



# INVERSIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TIC) Y DESEMPEÑO DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES: UNA VISIÓN DEPARTAMENTAL PARA COLOMBIA

Arley Duvan Espinel Farías\*

Madeleine Gil Ángel\*\*

## Introducción

Las estructuras sociales han buscado nuevas herramientas desde finales del siglo XX para generar procesos más eficientes en la generación y adaptación de tecnologías en pro de la eficiencia del uso de los insumos<sup>1</sup> y el recurso humano. En Colombia, la construcción de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se impulsó con la implementación de la Ley 1341 de 2009, la cual establece el “marco general para la formulación de las políticas públicas, su ordenamiento general, el régimen de competencia, la protección al usuario, así como lo concerniente a la cobertura, la calidad del servicio, la promoción de la inversión en el sector y el desarrollo de estas tecnologías, el uso eficiente de las redes y del espectro radioeléctrico”. Su conceptualización permitió la mejora tecnológica en el país, lo que dio paso a una reconstrucción en los sistemas productivos, únicamente en la industria manufacturera.

En noviembre de 2012, en la Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones realizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones

\* Economista de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Investigador independiente referente a temas de teoría de capital y elección teórica en economía. Correo electrónico: arleydespinel@outlook.com

\*\* Economista de la Universidad Católica de Colombia. Correo electrónico: madeleine.gila@gmail.com

1 El término *insumos* hace referencia a bienes y servicios transformados para la producción primaria de la empresa.

(UIT)<sup>2</sup>, se expuso el tema referente a las tecnologías de información y comunicaciones, y se estableció una pauta para que los países miembro definieran el campo de espectro de las TIC. Para Colombia, estas se definen en el artículo 6 de la citada ley como “el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios, que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información”.

En este documento se presenta una relación entre el uso de las TIC y su impacto en la competitividad de la industria manufacturera en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del Cauca y la ciudad capital, Bogotá D. C., desde 2008 hasta 2013. Se tomaron estos departamentos porque poseen datos anonimizados y no reflejan la actividad de una sola empresa o un pequeño grupo de ellas, lo que permite cumplir con la Ley 79 de 1993 sobre la reserva estadística de la fuente de información. Para ello, identificaremos el nivel de intensidad de las nuevas tecnologías en la actividad industrial, por medio del uso de las TIC (redes de comunicación, tipos de conexión y uso de herramientas web), en el ámbito departamental, con el fin de definir si existe una relación directa o no entre la apropiación de las TIC y la mejora de los procesos productivos, y finalmente, se expondrá si existen indicios de la paradoja de la productividad en alguno de los departamentos analizados.

Esta relación se desarrollará así: en primer lugar, se exponen algunos referentes significativos asociados con el uso de las TIC, a manera de revisión de literatura y marco conceptual; en segundo lugar, se presenta la fuente de información básica, específicamente, la encuesta anual manufacturera (EAM) realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), dado que es la única de las encuestas estructurales que cuenta con información departamental; en tercer lugar, se definirá el modelo teórico de tipo Cobb-Douglas que se aplicará, para así plantear la metodología econométrica, la cual está dirigida al uso de un panel de datos; finalmente, se presentarán el análisis de los resultados y las conclusiones.

## 1. Revisión de literatura y marco conceptual

Las TIC en Colombia han sido un tema de investigación importante, por su rápida aceptación y la necesidad de apropiación para mejorar los procesos productivos; las tecnologías de información en el sector manufacturero han sido

.....  
2 La UIT (o ITU, por sus siglas del inglés International Telecommunication Union) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios, y además publica y da recomendaciones sobre dichos temas, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial. Fuente: [www.itu.int](http://www.itu.int).

investigadas desde mediados de los años sesenta, y se han encontrado grandes aciertos y desaciertos frente a la paradoja de la productividad planteada por Robert Solow<sup>3</sup> (1987). El aumento de las inversiones en tecnologías de información no se refleja en los crecimientos de la productividad (Morrison & Berndt, 1990; Brynjolfsson, 1993), mientras que otros sostienen que algunos efectos sobre la productividad se han limitado a ciertos sectores manufactureros e industrias productoras (Gordon, 2000).

