, a Argentina. Es este último mercado predominaron las exportaciones de autopartes.

La presente investigación se puede completar de varias formas. Una de ellas estaría enfocada a evaluar la productividad del sector en una perspectiva de más largo plazo y en la cual se puedan aprovechar las series existentes de la EAM para un periodo más amplio. Ello no se efectuó en el presente trabajo debido a la dificultad de identificar los establecimientos y firmas del panel entre

diferentes periodos bajo cambios en la clasificación CIIU. Sin duda ello es un trabajo que podría dar una perspectiva de más largo plazo acerca de lo sucedido con la productividad de esta importante rama de la industria. Del mismo modo, la comparación de los niveles de productividad del sector con otros de Latinoamérica es un aspecto sin abordar en el presente trabajo y que seguramente podría arrojar lecciones importantes para establecer la posición competitiva de la industria automotriz colombiana frente a sus pares de la región.

Como recomendación de política, resulta fundamental consolidar la diversificación de las exportaciones del sector automotor colombiano hacia otros mercados de la región latinoamericana. Ello permitiría no solo asegurar una utilización mayor de la capacidad instalada existente, sino también impulsar expansiones y mejoras a las plantas existentes en el país que permitan producir más modelos bajo mejores condiciones de costos. De alguna manera, los resultados de la presente investigación sugieren que la producción depende en buena medida del consumo intermedio de la rama, lo cual responde a industrias de ensamblaje en las cuales se realizan tareas de armado de piezas importadas, más que de manufactura. A partir de una capacidad de producción más robusta, es posible que Colombia cuente con una capacidad de participar de etapas más complejas dentro de la fabricación de automotores, con lo cual se abren posibilidades de generar un mayor valor agregado para esta rama, redundando en mayores posibilidades de generación de empleo y riqueza para el país.

## Lista de Referencias

- ANDI. (2013). Industria de Vehículos, Caracterización del Sector Automotor. Recuperado de <http://old.andi.com.co:8082/cinau/Documents/Documento%20de%20Caracterizaci%C3%B3n%20Industria%20de%20Veh%C3%ADculos.pdf>
- Aparicio, J., & Márquez, J. (2005). Diagnóstico Y Especificación de Modelos Panel en STATA 8.0. Recuperado de [https://www.google.com.co/search?q=Aparicio+y+M%C3%A1rquez+\(2005\)&oq=Aparicio+y+M%C3%A1rquez+\(2005\)&aqs=chrome..69i57j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com.co/search?q=Aparicio+y+M%C3%A1rquez+(2005)&oq=Aparicio+y+M%C3%A1rquez+(2005)&aqs=chrome..69i57j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Beck, N., Katz, J. (1995). What To Do (and Not to Do) with Time-Series Cross-Section Data. *American Political Science Review*, 89(3), 634-647.
- Breusch, T., & Pagan, A. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review Of Economic Studies*, 47(1), 239. doi: 10.2307/2297111
- Cameron, A., & Trivedi, P. (2005). *Microeconometrics Methods and Applications* (1st ed.). New York: Cambridge University Press.
- Cano, J. (2017). ¿Colombia afronta una crisis de mano de obra calificada? Recuperado de <https://www.dinero.com/edicion-impresa/pais/articulo/escasez-de-mano-de-obra-en-calificada-en-colombia-2017/242020>
- Cardona Acevedo, M., Montes Gutiérrez, I., Vásquez Maya, J., Villegas González, M. and Brito Mejía, T. (2007). *Capital humano: una mirada desde la educación y la experiencia laboral*. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT. Recuperado de: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/cuadernos-investigacion/article/view/1287>
- Cubillos, N. (2017). Desempeño del Sector Automotor. Recuperado de <https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/Automotor.pdf>
- DANE. (2017). COLOMBIA - Encuesta Anual Manufacturera – EAM - 2008 A 2012. Recuperado de [http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/493/get\\_microdata](http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/493/get_microdata)
- DANE. (2017). COLOMBIA - Encuesta Anual Manufacturera – EAM - 2013 A 2015. Recuperado de [http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/491/get\\_microdata](http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/491/get_microdata)
- DNP. (2010). AUTOMOTOR. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/Automotor.pdf>
- Drukker, D. (2003). Testing for serial correlation in linear panel-data models. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/234b/a1d60c957df28805d0431df7dcb5ef75747b.pdf>
- Echavarría, J., Arbeláez, M., & Rosales, M. (2006). La Productividad y sus Determinantes: El Caso de la Industria Colombiana. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra374.pdf>

