



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA**

**ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA DE TELECOMUNICACIONES Y SU IMPACTO EN LA  
ECONOMÍA MEXICANA**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN ECONOMÍA**

**PRESENTA:**

**HÉCTOR EDUARDO DÍAZ RODRÍGUEZ**

**TUTOR:**

**DR. FIDEL AROCHE REYES**

**FACULTAD DE ECONOMÍA, UNAM**

**COMITÉ TUTOR:**

**DRA. LILIA DOMÍNGUEZ VILLALOBOS**

**FACULTAD DE ECONOMÍA, UNAM**

**DR. RAÚL VÁZQUEZ LÓPEZ**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, UNAM**

**DR. MARIO ALBERTO MORALES SÁNCHEZ**

**FACULTAD DE ECONOMÍA, UNAM**

**DR. SERGIO CARRERA RIVA PALACIO**

**INFOTEC**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, OCTUBRE 2017.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Economía el haberme dado la oportunidad de continuar con mi formación académica, de crecer intelectualmente y enseñarme que existe un camino para mejorar nuestra patria. Para la Institución, mi más profundo compromiso para retribuir sus enseñanzas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico otorgado a lo largo de los estudios de doctorado, apoyo sin el cual, la culminación de esta etapa no hubiera sido posible.

Al INEGI a través del laboratorio de microdatos por permitirme acceder a la información de la encuesta ENTIC, materia prima de este estudio.

Con infinita admiración a Miriam Sosa, por compartir conmigo tu inmenso amor, por tu paciencia, tus edificantes comentarios y enseñarme que recorrer este camino, es más bello y digno a tu lado.

Mi más sincero y profundo agradecimiento a mi Madre, Reyna Rodríguez Álvarez, porque con tu ejemplo, apoyo y amor, me has enseñado el más digno camino para seguir.

Con amor a Alejandro y Cruz Rodríguez, por estar ahí en el ejemplo y por seguir siempre aquí.

A mi hermana Nizarindani Díaz y a toda mi familia, gracias por su amor, comprensión y apoyo incondicional.

A Taiyari y a Dante, las razones más grandes para querer dejar un país mejor.

Agradezco enormemente al Dr. Fidel Aroche Reyes, director de esta tesis. Gracias por su tiempo y compartir su conocimiento.

A los Doctores Mario Alberto Morales, Lilia Domínguez, Raúl Vázquez y Sergio Carrera, sinodales de esta tesis, por sus valiosos comentarios y correcciones que contribuyeron enormemente al enriquecimiento de esta investigación; para ustedes, sinodales y maestros, mi más profundo respeto y compromiso académico.

Estoy convencido de que la mejor manera de mostrar mi enorme gratitud con los aquí mencionados, es contribuyendo de alguna manera con el desarrollo de nuestra patria; ahora, vuelco mis esfuerzos a ello.

## Contenido

Impacto de las TIC en el crecimiento económico de México .....	6
Introducción .....	6
Capítulo 1. Revisión de la literatura .....	12
1.1 Definición de desempeño económico y de impacto .....	12
1.2 Tecnología y crecimiento económico; primeros estudios.....	13
1.3 Las TIC y su impacto en la actividad económica. Revisión de la literatura.....	16
1.3.1 Estudios a nivel microeconómico. ....	17
1.3.2 Estudios a nivel de industria.....	22
1.3.2.1 Estudios desde la perspectiva del uso en industrias .....	24
1.3.2.2 Estudios desde la perspectiva de la producción de TIC .....	26
1.3.3 Estudios a nivel macroeconómico.....	30
1.4 Importancia de las capacidades como factor de cambio productivo .....	45
1.5 Crítica al papel de los estudios de TIC .....	47
1.6 No solo es infraestructura; desmitificar el papel de las TIC en la productividad .....	49
Capítulo 2. Definición de TIC, fuentes de información y metodología .....	54
2.1 Debate en torno a la definición de TIC.....	55
2.1.1 Definición de TIC.....	57
2.2 Disponibilidad y selección de información .....	60
2.2.1 Encuesta sobre Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (ENTIC) 63	
2.2.2 Características de la encuesta.....	64
2.2.2.1 Marco de la encuesta .....	65
2.2.2.2 Tipo de muestreo .....	66
2.2.2.3 Tamaño de la muestra.....	66
2.2.2.4 Información por subsector y tamaño .....	66
2.2.3 Selección de variables y construcción de conceptos .....	68
2.2.3.1 Infraestructura TIC .....	69
2.2.4 Capacidades.....	70
2.2.4.1 Capacidades tecnológicas .....	71
2.2.4.2 Capacidades organizacionales.....	73
2.2.4.3 Capacidades como determinantes del aprovechamiento .....	74
2.2.4.3.1 Cálculo del índice de uso y aprovechamiento .....	76

2.3 Metodología .....	81
2.3.1 Análisis Factorial .....	82
2.3.2 Análisis de conglomerados .....	85
2.3.3. Análisis de regresión.....	87
2.3.4 Redes Neuronales Artificiales .....	88
2.3.1 Perceptron Multicapa .....	92
2.3.4.2 Entrenamiento de las neuronas en una RNA.....	94
Capítulo 3. Análisis empírico .....	97
3.1 Análisis a nivel de subsector.....	106
3.1.2 Análisis Factorial por subsector .....	106
3.1.1 Análisis de conglomerados.....	113
3.2 Segmentación por tamaño de empresa.....	120
3.2.1 El tamaño de empresa como factor de diferenciación.....	121
3.2.2 Comparación de factores por tamaño de empresa.....	125
3.3. Tamaño 1; De 10 a 50 empleados.....	128
Características del segmento .....	128
3.3.1 Análisis factorial, tamaños 10 a 50 empleados .....	129
3.3.2 Análisis de conglomerados, Tamaño de 10 a 50 empleados.....	132
Cluster 1. Disponibilidad TIC y capacidades bajas; actividades rezagadas .....	135
Cluster 2. Clúster de infraestructura y usos.....	136
Cluster 3. Clúster de alto uso tecnológico sin recursos humanos.....	137
Cluster 4. Clúster de altos recursos humanos .....	138
3.4. Tamaño 2; De 51 a 250 empleados.....	139
Características del segmento .....	139
3.4.1 Análisis factorial, tamaños 51 a 250 empleados .....	140
3.4.2 Análisis de conglomerados, tamaño 51 a 250 empleados.....	143
Cluster 1. Clúster de Bajo uso de TIC .....	145
Cluster 2. Clúster de alto uso de nuevas tecnologías y capacidades TIC.....	146
Cluster 3. Clúster de altos recursos humanos .....	147
Clúster 4. Clúster de alto uso tecnológico, innovación y capacidades TIC.....	147
3.5. Tamaño 3; Mayor a 250 empleados.....	148
Características del segmento .....	148