La mejora en la productividad del sector manufacturero, asociada con el uso de elementos y desarrollos tecnológicos, ha sido abordada durante los últimos treinta años por autores como Brynjolfsson, Loveman y Gordon. Brynjolfsson (1993) continúa con el análisis de la paradoja de la productividad, al evidenciar una correlación negativa entre el uso de elementos tecnológicos y la mejora en la productividad de la industria manufacturera y el sector de servicios. Apoyado en lo realizado por Loveman (1988), quien concluye que la contribución en el capital tecnológico para el aumento de la producción (productividad) tiende a cero al finalizar el periodo de estudio (cinco años), y que al culminar cada año el capital invertido en tecnología no ofrecía resultados positivos en la producción para cubrir la inversión realizada; Brynjolfsson (1993) presenta los errores frecuentes en el cálculo de la productividad, destaca el problema referente al desfase en la retribución del capital invertido en la tecnología, el cual no siempre es retroactivo en el corto plazo, y el inconveniente de la compatibilidad en términos de los diferentes niveles de tecnología. Estos niveles transforman los sistemas de producción a través de la historia. En su investigación, Gordon (2000) realiza un recorrido histórico en el que resalta elementos tecnológicos que volvieron más eficientes y óptimos, en algunos casos, los sectores económicos; destaca también que el impacto de estos elementos puede ser positivo o contraproducente, dependiendo de la actividad económica.

Las actividades económicas observadas en las empresas y establecimientos mejoran su nivel tecnológico, con base en estudios organizacionales, para evitar los efectos negativos expuestos por Gordon (2000). Brynjolfsson (2000) expone las disyuntivas a las cuales se enfrentan las empresas en la decisión del nivel y los elementos tecnológicos que deben adoptar, no solo para la empresa en general, sino para los establecimientos, dado que el nivel tecnológico eficiente en un establecimiento puede ser discordante con otros por su función dentro de la empresa;

.....  
3 La paradoja de la productividad planteada por Solow (1987) expone que un aumento en el uso de elementos tecnológicos no necesariamente mejora la productividad; en consecuencia, no habría un efecto significativo en el aumento de la producción.

esto ocasiona que las actividades económicas puedan mejorar su productividad en función de la elección del nivel tecnológico.

En Colombia existen estudios sobre la relación de las mejoras tecnológicas y la productividad en los sectores económicos. Alderete y Gutiérrez (2012) analizan esta relación para la industria de servicios, y exponen la metodología de Atrostic y Nguyen (2005), la cual utiliza dos medidas de TIC como indicadores; primero, inversión en computadores y, segundo, tipos de uso de TIC (Internet, Intranet, etc.). Estos indicadores son adecuados para una efectiva estimación de la productividad laboral y para evitar la errónea suposición de la productividad relativa expuesta por Brynjolfsson (1993), donde expresa que un aumento en el uso de elementos tecnológicos no puede relacionarse directamente con el aumento del producto realizado por el trabajador.

A continuación se presenta la fuente de información principal y básica, para así definir las variables del modelo por utilizar y mostrar cómo se implementan los indicadores TIC.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) es el encargado de realizar la encuesta anual manufacturera (EAM), la cual tiene un alcance temático para los establecimientos industriales que cumplen con los parámetros de inclusión<sup>4</sup> por personal ocupado o por niveles de ingresos clasificados<sup>5</sup> por la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) Rev. 3 A. C. hasta 2011 y en la CIIU 4 A. C. desde 2012.

La EAM define el *establecimiento* como una “empresa o parte de una empresa que, de manera independiente, se dedica exclusivamente a un tipo de actividad económica en un emplazamiento o desde un emplazamiento o dentro de una zona geográfica y respecto de la cual, como unidad estadística de observación, existen o pueden recopilarse con alguna precisión datos que permiten calcular la producción y sus costos” (DANE, 2013), y a su vez, está diseñada para garantizar la obtención de la información del sector fabril en el país, con el fin de obtener la distribución de la actividad industrial en los departamentos estudiados que constituirán el alcance de esta investigación.

La EAM cuenta con un módulo de TIC y comercio electrónico que captura el uso de las tecnologías de información de las empresas, que será insumo para establecer el efecto de dichas tecnologías en la productividad a escala departamental

4 El parámetro de inclusión es el de la encuesta anual manufacturera (EAM) para la recolección de información.

5 A partir de 1992, la EAM incluye establecimientos que ocupan diez o más personas, y/u obtienen una producción anual igual o superior a los 65 millones de pesos (COP) del año de referencia.

en Colombia. En la tabla 3.1 se presenta el número de establecimientos para cada uno de los años de estudio.