- ECONCEPT. (2016). *EL SECTOR DE VEHÍCULOS EN COLOMBIA: CARACTERÍSTICAS Y PROPUESTAS DE MEJORA A SU RÉGIMEN IMPOSITIVO*. Recuperado de <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2016/11/Econcept-Estudio.pdf>
- EL ESPECTADOR. (2016). El parque automotor colombiano supera los 12'600.000 unidades. Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/economia/el-parque-automotor-colombiano-supera-los-12600000-unid-articulo-654036>
- Ferrari, C., & Carreño, D. (2011). *COMPETITIVIDAD: CONCEPTOS Y MEDICIÓN EN BOGOTÁ*. Recuperado de <http://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/directorio/documentosPortal/Cuaderno14.pdf>
- STATA. *hausman — Hausman specification test* [Ebook]. Recuperado de <https://www.stata.com/manuals13/rhausman.pdf>
- Iregui, A., Melo, L., & Ramírez, M. (2006). Productividad Regional y Sectorial en Colombia: Análisis utilizando datos de panel. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/pdfs/borra378.pdf>
- Labra Lillo, R., & Torrecillas, C. (2018). Estimating dynamic Panel data. A practical approach to perform long panels. *Revista Colombiana De Estadística*, 41(1), 31-52. doi: 10.15446/rce.v41n1.61885
- Lorenzana, D. (2016). ¿En qué consiste el CAPEX y por qué es una magnitud tan importante para la pyme?. Recuperado de <https://www.pymesyaautonomos.com/fiscalidad-y-contabilidad/en-que-consiste-el-capex-y-por-que-es-una-magnitud-tan-importante-para-la-pyme>
- MinCIT. (2013). *La Política industrial durante el gobierno del presidente Juan Manuel Santos* (pp. 375-396). Bogotá. Recuperado de [http://www.mincit.gov.co/loader.php?lServicio=Documentos&lFuncion=verPdf&id=70157&name=Libro\\_Politica\\_Industrial\\_Juan\\_Manuel\\_Santos\\_balance\\_a\\_Ago-2013.pdf&prefijo=file](http://www.mincit.gov.co/loader.php?lServicio=Documentos&lFuncion=verPdf&id=70157&name=Libro_Politica_Industrial_Juan_Manuel_Santos_balance_a_Ago-2013.pdf&prefijo=file)
- Pesaran, M. (2004). *General diagnostic tests for cross section dependence in panels*. Cambridge: University of Cambridge, Dept. of Applied Economics.
- Pérez Díaz, V. (2013). “La industria de ensamble de carros puede verse reducida a su mínima expresión”. *LA REPUBLICA*. Recuperado de <https://www.larepublica.co/empresas/la-industria-de-ensamble-de-carros-puede-verse-reducida-a-su-minima-expresion-2090316>
- Perez, V. (2014). Por cierre de la CCA, autos que se vendan de Mazda serán solo importados. *La República*. Recuperado de <https://www.larepublica.co/>
- Pombo, C. (1999). Productividad Industrial en Colombia: Una Aplicación de Números Índices. *Revista De Economía De La Universidad Del Rosario*, (11). Recuperado de <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/economia/article/view/985/884>
- Portafolio. (2012). Colombia tendría un centro de investigación automotriz. Recuperado de <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombia-tendria-centro-investigacion-automotriz-104664>

- Portafolio. (2016). En 5 años, Colombia cuadruplicó los destinos de exportación de sus carros. Recuperado de <http://www.portafolio.co/negocios/exportaciones-de-vehiculos-en-colombia-aumentaron-en-los-ultimos-cinco-anos-499413>
- PROCOLOMBIA. (2015). Inversión en el Sector Automotriz en Colombia. Recuperado de <http://inviertaencolombia.com.co/sectores/manufacturas/automotriz.html>
- PROCOLOMBIA. (2016). Recuperado de <http://inviertaencolombia.com.co/images/Adjuntos/SECTORAUTOMOTRIZ2016.pdf>
- PROEXPORT COLOMBIA. (2012). INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN COLOMBIA. Recuperado de [http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/Perfil%20Automotriz\\_%20Septiembre%202012%20Final%20\(2\).pdf](http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/Perfil%20Automotriz_%20Septiembre%202012%20Final%20(2).pdf)
- Reed, W., & Webb, R. (2010). Estimating Standard Errors for the Parks Model: Can Jackknifing Help? — Economics E-Journal. Recuperado de <http://www.economics-ejournal.org/economics/journalarticles/2011-1>
- Reina, M., Oviedo, S., & Moreno, J. (2014). IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL SECTOR AUTOMOTOR EN COLOMBIA. Recuperado de [http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/977/Repor Julio 2014 Reina y Oviedo.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/977/Repor%20Julio%202014%20Reina%20y%20Oviedo.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- REVISTA MOTOR. (2017). VENTAS DE VEHÍCULOS: LA DESACELERACIÓN CONTINUÓ. *Motor*. Recuperado de <http://www.motor.com.co/actualidad/industria/ventas-2016-desaceleracion-continuo/28022>
- Rico, M. (2010). ANDI - Camaras Sectoriales. Recuperado de <http://www.andi.com.co/Home/Camara/4-automotriz>
- Salgado Pardo, M., & Rodríguez, T. (2010). Invierta en Colombia Trabajo Compromiso Ingenio. Recuperado de [http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/078\\_Perfil-Automotriz-esp.pdf](http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/078_Perfil-Automotriz-esp.pdf)
- Téllez, J. (2017). Recuperado de <https://www.bbvaesearch.com/wp-content/uploads/2017/03/SituacionAutomotriz2017vf.pdf>
- Torrijos, M., & Torrijos, M. (2017). El Embalaje en la Logística de Automoción - CKD, MKD Y SKD - MeetLogistics. Recuperado de <https://meetlogistics.com/operadorlogistico-transporte/el-embalaje-en-la-logistica-de-automocion-ckd-mkd-y-skd/>
- Wald Test: Definition, Examples, Running the Test. Recuperado de <http://www.statisticshowto.com/wald-test/>
- Yamano, T. (2009). Lecture Notes on Advanced Econometrics. Recuperado de [http://www3.grips.ac.jp/~yamanota/Lecture\\_Note\\_10\\_GLS\\_WLS\\_FGLS.pdf](http://www3.grips.ac.jp/~yamanota/Lecture_Note_10_GLS_WLS_FGLS.pdf)

