



TIC Y PRODUCTIVIDAD EN LAS INDUSTRIAS DE SERVICIOS EN COLOMBIA

**María Verónica Alderete
Luis H. Gutiérrez R.**

SERIE DOCUMENTOS DE TRABAJO

**No. 120
Mayo de 2012**

TIC y Productividad en las industrias de servicios en Colombia

María Verónica Alderete y Luis H. Gutierrez R.¹

Resumen

Este trabajo analiza los determinantes de la productividad laboral en las empresas de servicios de Colombia. En particular se examina la relación entre las tecnologías de la información y de la comunicación TIC (en términos de inversión y uso) y la productividad. El estudio encuentra que en conjunto, la inversión en TIC y el uso de las TIC incrementan la productividad laboral en un 18% en promedio, aproximadamente. La evidencia empírica sustenta la hipótesis de que los recursos tecnológicos de TIC (tanto inversiones en equipo como uso de TIC), junto con el capital no TIC, la capacitación, el porcentaje de capital extranjero y el porcentaje de empleados permanentes son los recursos más importantes que impactan positivamente sobre la productividad de las empresas de servicios de Colombia.

Palabras claves: TIC, productividad, Internet, Servicios

JEL: L8, O33, D21, D24, L63

Abstract

This paper analyzes the determinants of labor productivity in services firms from Colombia. In particular, we examine the relationship between information and communication technologies ICT (in terms of investment and use) and productivity. The study finds that ICT investment and ICT use jointly increase labor productivity in approximately 18% (average). Empirical evidence supports the hypothesis that ICT technological resources (both in equipment investment and ICT use), together with Non ICT capital, human resources, and the proportion of foreign capital and permanent workers are the main determinants of productivity increase in services firms from Colombia.

¹ María Verónica Alderete (Ph.D) es investigadora de tiempo completo de la Universidad Siglo XXI. Correo electrónico: mvalderete@hotmail.com. Luis Hernando Gutiérrez (Ph.D) es profesor de la Facultad de Economía de la Universidad del Rosario. Correo electrónico: luis.gutierrez@urosario.edu.co. Dirección Postal: Universidad del Rosario, Calle 12C No 4-69, Bogotá, Colombia.

Verónica Alderete agradece el apoyo financiero de los fondos asignados al IEP (Instituto de Estudios Peruanos) por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo y de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional, Ottawa, Canadá mediante proyecto contratado por DIRSI (Diálogo Regional sobre la Sociedad de la Información). Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de dos evaluadores. De igual manera, los autores agradecen al DANE y a los funcionarios que colaboraron en el suministro de la información. Todo el procesamiento de los datos de la EAS y de la EDIT tuvo lugar en las instalaciones del DANE. Los errores, opiniones e interpretaciones son responsabilidad exclusiva de los autores.

**Introducción. -II. Marco conceptual. -III. Modelo y enfoque empírico. -IV. Conclusión. -
Bibliografía.-Anexo**

Introducción

Las tecnologías de la información y las comunicaciones, o TIC, como más comúnmente se les conoce, están constituidas por las inversiones en equipos de computación, software y medios de comunicación. Múltiples estudios se han realizado tanto a nivel nacional como a nivel de empresa de cómo las TIC o inversión en capital fijo TIC han incidido en el desempeño o productividad de las empresas. Los primeros estudios arrojaron resultados desconcertantes. La inversión en TIC no incidía en la productividad de las empresas. Se habló, entonces, de la paradoja de la productividad. ¿Era rentable invertir en esas nuevas tecnologías? ¿Debían los gobiernos apoyar la inversión en esos bienes? Estudios posteriores arrojaron resultados diferentes y definitivos: invertir en TIC incrementa la productividad de las empresas. La mayoría de esos estudios se enfocaron al sector manufacturero. En contraste, muy pocos se adentraron a estudiar la relación en las industrias de servicios. Ello paradójicamente dado que el sector servicios se ha constituido en uno de los principales compradores y usuarios de equipos de TIC y su desempeño ha sido particularmente afectado por la adopción y predominio de las TIC. Muchos sectores de servicios han invertido en TIC y se han vuelto más innovadores (Triplett y Bosworth 2009).

El uso efectivo de las TIC en el sector servicios resultaría en mayor productividad, mejores procesos de servicios, mejor calidad de los productos y de servicios, menores costos, y tiempos de entrega menores. En resumen, generarían mejores servicios al cliente. Para corroborar estas hipótesis, el objetivo de este trabajo consiste en analizar los determinantes de la productividad laboral de las empresas de servicios de Colombia en el año 2008 con especial énfasis en el capital TIC y usos de las TIC.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: la primera sección provee un marco conceptual sobre la incidencia de las TIC en la productividad en el sector servicios, y los factores explicativos de la productividad. Posteriormente se presenta el modelo a estimar, los resultados obtenidos y algunas consideraciones finales.

II. Marco conceptual

A. Nuevas tecnologías de la información y de la comunicación: cambios en la organización y desempeño de las empresas

Las empresas son partícipes de un cambio de escenario económico a nivel mundial con el advenimiento de la Nueva Sociedad de la Información o Nueva Economía², que establece el rol preponderante del conocimiento y la inserción de las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) a la actividad productiva (Brynjolfsson y Hitt, 2000).

Con el advenimiento de la corriente de pensamiento denominada Nueva Economía, varios investigadores se preocuparon por analizar la relación entre inversión en TIC y desempeño en las empresas. Durante la década del 80 no se encontró conexión significativa entre las inversiones en TIC y la productividad en la industria (Roach, 1991; Morrison y Berndt, 1990; Strassmann 1990; Brynjolfsson 1993). Este fenómeno, llamado la paradoja de la productividad fue originalmente establecido por Solow, quien estableció que *“se puede ver la era del computador en todas partes excepto en las estadísticas de la productividad”*.