**TABLA 3.1. Número de establecimientos\* de la EAM por año y departamento, serie 2008-2013**

Departamento	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Antioquia	1.092	1.089	1.089	1.089	1.090	1.089
Atlántico	275	274	275	275	273	275
Bogotá D. C.	2.381	2.362	2.353	2.320	2.299	2.289
Bolívar	105	105	105	105	105	104
Boyacá	46	46	46	45	45	45
Caldas	123	122	122	122	122	122
Cauca	80	79	82	81	82	81
Cesar	26	27	27	27	27	27
Córdoba	20	20	23	20	20	20
Cundinamarca	325	348	357	393	412	419
Huila	41	41	41	42	42	42
Magdalena	39	39	39	39	39	39
Meta	38	38	38	38	38	39
Nariño	40	40	40	40	40	40
Norte de Santander	91	91	91	91	91	91
Quindío	45	44	44	44	44	44
Risaralda	138	139	139	139	139	139
Santander	274	274	275	274	274	274
Tolima	78	79	80	79	79	80
Valle del Cauca	859	858	859	855	857	856

\*El número de establecimientos hace referencia a quienes efectivamente diligenciaron la encuesta sin importar el módulo.

Fuente: elaboración propia con base en la EAM, periodo 2008-2013.

La EAM tiene la información por establecimiento, y el módulo TIC contiene la información por empresa. Para la investigación, se hará una aproximación por estructura de acuerdo con el personal, para conocer en qué medida los establecimientos usan las TIC. Existe la posibilidad de tener la estructura por la producción, pero se puede incurrir en un error, debido a que no necesariamente

el establecimiento que más tenga producción es el que más utiliza las TIC. En el siguiente punto se explican las variables de la encuesta que se utilizarán en la sección de datos.

## 2. Datos

Los datos examinados son tomados de la EAM, debido a que es la única encuesta anual que tiene información departamental. El módulo que será utilizado incluye preguntas de uso de bienes y servicios TIC; por la manera en que están construidas, solo algunas de estas podrán ser distribuidas por la estructura de personal para hacer un análisis por establecimiento a escala departamental.

Del periodo de análisis 2008-2013, para los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del Cauca y la ciudad capital, Bogotá D. C., se tomarán aquellas preguntas del módulo que son comparables en los seis años de estudio y que guardan coherencia con el modelo de productividad. En la tabla 3.2 se presentan las preguntas relevantes sobre la EAM para el desarrollo del documento.

Adicionalmente, se generó una variable que distribuye los bienes TIC sobre el valor de producción a precio de venta en fábrica (precios corrientes), sin impuestos indirectos para cada establecimiento. Esta variable, más las preguntas descritas anteriormente, serán un insumo para la aplicación del modelo que se presenta en la siguiente sección.

TABLA 3.2. Descripción de las preguntas para el desarrollo del modelo

Pregunta	Descripción	Categoría	Fuente
¿El establecimiento utiliza alguna aplicación o plataforma electrónica para recibir solicitudes de pedidos y/o reservas de bienes o servicios?	Es decir, para vender sus productos a través de comercio electrónico	Dummy	Módulo de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en EAM
¿Qué porcentaje corresponde a solicitudes de pedidos y/o reservas de bienes o servicios (ventas), recibidas a través de comercio electrónico?		Porcentual	
¿Qué porcentaje corresponde a pedidos y/o reservas de bienes o servicios (compras) realizados por la empresa a través de comercio electrónico?		Porcentual	

Pregunta	Descripción	Categoría	Fuente
¿Cuántos computadores tiene en uso el establecimiento?	Computador de escritorio, computador portátil, tableta, teléfono móvil inteligente ( <i>smartphone</i> ) y/o PDA-DMC	Númerica	Módulo de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la EAM
Del personal ocupado ¿qué porcentaje utiliza PC para su trabajo?	Al menos una vez por semana	Porcentual	
Seleccione los tipos de red utilizados por el establecimiento	Intranet, red de área local (LAN), red de área amplia (WAN), extranet y/o ninguna	<i>Dummies</i> por tipo de red	
Seleccione el tipo de conexión principal utilizado por el establecimiento para acceder a Internet	Módem análogo, RDSI, ADSL, canal dedicado-cable/fibra óptica, <i>frame relay</i> , inalámbrico (WIFI, wimax), Internet móvil (GPRS, EDGE, GSM, UMTS, HSDPA, HSUPA).	<i>Dummy</i>	
Seleccione la máxima velocidad (ancho de banda) que utiliza el establecimiento para acceder a Internet (en kbps)	De 0 a 256, de 257 a 1024, de 1025 a 2048, superior o igual a 2049	<i>Dummy</i>	
¿En cuáles actividades o servicios el establecimiento utiliza Internet? (La respuesta puede ser múltiple)	Comunicación (correo electrónico), búsqueda de información sobre bienes y servicios, búsqueda de información de dependencias oficiales y autoridades, transacciones con organismos gubernamentales, servicio al cliente, banca electrónica y otros servicios financieros, distribución de productos en línea, recibo de pedidos a través de Internet, demanda de pedidos a través de Internet	<i>Dummies</i> por actividad	

Fuente: elaboración propia con base en la EAM, periodo 2008-2013.