3.5.1	Análisis factorial, empresas de más de 250 empleados .....	149
3.5.2	Análisis de conglomerados, tamaño mayor a 250 empleados.....	152
	Cluster 1. Altos recursos humanos y uso avanzado de nube .....	153
	Cluster 2. Alta innovación, nuevas tecnologías y habilidades TIC .....	154
	Cluster 3. Uso medio de nube.....	155
	Cluster 4. Alta infraestructura y uso de TIC.....	155
3.6	Análisis econométrico.....	156
3.6.1	Tamaño 10 a 50 empleados. Evaluación del impacto de los factores estimados sobre la productividad laboral .....	157
3.6.2	Tamaño de 51 a 250 empleados. Evaluación del impacto de los factores estimados sobre la productividad laboral .....	161
3.6.3	Tamaño más de 250 empleados. Evaluación del impacto de los factores estimados sobre la productividad laboral .....	163
3.7	Redes Neuronales Artificiales.....	171
3.7.1	Estimación del modelo de RNA .....	173
3.7.1.1	Características de la estimación de RNA .....	173
3.7.1.2	Resumen de procesamiento de casos .....	174
3.7.1.3	Capa de entrada .....	175
3.7.1.4	Capas ocultas.....	176
3.7.1.5	Capa de salida.....	177
3.7.1.6	Diagrama de RNA.....	178
3.7.1.7	Resultados del modelo de RNA .....	179
3.7.1.8	Importancia de las variables y análisis de los resultados .....	182
3.8	Discusión de los resultados.....	190
	Limitantes del estudio .....	196
	Futuras agendas de investigación.....	200
	Conclusiones .....	201
	Referencias bibliográficas .....	206
	Apéndice 1. Comparación de integración de TIC por tamaño de empresa .....	216
	Apéndice 2. Heteroscedasticidad.....	220
	Apéndice 3. Comparación de modelo de RNA con y sin exportaciones .....	221

# Impacto de las TIC en el crecimiento económico de México

*“Cuando veas un gigante, examina antes la posición del sol; no vaya a ser la sombra de un pigmeo”*

**Novalis.**

## Introducción

En los últimos 20 años, las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han adquirido una importancia fundamental para explicar los cambios en la productividad de las economías alrededor de todo el mundo. Esta mayor relevancia se ha manifestado en dos frentes; el primero de ellos, es la práctica económica. El segundo, es la interpretación que la teoría económica ha hecho de la adopción generalizada de este tipo de tecnologías, al grado de considerar la existencia de una nueva economía, cuyo motor de crecimiento son las TIC.

En la actualidad un porcentaje muy alto de empresas, tanto en países desarrollados como en desarrollo, tiene acceso a computadoras, teléfonos, internet y una serie de tecnologías de reciente desarrollo y cuya adopción se ha dado de manera generalizada. Si bien, existen diferencias de grado en los niveles de adopción de TIC entre empresas, industrias y economías, en años recientes, esos niveles han tendido a igualarse, como, por ejemplo, sucede en el caso del acceso a telefonía fija, telefonía móvil, computadoras e internet; a pesar de ello, las diferencias en la productividad de los distintos grupos tienden a mantenerse, e incluso a profundizarse.

La teoría económica ha hecho una interpretación del fenómeno; diversos estudios, principalmente realizados en economías desarrolladas, han resaltado el papel que las TIC han tenido en las variaciones de la productividad, destacando el doble carácter de estas para potenciar variaciones en la misma; primero, como cualquier otro tipo de capital al incrementar la relación de capital por trabajador y, segundo, e incluso más importante, la capacidad que estas

tecnologías poseen, para transformar procesos productivos y de negocio, al modificar la propia estructura y formas de organización de la producción.

En esta dirección, la teoría económica (o al menos una parte muy importante de ella), ha encontrado un vínculo directo entre uso de TIC y cambios en la productividad.

Desde la perspectiva del presente estudio de tesis, esa interpretación es parcial e incompleta, ya que ignora una serie de factores que son determinantes en el aprovechamiento tecnológico; desde este punto de vista, es necesario estudiar cuáles son los factores que inciden en el aprovechamiento de las TIC y su relación (o falta de la misma) con el crecimiento de la productividad.

En esta dirección, el presente estudio de tesis tiene como objetivo determinar el vínculo que existe entre el uso de TIC y la productividad en México; este objetivo general se segmenta en dos objetivos secundarios:

1. Establecer cuáles son los factores que influyen y determinan en última instancia, el impacto de las TIC sobre la productividad en México
2. Abonar a la discusión teórica en torno al papel que las TIC juegan en el crecimiento de la productividad

La hipótesis es que si bien, las TIC representan una condición necesaria del crecimiento de la productividad, por sí solas no son suficientes para inducir cambios en la misma. Para que este efecto ocurra, se requiere de la existencia de un conjunto de capacidades por parte de las empresas, entre las que destacan la escolaridad y habilidades de la mano de obra y el grado de madurez de las organizaciones para incorporar esas tecnologías dentro de sus procesos productivos y de negocio; sin ese conjunto de capacidades, el potencial de cambio de este conjunto de herramientas tecnológicas, se vuelve en el mejor de los casos estéril.

Una segunda hipótesis es que existen diferencias importantes en la distribución de aquellas capacidades entre los distintos tamaños de empresa, por lo que, un factor determinante del vínculo capacidades, TIC y productividad es el tamaño

de organización. Para alcanzar los objetivos planteados, la tesis se estructura de la siguiente manera:

En el capítulo primero, se hace una revisión de la literatura económica que analiza el papel que las TIC tienen sobre el crecimiento económico en general, y con el de la productividad en particular; esta revisión se plantea en forma de discusión teórica en tres niveles; el primero de ellos, a nivel de empresa, el segundo a nivel de industria y el tercero a nivel de economías en su conjunto.

Esta revisión permite establecer que si bien, no existe un consenso de la magnitud del impacto de las TIC sobre la productividad y el crecimiento económico, parece existir cierto acuerdo en que ese impacto existe, y que, de hecho, ha jugado un papel muy relevante en el crecimiento de la productividad de los países desarrollados (e industrias y empresas al interior de ellas) en años recientes.

Derivado de lo anterior, organismos internacionales encargados de promover la cooperación y el crecimiento económico alrededor del mundo, recomiendan ampliar la infraestructura TIC disponible en los países en desarrollo, como la manera más viable de reducir las brechas de crecimiento y desarrollo entre ambos grupos de países.

Dado que, desde nuestro punto de vista, esa perspectiva ignora las condiciones iniciales y los factores que determinan un uso adecuado y productivo de esas tecnologías, se realiza una propuesta teórica que complementa, corrige y ensancha, la manera en la que el vínculo TIC-productividad es concebido; esta propuesta teórica, permite diferenciar las condiciones iniciales y los factores que determinan un impacto diferenciado de la tecnología sobre la productividad.

En el capítulo segundo, se hace una revisión del concepto de Tecnologías de la Información y Comunicación y del debate en torno a él. Al no existir una definición única y precisa, se realiza una propuesta de definición del término, y se desarrolla una taxonomía del mismo.