Sin embargo, varios estudios hallaron la existencia de una relación positiva entre productividad de la firma e inversiones en TIC (Brynjolfsson et al, 1994; Lichtenberg 1995; Greenan y Mairesse 2000; Licht y Moch 1999; Aral, Brynjolfsson y Wu, 2006; Brynjolfsson and Hitt, 1996; 2003; 2000; Dedrick, Gurbaxani, y Kraemer, 2003). Estos estudios consideran que la paradoja fue producto de ciertos errores: 1) errores de medición de los productos e insumos debido a los rápidos cambios en los precios y calidad del equipo TIC; ii) el tiempo necesario para el aprendizaje y los ajustes, y iii) mala administración de los recursos TIC en las empresas debido a la carencia de experticia.

Sin embargo, esta visión positiva del impacto de las TIC contrasta con las investigaciones en el tema por parte de otros investigadores (Strassman, 1999) quienes reportaron que no existe relación entre las inversiones en TIC y las mejoras en la productividad. A partir de entonces, una serie de estudios a nivel firma y país mostraron que el impacto de las TIC es

² Corriente de pensamiento surgida en los últimos años de la década de los 90. Sus seguidores sostienen que el gran crecimiento de los países industrializados a partir de la segunda mitad de la década de los 90 proviene del crecimiento en el área de investigación y desarrollo. Considera el impacto que la era de la información está ejerciendo sobre las leyes tradicionales de la economía en materia de equilibrio estable y productividad marginal decreciente del trabajo.

significativo y positivo. La hipótesis que subyace al resultado de los efectos positivos de la inversión en TIC sobre el aumento de la productividad en el largo plazo es que las TIC formarían parte de un amplio sistema tecnológico y de cambio organizacional que en definitiva es el que posibilitaría que se incremente la productividad a nivel de la firma. Es decir, no es la inversión en computadoras lo que aumenta la productividad, sino la inversión en capacitación y nuevas formas de gestión que son colaterales al proceso de adquisición de nuevas tecnologías a nivel empresarial.

Varios autores (Brynjolfsson y Hitt, 2003; Aral et. al 2006; Nurmilaakso, 2009) analizan el impacto de las TIC sobre la productividad laboral. Brynjolffson y Hitt (2003) exploran los efectos de la computación sobre la productividad y el crecimiento del producto en 527 empresas grandes de EEUU entre 1987-1994. Observan que la contribución de la computación es positiva y debe estar acompañada por grandes inversiones en insumos complementarios, tal como el capital organizacional. De igual modo, Arvanitis (2005) plantea que las TIC, conjuntamente con nuevas prácticas organizaciones y capital humano son determinantes claves de la eficiencia y desempeño empresarial.³ Aral et al. (2006) analizaron una muestra de 623 empresas grandes públicas de Estados Unidos durante el período 1998-2005 para estudiar si las tecnologías de la información (IT) causan productividad o si son las empresas productivas las que simplemente desean gastar en más IT. Sus resultados establecen que una relación causal entre la tecnología de Enterprise Resource Planning (ERP) y desempeño provoca la adopción de IT adicional en las empresas que obtienen valor de sus inversiones iniciales. Para Nurmilaakso (2009), tanto internet como Electronic Data Interchange (EDI), ERP y Customer Relationship Management (CRM) son sistemas que contribuyen a incrementar en forma significativa la productividad laboral, mientras que la disponibilidad de un sitio web o un Supply chain Management (SCM) no son significativas.

Bresnahan, y Tranjtenberg (1995) y Bresnahan, Brynjolfsson, y Hitt (2002) introdujeron el concepto de complementariedad organizacional entre las TIC y los trabajadores altamente calificados para considerar las múltiples interacciones entre TIC, habilidades y cambio

³ Milgrom and Roberts, (1990 y 1995) fueron uno de los primeros autores en resaltar la relevancia de las complementariedades entre las TIC, la organización y el capital humano como la característica más importante del nuevo paradigma.

organizacional. De acuerdo a este concepto, sólo la combinación completa entre las co-inversiones generaría ganancias de productividad significativas a nivel firma, mientras que las combinaciones intermedias no producirían beneficios. Por el contrario, Giuri, Torrisi, y Zinovyeva (2008) encontraron una no complementariedad entre las TIC y las habilidades en las PyMEs. Recientemente, Gutiérrez (2011) encontró una relación positiva y significativa entre la inversión monetaria en capital TIC y la productividad laboral en una muestra de 5000 empresas manufactureras colombianas. Resultados adicionales de interés fueron las relaciones positivas pero no significativas de los cambios organizacionales; y positiva y significativa del esfuerzo exportador y del capital humano todos respecto de la productividad laboral.

B. TIC y productividad en el sector servicios

Ha habido relativamente pocos análisis sobre los impactos de las TIC en el sector servicios, siendo el caso contrario en el sector manufacturero. Teniendo en cuenta la propiedad de intangibilidad inherente al sector servicios, resulta probable que éste adquiriera una mayor relevancia en el contexto de la economía del conocimiento.

A diferencia de cierta literatura (Baumol 1967; Baumol et al 1985)⁴ que enfatiza que los servicios son relativamente improductivos e industrias no innovadoras, convirtiendo al análisis de su innovación y productividad de poca importancia académica, otros autores (Musolesi and Huiban 2010; Maroto y Rubalcaba 2008; Bosworth y Triplett 2007; Triplett y Bosworth 2003; Miozzo y Soete 2001; Alam y Noor, 2009) recalcan que ciertos servicios son frecuentemente innovadores, productivos y usan los mismos insumos innovadores que las industrias. Miozzo and Soete (2001) identifican un número de servicios intensivos en tecnología estrechamente relacionados con el uso de las TIC. Los servicios intensivos en conocimiento son productores de innovación y de nuevas tecnologías generando directamente productividad y crecimiento (Miozzo y Soete, 2001; Triplett y Bosworth 2003). Maroto (2010) examina para países de la OCDE la relación entre productividad e innovación en el sector servicios en su vertiente tecnológica a través de las TIC.