### 3. Modelo

Para el objetivo del documento se utilizará como mecanismo de percepción una función de producción tipo Cobb-Douglas<sup>6</sup>, como se expone en la ecuación 1.

$$Y_{it} = A Q_{it}^{\alpha} L_{it}^{\beta} V_{it}^{\theta} \bar{K} \quad (1)$$

Donde  $Y$  es la producción en términos monetarios (a precio de venta sin impuestos, a valores corrientes en miles de pesos colombianos [COP]),  $Q$  es la

.....  
 6 Las razones por las cuales se decide asumir una función Cobb-Douglas son: primero, que la función permite un análisis de elasticidades para así observar variaciones e impactos en la variable por analizar; segundo, es una función de fácil comprensión, que permite una explicación más eficaz de los resultados; y tercero, la sencillez del modelo en términos de modelación econométrica.

cantidad de bienes TIC utilizados por cada establecimiento para su producción,  $L$  es el número de trabajadores,  $V$  es el tipo de velocidad (ancho de banda) que se utiliza y  $K$  es el *stock* de capital, el cual se toma como una constante, y no será analizada, dado que no se conoce la participación de uso o relación con los bienes TIC. Las variables descritas anteriormente son por departamento. Los coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\theta$  son elasticidades no restrictivas<sup>7</sup>.

La variable residual  $A$  está constituida como se muestra en la ecuación 2.

$$A = \exp(C+R+U+Z) \quad (2)$$

Donde  $C$  es el tipo de conexión que utiliza cada establecimiento,  $R$  es el tipo de red,  $U$  son todos los tipos de uso que se abarcan en las preguntas ya descritas y  $Z$  son los elementos de los cuales no se poseen datos (variables no observadas).

Para la aplicación de la función de producción se realizó una transformación tipo Log-Log, como se muestra en la ecuación 3.

$$\ln(Y_{it}) = \ln(A) + \theta \ln(Q_{it}) + \alpha \ln(L_{it}) + \beta \ln(V_{it}) \quad (3)$$

El método econométrico utilizado es un modelo de efectos fijos<sup>8</sup> para un panel de datos balanceado<sup>9</sup>, cuya función se muestra en la ecuación 4.

$$y_{it} = \alpha_{it} + X_{it}\beta + u_{it}, u \sim (0, \delta^2) \quad (4)$$

Donde  $X_{it}$  es un vector que contiene  $k$  variables predeterminadas,  $\beta$  es un vector de  $k$  parámetros,  $i$  representa a los individuos ( $i = 1, \dots, N$ ),  $t$  representa el tiempo ( $t = 1, \dots, T$ ) y  $\alpha_{it}$  recoge la heterogeneidad provocada por los efectos de los individuos y/o tiempo provocada por variables no observables. Este método es similar al aplicado por autores como Oglietti (2007), en “Crecimiento,

7 Donde la suma de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\theta$  no es 1, lo que permite el libre impacto sobre la variable dependiente, dado que al restringir la influencia de las elasticidades, causa que se sobrevaloren algunas elasticidades de su impacto real sobre la variable dependiente.

8 El término independiente puede ser distinto para cada individuo (es decir,  $\alpha_i = \alpha_i$ ), cada periodo (es decir,  $\alpha_t = \alpha_t$ ) o ambos. (En la sección de anexos se encuentra el test de Hausman para la elección de efectos fijos o aleatorios para el panel de datos balanceado).