Posteriormente, se analiza la información disponible, tanto a nivel internacional como con fuentes de desarrollo nacional, con la intención de evaluar la que

representa la más adecuada, en función de la definición y taxonomía propuestas. De esta manera, se elige la Encuesta sobre el Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los Negocios (ENTIC), desarrollada por INEGI, por ser la más adecuada en términos de los objetivos del estudio y la cantidad de información contenida en ella.

En el capítulo tercero, se establecen las metodologías que permiten contrastar la propuesta teórica en distintos niveles de agregación. De esta manera, se proponen 4 metodologías, que, si bien difieren de manera importante entre sí, se complementan en el análisis y permiten contrastar de manera sólida la hipótesis planteada.

La primera es el análisis factorial; esta técnica permite encontrar dimensiones estructurales de características comunes que los datos poseen, posibilitando trabajar con un conjunto menor de variables, colapsadas en "factores", que representan a las variables originales que se encuentran relacionadas entre sí.

La segunda de las metodologías propuestas, es el análisis de conglomerados, que permite analizar el comportamiento de las unidades de observación en términos de sus similitudes. Este análisis posibilita el entendimiento de patrones no visibles de primera instancia, y cómo se relacionan esos patrones con la productividad laboral.

El análisis factorial permite agrupar variables relacionadas entre sí, mientras que el análisis de conglomerados posibilita analizar el comportamiento de las unidades de estudio en función de los factores obtenidos; sin embargo, ninguna de las dos permite medir el impacto de esos factores sobre la productividad, por lo que, de manera complementaria, se realiza un análisis econométrico como tercera metodología, que permite determinar si existe o no, impacto de las variables analizadas sobre la productividad laboral, así como medir la magnitud del mismo.

En conjunto, los tres análisis (factorial, de conglomerados y econométrico), permiten someter a contraste la hipótesis del estudio, tanto a nivel de la economía en su conjunto (nivel macroeconómico), como a nivel de actividades

económicas o subsectores para diferentes tamaños de empresa (nivel de industrias). Para complementar el análisis, se desarrolla un modelo que permite validar la relación teórica propuesta a nivel de la empresa (nivel microeconómico); este modelo es el de Redes Neuronales Artificiales (RNA), que posibilita el entendimiento de la relación que existe entre las variables propuestas con la productividad laboral, mediante la simulación del proceso de aprendizaje del cerebro humano.

Los resultados muestran que las 4 metodologías utilizadas, se complementan de manera importante en el contraste de la hipótesis en los distintos niveles de análisis (macroeconómico, industrial y microeconómico).

En el capítulo 4, se analizan los resultados obtenidos mediante la aplicación de las metodologías descritas a los datos de la encuesta ENTIC. Los resultados del análisis factorial muestran la conformación de 4 factores; el primero, relacionado con la disponibilidad y uso de TIC; el segundo, con las capacidades de la fuerza laboral, mientras que el tercero describe capacidades de innovación y el cuarto se vincula con el uso de nube y otras tecnologías.

Los resultados de los coeficientes factoriales obtenidos, fueron utilizados para el análisis de conglomerados, que muestra que la conjunción de los factores de tecnología y capacidades de la fuerza laboral, van acompañados de altos niveles de productividad; por separado, si bien se pueden encontrar escenarios de productividad alta con la presencia de uno solo de esos factores, en ninguno de los casos esta es más alta que cuando se combinan ambos.

El análisis econométrico valida la existencia de una relación estrecha entre las variables explicativas y la productividad laboral; la importancia de cada una de estas variables, varía con el tamaño de empresa; a medida que las empresas son más grandes y productivas, las capacidades de la fuerza de trabajo adquieren mayor relevancia.

Por su parte, el análisis de redes neuronales, permite validar a nivel de empresa, la relación econométrica encontrada a nivel de tamaño/subsector; la variable más importante para explicar la productividad, es el grado de vinculación con el

sector externo, mientras que las capacidades de la fuerza laboral se ubican en segundo lugar y la tecnología en tercero. Los resultados obtenidos, permiten corroborar de manera razonablemente sólida, la hipótesis planteada.

Por último, se ofrecen las conclusiones derivadas del análisis, se contempla una agenda de futuros estudios dadas las limitaciones en términos alcance del estudio, y se ofrecen algunas posibles opciones de política pública.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta una investigación de naturaleza tan amplia como la aquí presentada, es la heterogeneidad de actividades económicas que analiza. Si bien, es posible identificar entre todas ellas, patrones y guías generales de comportamiento, las particularidades que establece el ámbito individual en cada una de ellas, genera que las conclusiones generales pierdan fortaleza para entender la especificidad de la actividad económica. Por ello, habrá conjuntos de actividades para los cuales las conclusiones obtenidas a nivel general sean más válidas para entender las fuentes y determinantes de la productividad, y otras para las cuáles, aquellos determinantes sean más (o menos), complejos y por lo tanto, el modelo general menos preciso para entender su desempeño.

A lo anterior, hay que sumar una serie de limitantes (mencionados en la sección de limitaciones) tanto de las fuentes de información utilizada, como de las propias metodologías, que condicionan el cumplimiento general de los modelos establecidos. Para disminuir los efectos de tratar con unidades de estudio tan heterogéneas, se analiza la información con diferentes niveles de agregación y metodologías complementarias, que tienen como objetivo entender desde diferentes aristas, el problema de estudio planteado.

# Capítulo 1. Revisión de la literatura

## OBJETIVO CAPITULAR

El objetivo del presente capítulo consiste en delimitar, el estado del arte en la materia de estudio de la presente tesis; en primera instancia, esta revisión posibilita alcanzar los siguientes objetivos:

1. Delimitar y definir los conceptos más importantes que serán utilizados a lo largo del desarrollo del estudio.
2. Conocer y entender la forma específica en la cual, la economía se ha aproximado al estudio del cambio tecnológico en general
3. Conocer las teorías, aproximaciones metodológicas, datos utilizados, conclusiones y opciones de política pública, mediante los cuales, se ha desarrollado el estudio del impacto de las TIC
4. Establecer las similitudes y diferencias que la presente tesis, guarda con los estudios desarrollados hasta el momento y exponer y proponer una forma de abordar lo que, desde la perspectiva de este estudio, constituye una omisión del estado del arte en la materia.

## 1.1 Definición de desempeño económico y de impacto

### Desempeño económico

El concepto de desempeño económico es una de las nociones más utilizadas en la literatura económica. Esta amplia utilización ha dado origen a un número igualmente extenso de definiciones relacionadas, que varían de acuerdo al nivel de estudio en las que estas se originan, las variables que se consideren, etc.

Sin embargo, en la mayoría de los casos el desempeño económico ha sido relacionado con la noción de crecimiento económico<sup>1</sup>. Si bien, este crecimiento

---

<sup>1</sup> Al lado del concepto de crecimiento económico, existe una amplia gama de factores que de manera corriente son asociados con el desempeño económico, como la estabilidad de precios de una economía, la distribución del ingreso al interior de las mismas, etc.

económico también puede ser interpretado de diferentes maneras, atendiendo al nivel de análisis que se realice (Dedrick, Gurbaxani, y Kraemer, 2003), en términos macroeconómicos, el crecimiento económico se refiere al aumento de la cantidad de bienes y servicios producidos en una economía. La medida más utilizada para medir este crecimiento es la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto real de la economía.