Roach (1991) ha encontrado que la paradoja de la productividad era más pronunciada en el sector servicios que había empleado el 80% de los productos IT durante los años 80. La

⁴ Baumol (1967) introduce la hipótesis de la “enfermedad de costes” sobre la baja productividad de los servicios.

paradoja de la productividad dista de ser homogénea para todas las ramas de servicios, asociándose este fenómeno, a dificultades en la medición del output de las ramas de servicios. La “enfermedad de Baumol” parece limitarse a los servicios de consumo, mientras que no consigue explicar más que una pequeña parte de la evolución de los servicios a la producción (Maroto, 2009).

La medición del desempeño, especialmente en el sector servicios es algo difícil. Los análisis empíricos de cómo las TIC afectan particularmente la industria de servicios a nivel firma son relativamente escasos. Maliranta y Rouvineen (2003) comparan el impacto del uso de las computadoras sobre la productividad laboral en los sectores de manufacturas y servicios. Un 10% de incremento en la participación de los equipos de computación aumenta la productividad en un 1,8% en las manufacturas y en 2,8% en los servicios. Por otro lado, una mayor proporción de empleados con uso de internet en su trabajo posee un efecto significativo sólo en las empresas de servicios (29%).

Sapprasert (2010) estudia la relación entre TIC y desempeño de la industria de servicios, incluyendo las innovaciones no tecnológicas en una muestra de empresas noruegas. Las empresas de servicios intensivas en TIC sobrepasan a las empresas de servicios no intensivas en TIC en términos de productividad y crecimiento de la rentabilidad. Gretton et al (2002) sobre la base de la encuesta longitudinal de negocios australiana, con datos a nivel firma, encuentra una relación positiva y significativa entre el uso de las TIC y el crecimiento tanto en la manufactura como en la industria de servicios. De igual modo, Cainelli, Evangelista, y Savona, M. (2004) analizan el impacto de la innovación sobre el desempeño económico de los servicios en empresas Italianas con datos de 1993-1998. En particular, cuanto mayor es el nivel de gastos de innovación en TIC, mejor es el desempeño económico de las empresas en términos de productividad. Licht y Moch (1997) establecen que las inversiones en TIC tienen un efecto sobre la calidad de los servicios más que sobre la productividad de la empresa que emplea las TIC.

Es necesario un análisis más desagregado del sector debido a la gran heterogeneidad que lo caracteriza. Dentro de los subsectores de servicios, la OECD (2005) establece que generalmente los servicios de negocios y financieros lideran, mientras que las áreas de salud y de comercio minorista generalmente están atrasadas. Las diferencias entre las empresas grandes y chicas persisten al igual que en la industria. El mayor crecimiento en

el valor añadido en los servicios europeos se ha dado en el sector de las comunicaciones, fundamentalmente a partir de mediados de los 90s. En este sector, además, se observa una gran aportación tanto del capital TIC como de la productividad multifactorial. En los servicios financieros se observa que el capital TIC supera claramente en contribución al resto de capital (Maroto, 2010).

C. Estadísticas TIC, Datos, fuentes y Variables explicativas de la productividad

1. Evolución Reciente de las TIC en servicios

El DANE en el año 2006 introdujo una serie de cambios importantes en la recolección de información del sector servicios. El más importante es la inclusión de nuevas actividades de servicios. Desde 1995 al 2005, el número de actividades de servicios sobre los cuales se capturaba información era ocho; a partir del año 2006 se pasa a un total de 16 actividades⁵. Este cambio hace imposible realizar comparaciones sobre los principales indicadores sectoriales. Presentamos, para ilustrar al lector, los datos de las adquisiciones de capital TIC según agrupaciones de servicios para los años 2006 al 2008. Varias observaciones pueden hacerse de esa tabla. La primera es la variabilidad de las participaciones de las adquisiciones del capital TIC sobre el total de adquisiciones. Ello muestra que, al menos en las actividades de servicio, las compras de bienes TIC no es una decisión continua. El segundo aspecto, es la reducción en montos (a pesos de 2006) de las adquisiciones. La compra de bienes TIC fue casi un cuarto en 2008 de lo comprado en el 2006. Si bien existe reducción en la compra total de bienes de capital, es más aguda la reducción en bienes TIC. Dos factores pueden estar afectando los datos. El primero es, que a diferencia de la Encuesta Anual Manufacturera que es un censo anual, la Encuesta Anual de Servicio comprende un número de empresas de inclusión forzosa y otro conjunto de empresas elegidas aleatoriamente. El otro factor es que los bienes TIC son en su mayoría bienes importados y en los últimos 8 años se ha dado una fuerte apreciación del peso colombiano. Sin embargo, en todo caso resulta preocupante que los empresarios hayan desaprovechado esa coyuntura para profundizar la compra de bienes de capital TIC.

⁵ DANE (2011).

Tabla 1				
Indicadores Generales de Adquisición TIC				
		2006	2007	2008
Participación (%) del Capital TIC en el Total de Adquisición de Activos Fijos				
	Actividad de Servicios			
H	Hoteles y restaurantes	8.3%	5.2%	27.8%
I	Almacenamiento, comunicaciones y actividades auxiliares de transporte	36.3%	43.2%	12.3%
K	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	10.6%	5.9%	7.8%
M	Educación superior privada (8050) *	19.2%	15.3%	8.6%
N	Actividades relacionadas con la salud humana - privada (851)	7.6%	4.1%	4.8%
O	Entretenimiento y otros servicios	8.7%	1.9%	3.1%
Montos de Adquisición de Capital TIC y Total de Adquisición de Activos Fijos				
	Adquisición de Activos Fijos	9,956,465,177	4,751,892,725	5,940,089,898
	Adquisición de Activos TIC	2,594,765,454	1,611,748,743	704,810,641
FUENTE: DANE - Encuesta Anual de Servicios.				