9 Se asume un modelo de panel de datos, dado que la información obtenida de la EAM ofrece observaciones de corte transversal de unidades individuales (empresas y sus establecimientos) repetidas continuamente o por intervalos regulares sobre el tiempo (2008-2013); adicionalmente, el panel es balanceado, a razón de que el número de periodos es igual para todas las unidades individuales ( $T_i = T$ ). Según la estructura del panel, permite trabajar con un gran volumen de observaciones y captar la heterogeneidad entre las unidades individuales o en el tiempo, y se reduce la colinealidad entre las variables explicativas; el obstáculo para el uso de panel de datos es la obtención de información, ya que se requiere información de las mismas unidades individuales en momentos sucesivos en el tiempo (esta dificultad se elude por la fuente información asumida, que ofrece una regularidad en la información por cada unidad individual tomada).

demografía e inmigración: estimación en datos en panel para la Unión Europea”; en este, el autor aplica una función Cobb-Douglas para abordar el impacto demográfico sobre el crecimiento en un modelo basado en la demanda, y usa como medio un panel de datos que contiene la demografía (crecimiento de la población, los activos y los ocupados) y la inmigración de los diferentes países de la Unión Europea entre 1970 y 2005. Otro caso es el desarrollado por De la Fuente, Mejías y Castro (2011), en su trabajo “Análisis econométrico de los determinantes de la criminalidad en Chile”; en este analizan, por medio de un panel de datos, el efecto de la tasa de denuncia en Chile por robo con violencia y hurto, la pobreza, el desempleo, el nivel de escolaridad y la inmigración, entre otros, para medir su relación con el nivel de criminalidad en Chile.

#### 4. Estimaciones y resultados

Inicialmente, se aplicó la prueba de Hausman (1978) para determinar el modelo de datos panel óptimo por estimar; el resultado puede observarse en la tabla 3.A1 de los anexos, el cual determina que es mejor emplear un modelo de efectos fijos que uno de efectos aleatorios, dado que la diferencia entre los coeficientes de efectos aleatorios y fijos sí es sistemática (cuadro 3.A1).

El modelo de efectos fijos aplicado a la función de producción establecida no posee colinealidad; es decir, no existe un coeficiente de determinación próximo o igual a 1, que origine que dos o más variables independientes tengan una relación directa, en el sentido de una regla empírica, citada por Kleinbaum, Kupper y Muller (1988), quienes consideran que existe problema de colinealidad si el indicador VIF es superior a 10, que corresponde a algún  $R^2$  superior a 0,8 (tabla 3.A2). El resultado de la prueba sobre los parámetros asociados con las variables *dummy* presenta evidencia de que son estadísticamente diferentes de 0, como se puede observar en el cuadro 3.A2. Adicionalmente, el modelo no omitió variables significativas; esto quiere decir que la variable omitida de velocidad (0 a 256 Kbps) en el modelo no es relevante (cuadro 3.A3). Los datos presentan una distribución normal, por lo cual el modelo no padece de problemas platicúrticos ni leptocúrticos (tabla 3.A3 y figura 3.A1)<sup>10</sup>.

Los resultados del modelo arrojan evidencia significativa a un 90 % de confianza, donde un aumento de bienes TIC ( $\ln Q$ ) en un 1 % genera un incremento en la producción de un 0,73 %; el recurso humano presenta una relación positiva, donde una unidad (1 %) extra de trabajo genera un aumento de 0,42 % en

10 Las propiedades del modelo se dan con base en tests, que se encuentran más detalladamente en la sección de anexos.

la producción, como puede observarse en la tabla 3.3. El ancho de banda medido en kb por segundo (kbps) mejora la producción en un 0,044 % por cada unidad en la que se aumente la velocidad de ancho de banda; sin embargo, el uso de una velocidad inferior a 2049 kbps genera efectos contraproducentes en la producción, justificados en la no eficiencia del uso de los bienes TIC. Cabe aclarar que los resultados anteriormente mencionados son individuales, y al utilizarse en conjunto, su efecto en cada uno de los departamentos se presenta como la eficacia conjunta sobre la producción; esto quiere decir que las variables, al relacionarse entre ellas, producen un impacto diferente que al relacionarse individualmente con la producción. A continuación se presentan los resultados y un análisis de lo mencionado para los departamentos de estudio.

Para el caso de Cundinamarca, el uso conjunto de bienes TIC, recurso humano y ancho de banda generan un aumento cercano al 0,40 % en el valor de la producción, en contraste con Bogotá D. C., donde el uso conjunto de estos elementos afecta negativamente un 0,081 %; se puede suponer, así, que se da la paradoja de la productividad, dado que se puede relacionar el uso de *stock* de capital, el nivel de influencia de los tres elementos ya mencionados en el coeficiente de cada uno de los departamentos en la producción, y la intensidad de uso de estos. El departamento de Antioquia presenta un aumento en un 0,004 % en la producción por el uso conjunto de los factores ya mencionados; se podría suponer, de esta manera, que factores como el ancho de banda (inferiores a 2049 kbps) y la cantidad de bienes TIC no se asocian de manera más eficaz, o que, por otra parte, si llegara a asociarse una participación del *stock* de capital en TIC, se podría presentar una mejora en la relación de los factores con la producción.