De esta manera, en lo sucesivo nos referiremos a impacto de las TIC en el crecimiento económico, como los cambios que genera cualquiera de los elementos del conjunto de bienes y servicios tecnológicos que integran a las TIC, sobre la tasa de crecimiento del producto interno bruto real, mediante los mecanismos que se describen en la siguiente sección.

El objetivo del presente capítulo es realizar una revisión lo más extensa posible, sin con ello pretender que sea total, de la literatura escrita relacionada con el tema de tesis; esta revisión habilitará, por una parte, el entendimiento de las teorías, conceptos, aportaciones y estado del arte en los temas relacionados con la materia; por otra parte, , así como entender , por un lado, lo existente con respecto al tema y por el otro y aún más importante, los faltantes teóricos y metodológicos que existen y en esa dirección, dimensionar la aportación que se pretende realizar mediante el presente estudio.

## **1.2 Tecnología y crecimiento económico; primeros estudios**

Una de las aproximaciones más utilizadas para analizar los factores que determinan el crecimiento por el lado de la oferta, es la conocida *contabilidad del crecimiento*, idea derivada de los estudios realizados por Robert Solow (1957), quien fue uno de los primeros economistas en aplicar los principios microeconómicos neoclásicos a la visión macroeconómica, tomando como base el modelo de crecimiento de Harrod. Desde este punto de vista, el crecimiento económico es visto exclusivamente desde el punto de vista de la oferta de

factores productivos y la productividad, mide el grado de eficiencia con la que esos factores son utilizados en el proceso de producción.

Cabe resaltar la importancia del modelo de Solow como el primer modelo de crecimiento macroeconómico que incorpora el papel de la tecnología en una función de producción. Durante muchos años, este modelo constituiría el marco analítico por excelencia a partir del cual se estudiaría el crecimiento económico.

El modelo de Solow contempla la existencia de dos factores productivos, capital y trabajo, que se combinan en distintas proporciones, dada la tecnología, para producir de acuerdo a una función de producción Cobb - Douglas con rendimientos constantes a escala y decrecientes en cada uno de los factores:

$$Y(t) = K(t)^\alpha [A(t)L(t)]^{1-\alpha} \quad \dots(1)$$

Donde:

$Y(t)$  = Producto

$K(t)$  = Capital

$L(t)$  = Trabajo

$\alpha$  = Participación del capital en el producto total

$1-\alpha$  = Participación del trabajo en el producto total

$A(t)$  = Nivel de tecnología asociado al factor trabajo.

De esta forma, el crecimiento de la economía estará en función del crecimiento de los factores K y L y de la productividad con la que estos sean usados. El capital tiene rendimientos marginales decrecientes, lo implica que entre mayor sea la acumulación de capital, el incremento en el producto es proporcionalmente menor al crecimiento del capital<sup>2</sup>. Esto en el largo plazo implica convergencia en el nivel de producto de los países.

---

<sup>2</sup> Esto ocurrirá siempre que la tasa de crecimiento de la población sea inferior; si el capital crece a la misma tasa que la población, el capital por trabajador permanece constante y la tasa de crecimiento de la economía igual a ambas.

Dado que el crecimiento de la población permanece exógenamente determinado, el factor que hace crecer la economía es la inversión, que, a su vez, se encuentra determinada como una proporción fija del ahorro nacional.

A pesar de ser un modelo que incorpora el papel de la tecnología como un factor de crecimiento, el modelo de Solow no explica las causas ni fuentes del cambio tecnológico. En el modelo, el nivel de la tecnología es una variable latente no observada que se postula de ordinario para inferirla de los datos en forma marginal. De esta forma, si los factores productivos crecen en una proporción  $\Delta$ , y el producto obtenido se incrementa en una proporción mayor a  $\Delta$ , ese crecimiento es explicado por un cambio tecnológico que permitió que la combinación de factores productivos fuera más eficiente. Sin embargo, las causas que motivaron la existencia del cambio tecnológico, así como los efectos del mismo (más allá del incremento en el volumen de producto), no son explicados en el modelo de Solow. Dadas esas limitaciones, el modelo neoclásico de crecimiento no es capaz de explicar el papel que la tecnología, en general y en particular las TIC, juegan en el crecimiento de la productividad.

Posteriores autores, de manera resaltada Romer (1987) y Sala-i-Martin (2000), proponen una modificación del modelo tradicional neoclásico; mediante el análisis de diversas economías, encuentran que una parte de ese crecimiento económico no explicado por el crecimiento de los factores<sup>3</sup>, proviene de fuentes "endógenas", dentro de las cuales, la más importante es la inversión en educación y capacitación de la fuerza de trabajo (inversión en capital humano). Así, la inversión no solo en capital físico, sino también la educación de la fuerza de trabajo, se convierte en un factor determinante que acelera el cambio tecnológico de las economías.

Desde esa perspectiva, la tasa de crecimiento económico puede ser acelerada, entre otros, por los siguientes factores:

- 1) Por el uso de una cantidad mayor de factores productivos (trabajo y capital)

---

<sup>3</sup> Este crecimiento es conocido como el residuo de Solow.

- 2) Por cambios en la calidad de los insumos utilizados
- 3) Por cambios en la productividad de los factores.

Como será analizado en la siguiente sección, una de las aproximaciones más utilizadas para abordar el papel que las TIC juegan en el crecimiento económico es el de cambios inducidos por variaciones en la productividad de los factores.

### **1.3 Las TIC y su impacto en la actividad económica. Revisión de la literatura**

Habiendo definido los conceptos de desempeño y crecimiento económico que serán utilizados en el presente estudio, a continuación, se da seguimiento al conjunto de estudios realizados en la materia, analizando el cambio inducido por el conjunto de bienes y servicios TIC, en tres niveles; a nivel microeconómico (o de la empresa), a nivel de industria y a nivel macroeconómico (o de la economía en su conjunto). Este seguimiento habilitará el entendimiento tanto de la manera en la que se producen estos impactos, de la forma en la que se transmiten de un nivel a otro, así como de la forma en la que la economía ha estudiado estos impactos.

Desde el origen, los estudios realizados para analizar el impacto de las TIC sobre el crecimiento económico han utilizado el modelo de crecimiento de Solow (1957) como la principal herramienta de interpretación de ese impacto, ya que, por las propias características del modelo, permite descomponer el crecimiento, tanto en los factores que lo originan (capital, trabajo o un uso más eficiente de las combinaciones de ambos), como el tipo de capital (TIC o no TIC) que lo genera.