2 Fuente de la Información

Los datos utilizados en esta investigación proceden de la Encuesta Anual de Servicios –EAS- que anualmente realiza el Departamento Nacional de Estadísticas –DANE- en Colombia a una muestra de empresas de las industrias de servicios. Los datos más relevantes provienen del modulo TIC de la EAS de 2008⁶ la cual fue complementada con información de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica de 2004 para el sector servicios.

3. Variables

Los estudios de la relación entre TIC y productividad a nivel empresa sugirieron que el impacto de las TIC sobre la productividad está asociado con su papel en la generación de la innovación, y en permitir a las empresas replicar innovaciones exitosas en los mercados.

La relación entre TIC y productividad puede ser analizada en dos sentidos. Existe controversia en cuanto a si son las buenas empresas las que hacen un uso extensivo de las

⁶ La elección del año 2008 corresponde a la mayor confiabilidad de los datos del *modulo TIC* de la Encuesta Anual de Servicios –EAS-.

TIC, o si los altos usuarios de TIC son los que se desempeñan bien. Una prueba realizada por Hagén, H. Glantz, J., y Nilsson, M (2008) muestra que aun si las empresas productivas usan las TIC más intensivamente, la evidencia es más fuerte en el sentido contrario.

Varios estudios demuestran que si bien las inversiones en TIC están asociadas con un incremento en la productividad de la firma, los efectos dependen de factores contingentes que incluyen si la empresa opera o no como subsidiaria de una multinacional, la edad de la empresa, el sector de actividad, capital humano, región geográfica, capital físico, etc.

Existen diferentes medidas de productividad: ventas por trabajador, valor agregado por trabajador (o en horas efectivas trabajadas). Criscuolo y Waldron (2003) obtienen resultados para ambas medidas de productividad y encuentran que el impacto del comercio electrónico es levemente superior en el valor agregado que en las ventas. Independientemente de los modelos empíricos, el valor agregado es una medida más precisa de la productividad laboral dado que sustrae del valor de las ventas los costos incurridos con el consumo intermedio (UNCTAD, 2008).

El mayor uso de las TIC por parte de los empleados produce un efecto adicional en la productividad respecto del efecto de las inversiones en TIC (Franklin et al, 2008). Van Leeuwen y van der Wiel (2003) incluyen el acervo de capital TIC junto con medidas de innovación y cambio organizacional. Existe una gran variedad de estudios sobre el impacto de TIC específicas sobre la productividad a lo largo de diferentes países e industrias.

Atrostic y Nguyen (2005) emplean dos medidas de TIC como indicadores: el capital en computadoras (diferenciándolo del capital ordinario) como medida de la inversión en PC, y los tipos de uso de TIC (Internet, extranet, etc.). De acuerdo a su visión, ambas medidas deben incluirse para estimar adecuadamente los dos efectos sobre la productividad laboral. Atrostic y Nguyen (2002) hallaron que el uso de las TIC (Internet, intranet, LAN (Local Area Network), EDI, etc) ha generado un incremento del 5% en la productividad laboral de empresas industriales americanas. Existe una literatura emergente que estima el impacto de la banda ancha sobre la productividad de la empresa (Gillett et al. 2006).

Debido a que el uso de las TIC es un proceso complejo con interrelaciones entre los diferentes usos, la interpretación del impacto sobre la productividad de un solo indicador

puede estar sobre-estimado. Para evadir el problema de sesgo de especificación, es necesario interpretar el uso de las TIC en conjunto y crear medidas como los índices compuestos que capturen este fenómeno.

El **tamaño de la empresa** es considerado un factor clave en la productividad laboral. Según UNCTAD (2008), la presencia de computadoras está correlacionada con una mayor productividad en todos los tamaños de empresas pero aún más en las empresas grandes y en las empresas pequeñas. El acceso a internet incide más en la productividad de las empresas pequeñas, mientras que la presencia en la web tiene mayor impacto en las empresas grandes. Una de las razones por las cuales las TIC pueden generar pérdidas de productividad en las PyMEs es que muchas de las TIC han sido desarrolladas para las empresas grandes y no responden a las características organizacionales específicas de las PyMEs (Levy y Powell, 2000). En esta investigación, se usan cuatro variables dummies para representar las empresas que son microempresas, pequeñas, medianas y grandes empresas. La dummy toma el valor de uno si la empresa se ubica dentro del rango especificado por la Ley 905 del 2004 y cero en otro caso.

En varios estudios, la **edad de la empresa** es considerada un elemento explicativo importante de la productividad. Gran parte de los estudios empíricos (Koellinger (2006), Maliranta y Rouvinen (2003), Farooqui (2005), demuestran que las nuevas empresas contribuyen significativamente a la difusión de las aplicaciones e-business en Europa. *Edad* es la variable continua que captura la edad de la empresa.

Asimismo, las empresas con **participación extranjera** del capital parecen poseer una mayor productividad laboral. Bloom, Sadun y van Reenen (2005) estimaron para una muestra de empresas británicas que los establecimientos poseídos por capital estadounidense tenían unas ganancias de productividad mayores. Por otro lado, las empresas que **son filiales o subsidiarias** de empresas multinacionales pueden poseer mayores ganancias de productividad dado que requieren administrar recursos adicionales. *Cap_ext* es una dummy que toma el valor de uno si la empresa es poseída en 5% o más por capital extranjero.

El nivel de **educación** de los trabajadores son elementos complementarios a las medidas de uso de las TIC por las empresas. Trabajadores más calificados y educados más

probablemente sean aptos para desarrollar, usar y conservar las tecnologías más avanzadas. UNCTAD (2008) menciona la posibilidad de incluir el nivel de educación de las regiones en las cuales operan las empresas. El capital humano, o educación no es preguntado en la EAS, contrario a la EAM. Como variable proxy se utiliza la relación entre los salarios (y prestaciones) promedio de cada empresa, *Lwl*. La racionalidad de este indicador es que empresas con capital humano más capacitado han de pagar mejores salarios a sus empleados (Majumdar, Carare, y Chang, 2009).