Adicionalmente, el departamento de Nariño, al igual que Bogotá D. C., tiene un efecto negativo sobre la producción de 0,167 %, que puede referirse a un gran nivel de capital humano y una reducida cantidad de bienes TIC, adicional a un ancho de banda inferior a 2049 kbps. Por otro lado, departamentos como Meta, Bolívar, Cauca, Cesar, Tolima, Córdoba, Huila y Magdalena poseen un efecto superior al 0,40 % sobre la producción, que puede explicarse por una cantidad de bienes TIC superior al recurso humano, lo que genera un impacto individual de bienes TIC, explicado al inicio de esta sección.

La influencia puede ser mayor dada la estructura (referente a distribución de los factores analizados) que contienen los establecimientos de estos departamentos, y a que la influencia del *stock* de capital al mantenerse *ceteris paribus* no se toma su participación en los elementos TIC, que puede afectar el redimensionamiento del impacto de los factores no contantes. Los departamentos con una relación e incidencia de las variables menor al 0,40 % sobre la producción, como

**TABLA 3.3. Resultados del modelo**

Producción Y	Coefficientes	Std Err*	
In L	0,424	0,006	***
In Q	0,730	0,005	***
Dummy V	0,044	0,026	***
<i>Dummy distribución</i>			
Superior o igual a 2049 Kbps	0,091	0,080	***
De 1025 a 2048 Kbps	-0,051	0,053	***
De 257 a 1024 Kbps	-0,076	0,028	***
De 0 a 256 Kbps		(Omitido)	
Antioquia	0,004	0,018	***
Atlántico	0,149	0,027	***
Bogotá D.C.	-0,081	0,016	***
Bolívar	0,708	0,041	***
Boyacá	0,393	0,060	***
Caldas	0,065	0,039	***
Cauca	0,535	0,046	***
Cesar	0,546	0,078	***
Córdoba	0,463	0,088	***
Cundinamarca	0,403	0,024	***
Huila	0,560	0,062	***
Magdalena	0,577	0,064	***
Meta	0,933	0,065	***
Nariño	-0,167	0,064	***
Norte de Santander	0,099	0,044	***
Quindío	0,316	0,061	***
Risaralda	0,112	0,036	***
Santander	0,269	0,027	***
Tolima	0,430	0,047	***
Constante	11,703	0,105	***

\*\*\*1- $\alpha$  = 0,1 Prob. > F = 0,000 R-squared\*\* = 0,7220.

\*Error estándar.

\*\* R2

Fuente: elaboración propia.

Risaralda, Quindío, Norte de Santander, Santander, Caldas, Boyacá y Atlántico, podrían estar manteniendo una relación entre capital humano y bienes TIC, y presentar mejoras en la producción, como Caldas, en un 0,065 %, o Risaralda, en un 0,112 %.

Referente a la variable residual *A*, esta tiene un efecto en la producción en alrededor de 11.000 millones, lo que resalta la importancia implícita de variables, como el tipo de conexión y red, junto con el uso de herramientas web.

## 5. Conclusiones

En este documento se llevó a cabo una aproximación inicial del efecto conjunto de variables que, por medio de las TIC, afectan la producción a escala departamental, con el fin de presentar una relación entre el uso de las TIC y su impacto en la competitividad de la industria manufacturera en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del Cauca y la ciudad capital, Bogotá D. C.

Las nuevas tecnologías tienen un impacto global para estos 19 departamentos y la ciudad capital de Bogotá D. C. de cerca de un 2,65 % sobre la producción (*Y*), a través del uso de TIC y las variables no observadas. Adicionalmente, el uso de elementos tecnológicos mejora individualmente la producción en aproximadamente un 0,73 %, en cuanto se interrelaciona con factores como el recurso humano y la velocidad de ancho de banda; el efecto en conjunto sobre la producción se ve reducido para cada uno de los departamentos analizados. El modelo econométrico para el departamento de Nariño y la ciudad capital, Bogotá D. C., presenta indicios de la paradoja de la productividad, dado que el uso en conjunto de los factores analizados genera un efecto negativo en la producción. Cabe resaltar que la ausencia de datos referentes al *stock* de capital pueden influir en los resultados expuestos; además, el uso de otros métodos econométricos con información más detallada puede ofrecer evidencias más robustas para poder definir la existencia de la paradoja en los departamentos.