De manera adicional, los estudios realizados desde esta perspectiva han hallado la existencia de factores complementarios que facilitan las inversiones en TIC, con independencia del nivel en el que estos se estudien; a nivel de la empresa estos factores abarcan desde cambios en la organización hasta la toma de decisiones (Brynjolfsson, 1996; Bresnahan, 1997), a nivel de la industria, generándose cambios en la organización industrial (Melville, 2001), y a nivel de

la economía en su conjunto, estos cambios se pueden generar en políticas gubernamentales, decisiones de inversión en capital humano, y cambios en la estructura sectorial de la economía (Katz, 2009).

Sin embargo, a pesar de ser el punto de partida más utilizado en la literatura económica para analizar el impacto de las TIC sobre el crecimiento económico, existen perspectivas distintas al modelo de Solow (Hunter, 2004; Avgerou, 2010; Thompson, 2004; Carmel, 2003), que ponen en tela de juicio desde la propia concepción de la contabilidad del crecimiento como elemento teórico válido, hasta los resultados de los estudios que la utilizan, dada la parcialidad de sus conclusiones.

A continuación, se desarrollan los planteamientos específicos de una y otra perspectiva y se hace una revisión de los estudios desarrollados para cada una de ellas, para posteriormente presentar la perspectiva del presente estudio de tesis, que no coincide con las anteriores; para ello, se analizan los trabajos desarrollados agrupándolos en tres niveles de estudio, a saber, microeconómico, a nivel de industria y macroeconómico; el análisis de los resultados de cada uno de los niveles de estudio, permite revisar las contribuciones e impactos de las TIC sobre el crecimiento económico a nivel de empresa, de industria y de las economías en su conjunto.

### **1.3.1 Estudios a nivel microeconómico.**

Una parte importante del debate del papel de las TIC en el crecimiento se genera de manera agregada, es decir, a nivel macroeconómico, ya sea para el conjunto de la economía o bien, para sectores dentro de la misma; sin embargo, las decisiones de inversión en TIC son tomadas a nivel microeconómico, es decir, de las organizaciones individuales.

Si bien, la productividad es un criterio de evaluación de las inversiones TIC ampliamente utilizado, particularmente a nivel macroeconómico, los encargados de realizar las inversiones utilizan otros criterios de evaluación, como la rentabilidad, la participación de mercado, los márgenes de ganancia, mejoras en

la calidad de lo producido, entre muchos otros, para justificar la realización de este tipo de inversiones (Dedrick, 2003).

Con la finalidad de entender el impacto que las TIC tienen a nivel de la empresa, resulta útil comenzar con el análisis de los impactos cualitativos que las TIC generan en el proceso de producción de las organizaciones. En este sentido, las investigaciones realizadas a este nivel, permiten distinguir entre dos aspectos de impacto; por un lado, la automatización de procesos y la mejora en la calidad de la información generados por el uso de las TIC<sup>4</sup>, y por el otro la calidad que tienen las TIC para transformar procesos productivos<sup>5</sup>.

El impacto de las TIC en la automatización de procesos, ocurre cuando se sustituye trabajo por capital (este fenómeno también se conoce como aumento en el capital por trabajador). Dedrick (2003), lo analiza de la siguiente manera:

Por ejemplo, un cajero en una tienda de menudeo, que utiliza una computadora y un scanner para procesar información de lo vendido en menos tiempo. El impacto de la mejora en la información es el que permite a los trabajadores y gerentes tomar decisiones de manera más efectiva. La introducción de ese sistema permite generar información, por ejemplo, de inventarios. Más allá de ese primer cambio, la transformación del proceso se genera cuando una empresa re diseña el proceso de inventarios para mejorar su cadena de suministros y reducir la cantidad de mercancías que tiene en almacén. (p. 5)

Una diferencia fundamental entre las inversiones en TIC y otro tipo de capital, es el doble papel que las TIC pueden jugar en las empresas; primero, como cualquier otro tipo de capital, las TIC pueden ser usadas directamente como una tecnología de producción que permite mejorar la productividad laboral; segundo, como elemento transformador de los procesos productivos.

---

<sup>4</sup> En este sentido, el papel que juegan las TIC es idéntico al que se desprende de la inversión en cualquier tipo de capital.

<sup>5</sup> Aquí, las TIC difieren de cualquier otro tipo de inversión en capital, como será analizado más adelante.

Un conjunto de investigaciones (Bresnahan, 1997; Gurbaxani y Whang, 1991; Malone, Yates, y Benjamin, 1989; Hollenstein, 2004; Capel y Bosch, 2004; Inklaar, O'Mahony y Timmer, 2005; Bayo-Moriones y Lera-López, 2007; Carrera Portugal 2010; Tödtling, Grillitsch, y Höglinger, 2012; Peppard y Ward, 2016) han destacado el impacto del segundo elemento es incluso mayor, ya que representan un conjunto de tecnologías capaces de habilitar importantes cambios en los procesos de negocio, tanto al interior de las organizaciones como entre las mismas. En este sentido, este conjunto de investigaciones atribuye a las TIC el valor de potenciar cambios en los procesos de negocio, y con ellos, en la productividad multifactorial.

Los primeros estudios desarrollados en este sentido en la década de los ochenta, no encontraron una conexión directa entre las inversiones en TIC y el crecimiento de la productividad, tanto si se analizaba a nivel de empresa, de industria o de la economía en su conjunto (Dedrick et al., 2003). Esta aparente falta de conexión entre las inversiones en TIC y el crecimiento de la productividad, dio origen a la llamada paradoja de la productividad, que estimuló nuevas investigaciones (tanto con series más largas y confiables, como con métodos más refinados), entre las que destacan las realizadas por (Brynjolfsson y Hitt, 1996; Bresnahan, 1999; Jorgenson y Stiroh, 2000). Este conjunto de estudios revela la existencia de un cambio importante en la productividad, generado por el uso de TIC.

Muchos de los estudios tempranos (mediados de la década de los noventa) que encontraron crecimientos de la productividad relacionados con el uso de TIC, comenzaron a realizarse a nivel de empresa (Brynjolfsson, 1993; Brynjolfsson et al., 1996; Bresnahan, 1997; Lichtenberg, 1995). Este conjunto de estudios comenzó utilizando series de datos de inversión en TIC de corporaciones estadounidenses, provenientes de consultoras privadas, mediante el uso de técnicas econométricas de series de tiempo.

La conjunción de estos datos y técnicas econométricas, permitió relacionar el valor agregado generado en las empresas estudiadas, con los factores productivos vinculados, es decir, inversiones en capital (tanto TIC como no TIC),

y trabajo (horas de trabajo), y estimar el producto marginal y la elasticidad del producto con respecto a inversiones en TIC (Dedrick et al., 2003; Gordon, 2000).

Estos estudios explicaban los resultados divergentes con respecto a aquellos que dieron origen a la paradoja de la productividad, en función de dos factores; el primero es el uso de series de datos más confiables y extensas (que antes no estaban disponibles); el segundo es que las empresas fueron aprendiendo como usar de manera más eficiente los activos TIC (Brynjolfsson y Hitt, 2000). De esta manera, las mayores inversiones en TIC para esas empresas permitieron, por un lado, una mayor relación de capital TIC por trabajador y por el otro, mediante el aprendizaje<sup>6</sup> y un uso más eficiente de esos activos TIC, un crecimiento de la productividad multifactorial.