Fabiani, Schivardi y Trentol (2005) incluyen la composición de la fuerza laboral y algunos indicadores organizacionales que la literatura cita como factores potenciales en la determinación de la inversión en TIC óptima. Los autores hallaron que las empresas que realizaron alguna reorganización interna y han adoptado cierta **flexibilidad salarial**, son más propensas a adoptar las TIC. Utiliza como uno de los indicadores el ratio de empleados permanentes sobre el total de empleados. Esta variable es representada por % *Empl_trans*.

A su vez, es necesario controlar por las **regiones y el tipo de industria** a la que pertenecen las empresas. Las diferentes industrias pueden disponer de distintos niveles promedios de productividad laboral debido tanto a factores relacionados con la oferta y la demanda. Si comparamos una empresa de servicios de telecomunicaciones con una agencia de viajes, probablemente el sector de telecomunicaciones realice mayores ventas por empleado debido a características de la industria, como precio, intensidad laboral y tipo de servicio ofrecido. Se incluyen seis dummies por región que toman el valor de uno si la empresa se ubica en la región respectiva y cero en otro caso. De igual manera, se incluyeron seis dummies para seis agrupaciones de servicios. La dummy toma el valor de uno si la empresa se ubica en uno de los sectores y cero en otro caso. El Cuadro 1 presenta la descripción de cada variable al igual que la media y desviación estándar de las variables usada en el estudio. En el Anexo 1 se presenta la matriz de correlaciones.

La variable dependiente se aproximó con el Valor agregado por trabajador. Se mide como los ingresos netos operacionales por trabajador empleado.

Tabla 2				
Descripción de variables y estadísticos básicos				
Variable	Descripción	Signo esperado	Media	Desviación Estandar
L_KF_NoTIC	Logaritmo natural de los activos fijos o stock de capital fijo que no son TIC. Se calcula en relación al número total de trabajadores	+	11	
L_KF_TIC	Logaritmo natural de los activos fijos que son inversiones en equipos de computación y comunicación. Se calcula en relación al número total de empleados.	+	4,353	1,564
Edad	Logaritmo natural edad de la empresa según año de constitución	+	7,379	1,824
Cap_ext	1 si la empresa posee capital extranjero	+	2,895	0.5185
% Empl_trans	Variable representada por el ratio Trabajadores transitorios respecto al número total de empleados (permanentes y transitorios).	-	0.0902	0.2865
Lwl	Proporción o ratio entre los salarios y gastos del personal ocupado y el número de empleados. Se emplea como variable proxy de las habilidades de los empleados.	+	0.2314	0.2661
SumaTIC	Indicador sobre cantidad de TIC disponibles (de distinto peso): Internet, Sitio web, Intranet, LAN, Extranet.		9,845	0.5698
Interweb	Indicador sobre cantidad de TIC disponibles (de igual peso): Internet, Sitio web, Intranet, LAN, Extranet.			
sectorHyR	Dummy industrial: 1 si es sector Restaurante y hoteles		2,205	0.8934
sectori	Dummy industrial: 1 si es sector transporte, almacenamiento,com.			
sectork	Dummy industrial: 1 si es sector Inmobiliario			
sectorl	Dummy industrial: 1 si es sector Administración Pública.			
sectorn	Dummy industrial: 1 si es sector Enseñanza y salud			
sectoro	Dummy industrial: 1 si es otro sector.			
micro	Dummy tamaño: 1 si la empresa tiene <10 empleados			
peq	Dummy tamaño: 1 si la empresa tiene 11-50 empleados			
med	Dummy tamaño: 1 si la empresa tiene 51-200 empleados			
grande	Dummy tamaño: 1 si la empresa tiene >200 empleados.			

Fuente: DANE Elaboración de los autores

III. Modelo y enfoque empírico

El modelo de TIC y productividad laboral sigue los fundamentos de la teoría de producción microeconómica. Cada empresa está representada a partir de una función de producción que relaciona el producto y que produce la empresa y los insumos x_1, x_2, \dots, x_n que la empresa usa o consume.

Asumimos que la empresa i produce según una tecnología de producción tipo Cobb Douglas.

La función de producción de Cobb Douglas es

$$y = e^{\alpha} \prod_{k=1}^k x_k^{\alpha k}$$

Donde a es una constante y ak es la elasticidad de producto del insumo x_k . La función de producción ha sido utilizada por varios autores para estudiar la contribución del trabajo, capital físico, y el capital humano al producto bruto doméstico⁷. Dentro de la literatura sobre TIC, la función ha sido empleada para medir la contribución del capital computacional, y el no computacional, el trabajo tanto dedicado a sistemas de información como no, y otros gastos sobre las ventas (Brynjolfsson y Hitt, 1996).

Debido a que la función de producción CD es no lineal, el modelo debe ser linealizado de la siguiente manera:

$$\ln(VA/L) = \alpha + \alpha_1 \ln KnoTIC + \alpha_2 \ln KTIC + \alpha_3 \ln TIC + \alpha_4 \text{controles} + \varepsilon$$

Donde VA/L es el valor agregado por trabajador, KnoTIC es el stock de capital físico no computacional (no TIC) medido por trabajador, KTIC el capital físico TIC. Se realiza una distinción entre capital TIC y capital no TIC como factores de producción. Sin embargo, no es posible la distinción entre TIC y no TIC para el trabajo como insumo. El enfoque

⁷ El uso de la función Cobb_Douglas se escoge básicamente por la facilidad en los cálculos econométricos, en especial que con pocos datos es posible obtener cálculos robustos (parsimonia). Como alguna vez lo expresó Klein (1974, p. 44) "My own research on empirical estimates of production functions would lead me to favour an elasticity of substitution somewhat less than unity in many lines of economic activity: nevertheless the Cobb-Douglas form may be a tolerably good approximation". Una discusión amplia sobre el uso de cierta especificación de las funciones de producción se encuentra en Lau (1986).

econométrico es el de mínimos cuadrados ordinarios corrigiendo los errores por método cluster a nivel de regiones.