La influencia en los departamentos con efectos mayores al 0,4 % sobre la producción, como Meta, Bolívar, Cauca, presentan una baja cantidad de recursos humanos, en conjunto con unos bienes TIC que generan un impacto relevante dada la influencia individual; al mantener constante la variable de *stock* de capital, no hay una manera de extraer la participación del *stock* sobre elementos tecnológicos de la fuente de información. Por otro lado, si se conociera el porcentaje de esta participación, se redefiniría la influencia en conjunto de los elementos analizados

y se podría establecer una tasa marginal sobre el *stock* para conocer puntos de inflexión, en la que una inversión en bienes TIC ya no mejora la producción.

Finalmente, el modelo podría ser más eficaz y explicativo de la realidad si se obtuviesen datos desglosados del volumen del *stock* de capital invertido en TIC, así como el costo promedio del uso de tipos de red y el tipo de conexión por departamento. Con estos insumos se lograría detallar el impacto conjunto e individualizado de las variables sobre la producción; ello permitiría la aplicación de un modelo modificado C-B con integración de una función tipo CES (elasticidad de sustitución constante), trabajada por Arrow, Chenery, Minhas y Solow (1961), para detallar hechos dinámicos y restrictivos del trabajo (mano de obra utilizada), salarios (remuneración al trabajo), elementos TIC, *stock* de capital en TIC en la producción de manera personalizada por departamento, y para generar un índice compuesto con base en el subíndice de uso de TIC, subíndice de valor agregado de las ventas, y un subíndice de preparación por región y por tamaño de las empresas y sus establecimientos.

## Referencias

- Alderete, M., & Gutiérrez R., L. (2012). *TIC y productividad en las industrias de servicios en Colombia*. Serie documentos de trabajo. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Arrow, K. J., Chenery, H. B., Minhas, B. S., & Solow, R. M. (1961). Capital-labor substitution and economic efficiency. *Review of Economics and Statistics* 43(3), 225-250.
- Atrostic, B., & Nguyen, S. (2005). *Computer investment, computer networks, and productivity*. Center for Economic Studies, US Census Bureau.
- Brynjolfsson, E. (1993). The productivity paradox of information technology. *Communications of ACM*, XXXVI(12), 66-77.
- Brynjolfsson, E. (2000). Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business practices. *Journal of Economic Perspectives*, XIV(4), 23-48.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2013). *Ficha metodológica encuesta anual manufacturera (EAM)*. Recuperado de [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)
- De la Fuente Mella, H., Mejías Navarro, C., & Castro O'Kuingttons, P. (2011). Análisis econométrico de los determinantes de la criminalidad en Chile. *Política criminal*, 6(11), 192-208.
- Gordon, R. (2000). Does the "New Economy" measure up to the great inventions of the past? *Journal of Economic Perspectives*, IV(14), 49-74.
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46, 1251-1271.
- Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., & Muller, K. E. (1988). *Applied regression analysis and other multivariable methods*. PWS-KENT Publishing Company.

Inversión en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)...

- Ley 1341 de 2009, por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se crea la Agencia Nacional del Espectro y se dictan otras disposiciones.* Bogotá: Congreso de Colombia, Diario Oficial 47426 de julio 30 de 2009.
- Loveman, G. (1988). *An assessment of the productivity impact on information technologies.* Graduate School of Business Administration, Harvard University.
- Morrison, C., & Berndt, E. (1990). Assessing the productivity of information technology equipment in the U.S. Manufacturing Industries. *National Bureau of Economic Research*(3582).
- Oglietti, G. (2007). Crecimiento, demografía e inmigración: estimación en datos en panel para la Unión Europea. *Estudios sociales* 15(29), 86-115. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S018845572007000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018845572007000100003&lng=es&tlng=es)
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52, 591-611.
- Solow, R. (12 de julio de 1987). We'd better watch out. *New York Times Book Review*. Recuperado de <http://www.standupeconomist.com/pdf/misc/solow-computer-productivity.pdf>