Otros estudios han sido desarrollados para economías distintas a la norteamericana; Greenan y Topiol-Bensaid (2001) estudian el impacto de las TIC en algunas firmas de la economía francesa, y encuentran un resultado similar que las investigaciones de Bresnahan (1997) y Lichtenberg (1995) para la economía norteamericana.

En oposición a estos resultados, Lal (2001) realiza un estudio para la economía india y no encuentra relación entre las inversiones en TIC y la productividad en la industria textil de ese país; el contraste de los resultados entre los estudios realizados para empresas ubicadas en economías desarrolladas y en desarrollo tiende a ser generalizado, como lo demuestran Dewan y Kraemer (2000) y Pohjola (2001), que encuentran evidencia de que a nivel de empresa, las TIC tienden a generar cambios en la productividad en países desarrollados, pero no en países en vías de desarrollo.

Dewan et al., (2000) y Pohjola (2001), encuentran el trasfondo de esos contrastes en las diferencias en los costos de la mano de obra entre ambos grupos de países; en los países en vías de desarrollo, los costos laborales tienden a ser bajos, mientras que los costos de acceso a capital son altos, lo que hace

---

<sup>6</sup> (Brynjolfsson y Hitt, 2000), estiman que el periodo de aprendizaje en el uso de activos TIC para las empresas estudiadas, fue de entre 5 y 7 años.

relativamente más costoso la sustitución de capital por trabajo (es decir, una mayor relación de capital por trabajador). Lo contrario ocurre en los países desarrollados. Este punto de vista, como será analizado de manera detallada más adelante, difiere diametralmente del presentado en el presente estudio de tesis, en donde las diferencias del impacto de las TIC entre países y actividades económicas, se explican más por los distintos niveles de educación de la mano de obra, el distinto grado de madurez de las empresas existentes entre ambos grupos, y a la distinta composición sectorial.

En la misma dirección, BID, CEPAL, OEA (2011), afirman que, a nivel de las empresas, se requiere de un proceso de maduración en el uso de TIC, que pasa de la simple utilización con impactos productivos no significativos, hasta el uso y aprovechamiento que transforma sus procesos productivos, de negocio y de toma de decisiones. Desde esta perspectiva, la incorporación de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la dinámica de las empresas “se realiza en cuatro etapas a lo largo de un sendero evolutivo, relacionado íntimamente con el tamaño y madurez de las empresas de las economías” (p. 89).

1. Las empresas tienen problemas para acceder a las TIC. Predominan las micro y pequeñas empresas, en particular las informales.
2. Las empresas se concentran en la generación de la información y su manejo básico. Una parte de las empresas informales se han formalizado; predominan las pequeñas y medianas empresas.
3. Analizan esa información para la toma de decisiones. Una parte importante de la producción es realizada por empresas medianas y grandes.
4. Articulan esas tecnologías y las aprovechan en la organización y en la producción, avanzando en innovación. Este proceso implica niveles cada vez mayores de productividad, fundamento de la competitividad, y mayores salarios. Existencia de un número importante de grandes empresas.

De esta manera, como la mayoría de las empresas en los países en vías de desarrollo se encuentran en la etapa inicial de madurez, el impacto sobre el crecimiento de las mismas, y a nivel agregado en esas economías tiende a ser en el mejor de los casos, bajo.

### **1.3.2 Estudios a nivel de industria**

Si bien, las inversiones en TIC son realizadas a nivel de empresa, y su uso se da prioritariamente en ese nivel, mucha de la investigación realizada sobre el impacto de estas tecnologías se ha realizado a nivel agregado, ya sea de industrias en específico o bien, de la economía en su conjunto. Este tipo de investigación, ha permitido arrojar luz sobre el impacto que el uso de TIC genera a nivel agregado, pero también, ha permitido la introducción de debates paralelos entorno al impacto que la producción de este tipo de tecnologías tiene sobre la estructura industrial, la productividad, el bienestar de las sociedades e incluso, si es posible que la producción de las mismas sea capaz de fomentar un crecimiento económico más acelerado. Pero no solo eso, sino que incluso ha posibilitado la rehabilitación de discusiones acerca del papel de la regulación en este sector y su relación con la economía.

De manera particular, surgen importantes distinciones entre los análisis a este nivel, e incluso las metodologías utilizadas para realizarlos, cuando se trata de distinguir entre los impactos generados en el uso y aquellos que se generan cuando estas tecnologías son producidas. Mientras que, en los primeros, los impactos se generan principalmente en cambios en la productividad, ya sea mediante la vía de un mayor y mejor capital por trabajador, o bien, mediante un crecimiento en la productividad multifactorial (como ha sido analizado en la sección anterior), cuando se trata de sectores o países que producen TIC, el análisis adquiere dimensiones completamente distintas.

En este sentido, gran parte del análisis realizado a nivel sectorial, divide a la economía en dos sectores; por un lado, se encuentra el sector usuario de TIC, el cual incluye a todos los sectores de la economía que utilizan alguna o varias

de las tecnologías comprendidas dentro de TIC (véase la taxonomía propuesta) dentro de su proceso de producción, con independencia del sector (manufactura, servicios, agricultura, etc.) en el que se encuentren. Por otra parte, se encuentran los sectores productores de TIC, dentro de los que destacan los sectores productores de equipo de red (antenas de telecomunicaciones, servidores, etc.), de dispositivos personales de acceso (computadoras personales, tabletas electrónicas, teléfonos celulares, etc.), los sectores dedicados a la producción de software y aquellos dedicados a la producción de servicios de telecomunicaciones (internet, telefonía, etc.).

Si bien, muchos de los estudios a nivel microeconómico comparan cifras del desempeño de empresas en diferentes sectores, la diferencia fundamental con respecto a aquellos catalogados en esta sección como análisis a nivel de industria, es el nivel de agregación de los datos; los estudios incluidos en esta sección incluyen únicamente análisis realizados con datos agregados a nivel de industria.

En los estudios realizados a este nivel, a diferencia del consenso casi generalizado de los estudios a nivel de empresa, no existe un acuerdo del impacto de las TIC en el crecimiento de las industrias, e incluso, cuando llega a haber coincidencia, la magnitud del impacto difiere entre estudios.

Una gran parte de los estudios realizados a nivel de industria, (Jorgenson y Stiroh, 2000; Nordhaus, 2001; Gordon 2000; Corrado, Lengermann, Bartelsman, y Beaulieu, 2006; Silva y Teixeira, 2011), han encontrado que por el lado de los sectores usuarios de TIC, generalmente aunque no de forma exclusiva, dentro de la economía estadounidense, se ha presentado un crecimiento de la productividad disímil entre los distintos sectores, siendo particularmente alto para el caso de finanzas, comercio al menudeo, y algunas industrias, y prácticamente inexistente en el caso de la agricultura.