A. Resultados

Con base en el modelo planteado anteriormente, se corrieron varias especificaciones las cuales se presentan en el cuadro 3. Se observa que las variables tanto individualmente como en conjunto, explican significativamente la productividad laboral. La bondad de ajuste de los modelos es la esperada, entre el 55% y el 65%.

Varios resultados merecen destacarse. Primero, un aumento en el capital TIC por trabajador aumenta la productividad laboral en un 7,73% (en el modelo 1) y en un 18% aproximadamente en el Modelo 4. Este resultado es de primordial importancia por cuanto ratifica los hallazgos encontrados en estudios realizados para países desarrollados y en la industria manufacturera colombiana (Gutiérrez, 2011). La productividad de las industrias de servicios se ve impulsada por la inversión en capital fijo TIC. El incremento en la contribución del capital TIC a la productividad en el último modelo se podría explicar por la introducción de la variable *Interweb* que representan las distintas TIC (de igual peso) a las que accede la empresa y la media de profesionales del sector. Segundo, la variable proxy de capital humano resultó positivamente asociada con la productividad laboral y altamente significativa. Ello resalta la importancia que deben dar las empresas a la capacitación del personal y refuerza los planteamientos teóricos de que la introducción de TIC solo genera beneficios si se cuenta con capacidades de absorción de la fuerza de trabajo. Tercero, al no considerar en el Modelo 4 el salario por trabajador como proxy de capacitación, se evita la multicolinealidad entre la inversión en TIC y los salarios (que era alta y significativa), mientras que la correlación entre la media de profesionales y el capital TIC no es significativa. Por otro lado, un aumento en el capital no TIC incrementa la productividad entre un 14% y un 18%, aproximadamente según el modelo.

Tabla 3				
Regresiones de MCO de TIC respecto a la productividad laboral				
	Modelo1	Modelo2	Modelo3	Modelo 4
	Coef	Coef	Coef	Coef
L_KF_NoTIC	.1396***	.1634***	.1721***	.1379***
(t)	22.06	26.18	18.45	18.63
L_KF_TIC	.07735***			.1793***
(t)	6.89			9.56
Edad	-.1572***	-.1379***	-.1571***	-.1403***
(t)	-6.47	-6.2	-5.96	-4.3
Cap_ext	.0725***	.0784***	.0876***	.1358***
(t)	2.63	2.09	3.01	4.83
% Empl_trans	-0.0597	0.128102	-.1008***	-.1831***
(t)	-1.6	-3.06		-4.95
Lwl	.7083***	.7935***	.7935***	
(t)	53.53	39.12	37.66	
Imediaprof				-.2800***
(t)				-8.17
SumaTIC	.0235***			
(t)	0.038			
Interweb				.0881***
(t)				5.54
sectorHyR	0.0131114	0.0262	0.0135	.0774*
SectorI	0.0113428	.1088**	0.0966	0.19398
SectorK	-.0806**	-0.0456159	-0.0445	.3200***
SectorL	-.4365***	-.3002***	-.3190***	
SectorN	.2629***	.2750***	.2756***	.7200***
Micro	.9945***	.3263***	1.058***	.9289***
Peq	.3722***	-.1040**	.3942***	.3598***
Med	.1100***	-.1540***	.1321***	.0873***
Constant	2.384***	2.858***		9.143***
N	3115	3210	3210	3131
Prob > F	0	0	0	0
R-squared	0.6545	0.6532	0.6461	0.5478

(Errores estándar ajustados por 6 clusters de regiones)

Adicionalmente, las variables relacionadas con el uso de las TIC (sea Internet, website, Extranet, etc.) generan un incremento en la productividad entre un 3% y 8% aproximadamente, según el indicador. Con respecto a la edad de la empresa, se observa

un signo negativo indicando que las empresas de servicios más jóvenes poseen una mayor productividad laboral, y este resultado es robusto en todas las especificaciones.

El capital extranjero, como habría de esperarse, tiene un efecto positivo y significativo en la productividad laboral, siendo el incremento del 8% al 14% según el modelo. La variable sobre flexibilidad laboral o proporción de empleados transitorios no es significativa en el Modelo 1 aunque el signo es el esperado; cuanto mayor la proporción de trabajadores transitorios, menor es la productividad (tal disminución es del 14% o 16% según el modelo planteado).

El tamaño de la empresa es significativo sobre la productividad laboral, cualquiera sea el modelo especificado. En todos los casos, se verifica que la estimación es significativa para las empresas micro, pequeñas y medianas. Teniendo en cuenta los resultados alcanzados, la estimación que mejor ajusta es el Modelo 4 que incluye una proxy de la capacitación de los empleados a nivel sectorial y una variable sobre uso de TIC que da igual ponderación a las TIC empleadas y ordena por cantidad de TIC disponibles por la empresa.

IV. Conclusión

Este estudio presenta evidencia sobre la importancia del uso de las TIC en el sector servicios de Colombia. En particular, se verifica la existencia de una relación *positiva* significativa entre capital TIC, y las aplicaciones informáticas en la productividad laboral de los servicios.

La evidencia empírica sustenta la hipótesis de que los recursos tecnológicos de TIC (tanto inversiones en equipo como uso de TIC), junto con el capital no TIC, la capacitación, el porcentaje de capital extranjero y el porcentaje de empleados permanentes son los recursos más importantes asociados positivamente con la productividad de las empresas de servicios de Colombia.