## Anexos

TABLA 3.A1. Test de Hausman

	Coeficientes		Prueba de Hausman	
	(b)	(B)	(b-B)	$\sqrt{\text{diag}[V_b V_B]}$
	Fijos	Aleatorios	Diferencia	S. E.
In L	0,416	0,416	0	0
Lln Q	0,732	0,732	0	0
<i>Dummy V</i>	0,046	0,046	0	0
1.V	-0,083	-0,083	0	0
2.V	-0,101	-0,101	0	0
3.V	-0,096	-0,096	0	0
Antioquia	0,003	0,003	0	0
Atlántico	0,151	0,151	0	0
Bogotá D. C.	-0,083	-0,083	0	0
Bolívar	0,707	0,707	0	0
Boyacá	0,396	0,396	0	0
Caldas	0,066	0,066	0	0
Cauca	0,537	0,537	0	0
Cesar	0,553	0,553	0	0
Córdoba	0,467	0,467	0	0
Cundinamarca	0,407	0,407	0	0
Huila	0,562	0,562	0	0
Magdalena	0,578	0,578	0	0
Meta	0,933	0,933	0	0
Nariño	-0,166	-0,166	0	0
Norte de Santander	0,105	0,105	0	0
Quindío	0,317	0,317	0	0
Risaralda	0,115	0,115	0	0
Santander	0,268	0,268	0	0
Tolima	0,431	0,431	0	0

Inversión en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)...

**CUADRO 3.A1. Hipótesis de Hausman**

<i>Ho: difference in coefficients not systematic</i>
$\text{Chi}^2(0) = (b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b-B) = 0,00$
$\text{Prob} > \text{Chi}^2 = (V_b - V_B \text{ is not positive definite})$

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 3.A2. Vector inflacionario del factor (VIF)**

Variable	VIF*	1/VIF**
ln L	2,13	0,470
Lln Q	2,34	0,428
<i>Dummy V</i>	22,6	0,044
1.V		
2.V	14,04	0,071
3.V	21,17	0,047
4.V	7,04	0,142
Antioquia	1,88	0,531
Atlántico	1,26	0,792
Bogotá D. C.	2,32	0,432
Bolívar	1,1	0,906
Boyacá	1,05	0,956
Caldas	1,12	0,896
Cauca	1,08	0,923
Cesar	1,03	0,974
Córdoba	1,02	0,979
Cundinamarca	1,37	0,731
Huila	1,04	0,959
Magdalena	1,04	0,961
Meta	1,04	0,962
Nariño	1,04	0,960
Norte de Santander	1,1	0,913
Quindío	1,05	0,956
Risaralda	1,13	0,881
Santander	1,27	0,789
Tolima	1,08	0,927
Media del VIF	3,69	

\*Se debe considerar colinealidad si algún VIF es superior a 10, que corresponde a algún  $R^2 > 0,8$ .

\*\*Tolerancia > 1,00.

Fuente: elaboración propia.

**CUADRO 3.A2. Prueba sobre parámetros**

Prueba parm*Dummy V**
( 1) 1.V = 0
( 2) 2.V = 0
( 3) 3.V = 0
F (3, 36127) = 10,98
Prob > F = 0,0000

\*Ho = los coeficientes de b\_9\_1 son cero.

\*\*Rangos de velocidad de ancho de banda.

Fuente: elaboración propia.

**CUADRO 3.A3. Test de Ramsey; prueba de omisión de variables**

<i>Ramsey RESET test using powers of the fitted values</i>
Ho: model has no omitted variables
F (3, 36129) = 196,53
Prob > F = 0,0000

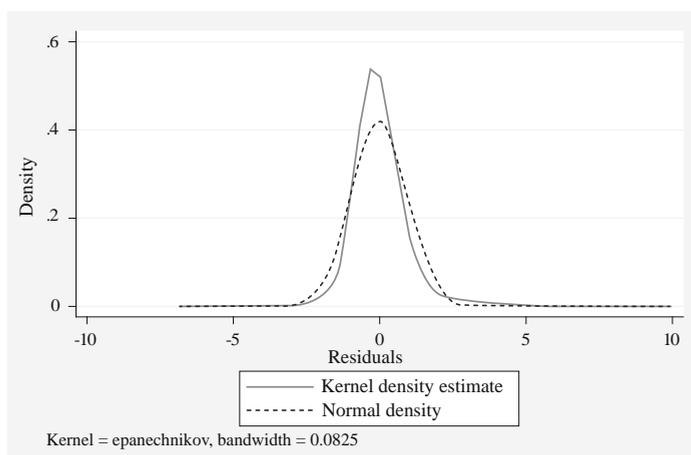
Fuente: elaboración propia.

**TABLA 3.A3. Test de Shapiro-Wilk; normalidad de datos**

Variable	Obs	W	V	z	Prob > z
r	36158	0,919	11,669	19,472	0

Fuente: elaboración propia, a partir de Shapiro y Wilk (1965).

**FIGURA 3.A1. Contraste: curva de densidad**



Fuente: elaboración propia.