Por el lado de los sectores productores de TIC, las investigaciones (Corrado, et al., 2006; Silva et al., 2011; Bresnahan y Trajtenberg, 1995) han buscado responder a dos preguntas básicas; la primera es si se ha presentado un crecimiento de la productividad en los sectores productores, similar al de los

sectores usuarios de TIC, y la segunda, si existen derramas tecnológicas (permitidas mediante encadenamientos productivos) del sector productor de TIC, hacia los sectores usuarios.

En esta dirección, no existe consenso en la respuesta; mientras que, en algunos casos, se documenta la existencia de un incremento en la productividad en los sectores usuarios, consecuencia de un uso intensivo de TIC, potenciado por la reducción de precios de estas tecnologías (Bresnahan et al., 1995; Corrado, et al., 2006) en otros estudios, no se encuentra evidencia concluyente de la existencia de esa derrama de crecimiento de la productividad, hacia sectores no productores (Balboni, Rovira y Vergara 2011; Silva et al., 2011; Wimble, Singh y Auckland, 2015).

Las discrepancias en los estudios realizados a este nivel (si bien, no de manera exclusiva), han permitido abrir un debate, con nuevas investigaciones, nuevas preguntas y con enfoques de estudio distintos. En esta dirección, surgen dos agendas de investigación, con objetivos, razonamientos y metodologías distintas. La primera de ellas, analiza si el impacto de las TIC ocurre de la misma manera entre las distintas industrias, o bien, ocurre de forma diferenciada atendiendo a factores que igualmente son materia de estudio, entre los que sobresale la intensidad en el uso tecnológico de las industrias.

La segunda agenda, más amplia que la anterior, introduce el debate en torno al impacto en el crecimiento sectorial (y posteriormente del conjunto de la economía) que generan aquellas industrias que producen bienes y servicios TIC, y aquellas industrias usan esas tecnologías; como se verá más adelante, este debate sería ampliado posteriormente a niveles de países en su conjunto.

### ***1.3.2.1 Estudios desde la perspectiva del uso en industrias***

Una cantidad importante de estudios que analizan el crecimiento diferenciado entre distintas industrias, conceden al uso de TIC un papel fundamental en esas diferencias (Jorgenson et al., 2000; Nordhaus, 2001; Gordon, 2000; Corrado, et

al., 2006; Silva et al., 2011). Estos estudios, han analizado el crecimiento de la productividad sectorial norteamericana, así como algunas otras economías desarrolladas en las décadas de 1990 y 2000; si bien, parten de metodologías e incluso supuestos distintos, coinciden en tres puntos fundamentales:

- 1) Los sectores (con independencia de la agrupación particular que hagan) han experimentado un crecimiento de la productividad diferenciado
- 2) Esas diferencias se encuentran vinculadas con el grado de intensidad en el uso de tecnología (demanda tecnológica) que cada sector o grupo de sectores tiene.
- 3) Los sectores que mayor crecimiento de la productividad han experimentado son aquellos de uso tecnológico intensivo.

Gordon (2000) incluye en el debate, al lado de los distintos sectores usuarios, el crecimiento de la productividad experimentado en el sector productor de TIC<sup>7</sup>; encuentra que es en este sector en donde el crecimiento de la productividad de Estados Unidos ha sido más acelerado, seguido del sector productor de bienes duraderos (ambos sectores intensivos en el uso de tecnología). Más allá de esos sectores, el crecimiento de la productividad fue, de acuerdo con Gordon (2000) limitado.

De manera particular, los sectores intensivos en el uso de TIC muestran haber experimentado un crecimiento de la productividad mayor, tanto con respecto a los sectores de uso intensivo de tecnología en general, como de aquellos que no lo son. El Council of Economic Advisors (2001), reporta un crecimiento de la productividad de poco más de 4% en los sectores intensivos en el uso de TIC<sup>8</sup>, mientras que el de los sectores de uso no intensivo, fue de 1.1%. El mismo estudio considera una variable importante, ya mencionada por Gordon (2000), y es que ese crecimiento de la productividad (que se dio en una amplia cantidad de sectores de la economía), no se debe exclusivamente a inversiones recientes

---

<sup>7</sup> En este punto es importante destacar que, si bien el sector productor de bienes y servicios TIC es considerado, no se analiza desde el punto de vista del impacto en la producción vía encadenamientos productivos con otros sectores, sino desde el punto de vista del cambio en la productividad de ese sector.

<sup>8</sup> El estudio define a los sectores intensivos en el uso de TIC como aquellos cuya proporción de activos TIC es alta en relación al capital total.

en capital TIC, sino que ocurre principalmente por inversiones realizadas por lo menos 10 años antes, hecho que revela de manera implícita la existencia de una curva de aprendizaje en este tipo de tecnologías.

En ese sentido, Jorgenson et al., (2000), el Council of Economic Advisors (2001), Whelan (2000) y Oliner y Sichel (2000), muestran que el crecimiento de la productividad experimentado en EEUU tuvo dos frentes; el primero de ellos son los sectores de uso intensivo de capital TIC; el segundo, donde ocurrió la mayor parte de ese crecimiento de la productividad, fue el sector productor de TIC. Jorgenson (2001), estima que durante el periodo 1948-1990, más del 90% del crecimiento de la productividad multifactorial ocurrió en los sectores no productores de TIC. Para el periodo 1990-1999, la relación se invirtió y más del 65% del crecimiento de la productividad multifactorial en la economía, ocurrió en el sector productor de bienes y servicios TIC.

De esta manera, se puede establecer que existe cierto consenso de la literatura en lo que al crecimiento de la productividad de la industria productora de TIC se refiere; sin embargo, este consenso es mucho menos sólido cuando se trata de los sectores usuarios de TIC.

### ***1.3.2.2 Estudios desde la perspectiva de la producción de TIC***

El impacto de las TIC en el crecimiento económico no solo ha sido abordado desde la perspectiva de cambios en la productividad mediante el uso de estas herramientas y servicios, sino también desde la perspectiva del impacto directo de la producción y los encadenamientos productivos generados a partir de la misma con otros sectores de la economía.

En este sentido, Silva et al., (2011) aportan información empírica que muestra que existe una relación significativa entre la estructura de las economías y el crecimiento de la productividad laboral, guiado por la producción de bienes y servicios TIC, más que por su uso, bajo el argumento de que "producir no es lo mismo que comprar"; señalan que el cambio en la estructura de las economías y el cómo impactará éste al crecimiento, depende de la asociación de ese cambio

con el peso de sectores que produzcan tecnologías, entre las cuales, las TIC adquieren un papel muy relevante.

De acuerdo con los autores, "Es importante resaltar que los resultados apoyan la visión de que las industrias vinculadas a la producción de TIC son estratégicas para la actividad económica, pero solo cuando las industrias productoras (de TIC) son consideradas" (p. 496).

Ello ocurre de esa manera debido a dos factores; por un lado, la capacidad del sector productor de TIC de generar encadenamientos con otras industrias, y por el otro, las derramas tecnológicas generadas por el sector.