El capital TIC supera al capital no TIC en su contribución a la productividad en un 4%. En particular, el capital TIC es el determinante de mayor impacto sobre la productividad luego de los salarios por trabajador como proxy de los recursos humanos. En forma conjunta, el capital TIC y los usos TIC podrían generar incrementos entre un 11% y un 26% según la especificación del modelo.

La importancia del capital TIC, a nivel agregado, que se observa en los servicios, también se observa cuando se analizan las diferentes ramas de servicios. Este aumento del papel del capital tecnológico es claramente destacado en actividades como la administración pública, las actividades inmobiliarias y servicios sociales y de salud. Estos resultados son importantes por cuanto contrastan con cierta literatura que refuta la existencia de una relación entre las TIC y la productividad en el sector servicios.

El papel del capital tecnológico TIC sobre la productividad se ha analizado teniendo en cuenta otros posibles factores explicativos o el papel de otro tipo de innovaciones, ajenas a la mera tecnología, como las innovaciones organizacionales, muy importantes en el sector que nos ocupa en este trabajo. Sin embargo, los cambios organizacionales aproximados a través de la participación del trabajo transitorio en el empleo total no han resultado significativos en todos los modelos.

Este estudio arroja hallazgos de importancia para las medidas de política hacia el sector. El gobierno colombiano en los últimos años ha otorgado énfasis a la difusión y uso de las TIC por parte de la ciudadanía en general y de las empresas del sector productivo en particular. El Plan Nacional TIC de 2008 al igual que el presente Plan Vive Digital han pretendido masificar el uso de las TIC por parte del empresariado colombiano, en particular las Pymes para lo cual han propuesto algunas medidas de política. El presente estudio ha mostrado que las empresas que invierten en TIC obtienen beneficios en productividad vis a vis las que no invierten. Se hace necesario entonces que el Gobierno implemente medidas más audaces para incentivar a las Pymes a invertir en estas tecnologías. El estudio ha mostrado también que una fuerza laboral más capacitada coadyuva a mejoras en productividad. Medidas de política han de ponerse en marcha usando para ello al SENA y creando incentivos (tributarios y financieros) para ayudar a las Pymes y en especial a los microempresarios a capacitar su personal de trabajo.

Estos resultados deben ser tomados con la habitual cautela, en primer lugar, debido a la propia limitación que surge del uso de una muestra geográfica y horizonte temporal concretos. Por otro lado, la información es de corte transversal. Es necesario realizar un análisis a largo plazo del impacto de las TIC sobre la productividad.

Bibliografía

- Alam, S. y Noor, M. (2009). ICT adoption in Small and Medium Enterprises: an Empirical Evidence of Service Sectors in Malaysia. *International Journal of Business and Management*, 4: 112-125.
- Aral, S; Brynjolfsson, E y Wu, D. (2006). Which came first, IT or productivity? The virtuous cycle of investment and use in enterprise systems. *Twenty Seventh International Conference on Information Systems, Milwaukee 2006*
- Arvanitis, S. (2005) "Computerization, Workplace Organization, Skilled Labour and Firm Productivity: Evidence for the Swiss Business Sector", *Economics of Innovation and New Technology* 14: 225-249.
- Arvanitis, S., Loukis, E. (2011), 'Employee Education, Information and Communication Technology, Workplace Organization and Trade: A Comparative Analysis of Greek and Swiss Enterprises', *Information Economics and Policy*, 21: 43-61
- Atrostic BK y Nguyen SV (2005). *Computer Investment, Computer Networks, and Productivity*. Center for Economic Studies, US Census Bureau. Washington,
- Atrostic BK y Nguyen SV (2002). *Computer Networks and US Manufacturing Plant Productivity: New Evidence from the CNUS Data*. Center for Economic Studies, US Census Bureau. Washington,
- Bloom N, Sadun R y van Reenen J (2005). It ain't what you do it's the way that you do IT: testing explanations of productivity growth using US affiliates. Centre for Economic Performance, London School of Economics.
- Baumol WJ (1967) Macroeconomics of unbalanced growth: the anatomy of urban crisis. *American Economic Review* 57: 415-426
- Baumol WJ, Batey-Blackman SA, Wolff EN (1985) Unbalanced growth revisited: asymptotic stagnancy and new evidence. *American Economic Review*, 75: 806-817.
- Bosworth, B. y J.E. Triplett (2007) The early 21st century U.S. productivity expansion is still in Services. *International Productivity Monitor* 14: 3-24.
- Bresnahan, T.F. y M. Tranjtenberg (1995) "General purpose technologies "Engines of Growth"?", *Journal of Econometrics*, 65: 83-108.
- Bresnahan, T.F., Brynjolfsson, E. y L.M. Hitt (2002) "Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor: firm-level evidence, *The Quarterly Journal of Economics*, 117: 339-376.
- Brynjolfsson, E., Malone, T.W., Gurbaxani, V. y Kambil, A. (1994). Does Information Technology Lead to Smaller Firms?. *Management Science*, 40: 1628-1644.
- Brynjolfsson, E. (1993). The Productivity Paradox of Information Technology. *Communications of the ACM*, 36: 67-77.
- Brynjolfsson, E., & Hitt, L. (1996). Paradox lost? Firm-level evidence on the returns to information systems spending. *Management Science*, 42: 541-558.
- Brynjolfsson E. y Hitt L. (2003) "Computing Productivity: Firm-Level Evidence". *Review of Economics and Statistics*, 85: 793-808.
- Brynjolfsson, E.; Hitt L.M. (2000) "Beyond Computation: Information Technology, organizational Transformation and Business Performance". *Journal of Economic Perspectives*, 14: 23-48.
- Cainelli, G., Evangelista, R. and Savona, M. (2004) "The impact of innovation on economic performance in services", *Service Industries Journal*, 24: 116 - 130.

- Criscuolo C y Waldron K (2003). *E-Commerce and Productivity*. Economic Trends 600, UK Office for National Statistics.
- DANE, (2011) Metodología Encuesta Anual de Servicios – EAS. Dirección de Metodología y Producción Estadística – DIMPE. Bogotá, D.C.
- Dedrick, J., Gurbaxani, V., & Kraemer, K. L. (2003). Information technology and economic performance: a critical review of the empirical evidence. *ACM Computing Surveys*, 35: 1–28.
- Farooqui S (2005). *Information and Communication Technology Use and Productivity*. Economic Trends 625, UK Office for National Statistics.
- Gillett SE et al. (2006). Measuring broadband's economic impact, accessed online at www.eda.gov/PDF/MITCMUBBImpactReport.pdf.
- Greenan, N., J. Mairesse. 2000. Computers and productivity in France: Some evidence. *Economics of Innovation and New Technology*, 9: 275-315.
- Giuri, P; Torrissi, S y Zinovyeva, N. (2008). ICT, skills, and organizational change: evidence from Italian manufacturing firms. *Industrial and Corporate change*, 17: 29-64.
- Gutiérrez, Luis Hernando (2011). "ICT and labor productivity in Colombian manufacturing industry", en *ICT in Latin America: A microdata analysis*, editado por Balboni, M., S. Rovira, y S. Vergara. ECLAC-IDRC, Santiago de Chile.
- Hagén, H; Glantz, J. y Nilsson, M. (2008). ICT use, broadband and productivity. Yearbook on productivity 2008. Statistics Sweden.
- Klein, L.R. (1974). "Issues in Econometric Studies of Investment Behaviour." *Journal of Economic Literature*. 12:43-49.
- Koellinger P (2006). *Impact of ICT on Corporate Performance, Productivity and Employment Dynamics*. Special Report of the European Commission Enterprise & Industry Directorate General No. 01/2006, European e-Business Market Watch.
- Lau, L. (1986). "Functional Forms of Econometric Model Building." In Griliches, Z. And Intriligator, M.D. eds., *Handbook of Econometrics*, Vol. 3:1513-1566.
- Levy, M. y P. Powell (2000), 'Information systems strategy for small and medium sized enterprises: an organizational perspective,' *Journal of Strategic Information Systems*, 9: 63–84.
- Licht, G., D. Moch. 1999. Innovation and information technology in services. *Canadian Economic Review*, 32: 363-382.
- Lichtenberg, F. R. 1995. The output contributions of computer equipment and personnel: A firm-level analysis. *Economic of Innovation and New Technology*, 3: 201-217.
- Maliranta M y Rouvinen P (2003). Productivity effect of ICT in Finnish business. Discussion Paper No. 852, Research Institute of the Finnish Economy.
- Maroto, A. y L. Rubalcaba (2008). "Service productivity revisited" *The service Industries Journal* 28: 337-353.
- Maroto, A. y J.R. Cuadrado (2009). "Is growth of services an obstacle to productivity growth? A comparative analysis", *Structural Change and Economic Dynamics*, 20: 254-265.
- Maroto, A. (2010). "Crecimiento y productividad de las ramas de Servicios. El papel de las TIC", *Cuadernos de Economía*, 33: 99-132.
- Milgrom, P. y J. Roberts (1990), "The economics of modern manufacturing: technology, strategy, and organization" *American Economy Review* : 511-528.

- Milgrom , P. y J. Roberts (1995) "Complementarities and fit strategy, structure, and organizational change in manufacturing" *Journal of Accounting and Economics* 19: 179-208.
- Miozzo, M. y L. Soete (2001). Internationalization of Services: A Technological Perspective. *Technological Forecasting and Social Change* 67: 159-185.
- Morrison, C.J. y Berndt, E.R. (1990). Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in the U.S. Manufacturing Industries. National Bureau of Economic Research Working Paper #3582.
- Musolesi, A., J.P. Huiban (2010) "Innovation and productivity in knowledge intensive business services" *Journal of Productivity Analysis* 34: 63-81.
- Nurmilaakso, J. (2009). ICT solutions and labor productivity: evidence from firm-level data. *Electronic Commerce Research*, 9: 173-181.
- Roach, S.S. (1991). Services under Siege: The Restructuring Imperative. *Harvard Business Review*, Sept-Oct: 82-92.
- Sapprasert, K.2010. "The impact of ICT on the growth of the service industries" Working Papers on Innovation Studies 20070531 Centre for Technology, Innovation and Culture, University of Oslo, Revised Apr 2010.
- UNCTAD (2008). Measuring the impact of ICT use in business. The case of manufacturing in Thailand. United Nations.
- Triplett, J. y B. Bosworth (2003) Productivity Measurement Issues in Services Industries: "Baumol's Disease" Has Been Cured, *FRBNY Economic Policy Review*, 23-33
- van der Wiel, H, y G.e van Leeuwen, 2003. " Do ICT spillovers matter: evidence from Dutch firm-level data," CPB Discussion Paper 26, CPN Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.

ANEXOS

Anexo 1										
	Media	St.Dev	lval	L_KF_No TIC	L_KF_TIC	Edad	Cap_ext	% Empl_trans	Lwl	SumaTIC
llval	11.008	1.016	1							
L_KF_NoTIC	8.968	2.2233	0.6128*	1						
L_KF_TIC	7.38	1.8248	0.6195*	0.6333*	1					
Edad	2.895	0.51855		0.2055*	0.1326*	1				
Cap_ext	0.09	0.28652	0.0776*		0.0558*		1			
% Empl_trans	0.231	0.26612	-0.2868*	-0.2785*	-0.3253*	-0.0473*		1		
Lwl	9.846	0.56985	0.5534*	0.2223*	0.4784*	0.0970*	0.0823*	-0.2496*	1	
SumaTIC	2.205	0.89347	0.0819*	0.0511*	0.2034*	0.1191*	0.0510*	-0.0459*	0.2208*	1