Por su parte (Corrado et al., 2006) analizan el crecimiento de la producción en 6 sectores, así como la variación de la productividad dentro de ellos en Estados Unidos en el periodo 1995-2003. Argumentan que el crecimiento en la productividad de la economía norteamericana (analizado en la sección anterior) no termina en 1998, sino que tuvo un segundo impulso que se extiende hasta el año 2003, por lo que es necesario analizar cuál fue el motor de crecimiento en ese segundo momento.

Para ello, agrupan diversos sectores de la economía en 6 conjuntos, dentro de los cuales destaca el sector productor de TIC, (considerado como "el sector de alta tecnología"), excluyendo aquellas actividades relacionadas con la información y producción de lo que llaman "productos culturales", dirigidos al consumo de personas más que al de empresas y actividades directamente productivas.

Concluyen que, si bien los 6 grupos de sectores han tenido diferentes tendencias de crecimiento y contribuciones a la productividad total de la economía norteamericana, el único que ha mantenido una tendencia de aportación amplia al crecimiento del producto ha sido el sector productor de TIC.

Sin embargo, este no es un debate cerrado; de acuerdo con Bresnahan y Trajtenberg (1995), la mayoría de las tecnologías de propósito general, juegan un papel de habilitadores tecnológicos para abrir nuevas oportunidades, más que ofrecer soluciones completas y finales. Por ejemplo, la ganancia en

productividad asociada a los motores eléctricos, no se limitó a la producción de los mismos y a la reducción de los costos de energía, sino que incentivó transformaciones en todo un conjunto de actividades.

Las transformaciones adicionales derivadas de la aparición de las tecnologías de propósito general, se conocen como innovaciones complementarias. Estos complementos magnifican los efectos de la aparición de estas tecnologías (Bresnahan et al., 1995). Los autores, argumentan que si bien existe un impacto directo de la producción de esta clase de tecnologías en los momentos en los que “son lanzadas” sobre la actividad económica, que puede generar nuevas “olas” de crecimiento en el corto plazo, en el largo plazo son igualmente importantes las innovaciones complementarias que puedan presentarse para amplificar ese crecimiento.

A nivel de América Latina<sup>9</sup>, Balboni et al., (2011) y Katz (2009) plantean el debate de la siguiente manera:

El desarrollo de las TIC ha de comenzar tomando decisiones claves sobre cuál es el rol prioritario de una agenda nacional de TIC: la producción de bienes y servicios para el mercado doméstico y externo, o la difusión de tecnología para aumentar la productividad de la economía. Dada la situación de las TIC en América Latina, parecería que esta decisión (¿producción o adopción?) ya ha sido tomada por el mercado... Con la excepción de México y Brasil, la manufactura de equipos TIC en la región es casi inexistente (p.161).

Para Katz (2009), si bien se ha comprobado que existen efectos de derrame en recursos humanos e innovación que se transfieren de la producción hacia la adopción, “estos son bastante limitados” (p. 161), por lo que la estrategia de los países latinoamericanos debe centrarse en la difusión de la adopción en el tejido productivo.

---

<sup>9</sup> En cualquiera de los casos, si bien, alguna literatura relacionada con TIC en la región de América Latina y países específicos dentro de ella, ha sido producida, llama la atención el hecho de que, para el caso de la economía mexicana, los estudios a nivel de industria sean prácticamente inexistentes. En ese contexto, un estudio como el presentado aquí adquiere mayor relevancia.

En todo caso, si los mayores impactos de las TIC se generan en la producción y los encadenamientos productivos que ocurren en esta, o bien, en su uso como tecnologías de propósito general y habilitadores de ulteriores procesos de innovación, o incluso en ambas, es algo que no solo depende de la propia capacidad de este tipo de tecnologías para actuar de una u otra manera, sino también de factores relacionados con las particularidades de las economías, como la capacidad de la economía para generar eslabonamientos productivos, el tamaño de la misma para permitir la generación de economías de escala, el diseño de la matriz institucional para aprovechar oportunidades que se generan a partir de innovaciones, la estructura y capacidad de las empresas/industrias para incorporar esas tecnologías en sus procesos productivos, la capacitación y escolaridad de la fuerza de trabajo usuaria de TIC, entre muchos otros factores.

En este punto, es necesario resaltar que el impacto de las TIC en aquellos países que las desarrollan, no se limita a lo que estas tecnologías por separado son capaces de lograr, sino que empiezan a generar impactos significativos en la medida en la que se conjuntan con sectores de desarrollo paralelo; el desarrollo de la industria TIC, ha venido acompañado (y en algunos casos, ha sido potenciado por el desarrollo de aquella) de la aparición de sectores nuevos, como es el caso de las ramas de Nanotecnología, Biotecnología, y nuevos materiales (bio-nano-TIC); la característica principal que comparten estos sectores de reciente desarrollo, es que conciben la existencia de una nueva economía basada en el binomio conocimiento-tecnología.

En esta dirección, de acuerdo con Zucker y Darby (2005), la investigación a nano escala y la biotecnología, han revolucionado y continúan haciéndolo, diversas áreas de la ciencia que han empezado a tener impactos en la sociedad y la economía; la publicidad, el desarrollo de patentes, el financiamiento de la investigación, la medicina, el comercio, la innovación y la producción, son solo algunas de las actividades que incipientemente se han visto impactadas (Zucker et al, 2005).

Para Hullmann (2006), la nanotecnología tiene el potencial de convertirse en la promesa tecnológica más importante del siglo XXI. "Ofrece un enorme potencial

para aplicaciones en diversas ciencias y para generar beneficios económicos”. En otras palabras:

“la nanotecnología puede estar en todas partes... en las llantas de los autos, en la pasta de dientes, en el bloqueador solar, en las raquetas y pelotas de tenis, en las superficies de los pisos de los baños... posee propiedades, como ser más pequeño, más ligero, más resistente, más barato, que hacen que su uso en todos los bienes de consumo sea deseable” (Hullmann 2006, pp. 7).

Sin embargo, la gran promesa de este tipo de tecnologías, primero en el desarrollo de la ciencia y después, su consecuente impacto en las economías no subyace en el potencial que permiten desarrollar por separado, sino considerándolas como una de red, es decir, nano, bio y TIC (Rampersad, Quester y Troshani, 2010). Si bien, el estudio de estas tecnologías y los impactos que generan, resultan una materia de estudio más que interesante, no serán analizadas de manera más puntual aquí, en virtud de que escapan del alcance del presente estudio de tesis, tanto por los sectores que abarcan como por la dimensión espacial en la que se desarrollan, a saber, en economías desarrolladas.

### **1.3.3 Estudios a nivel macroeconómico**

La mayor cantidad de estudios relacionados al vínculo de TIC y crecimiento económico vía cambios en la productividad a nivel macroeconómico, se han realizado para la economía de Estados Unidos. En este sentido, estudios importantes como los de Gordon (2000) y Jorgenson et al., (2001), muestran que, a medida que el capital TIC crece como proporción del capital total dentro de las economías, el impacto que este ejerce sobre la productividad laboral tiende a ser mayor. A mediados de la década de 1990, el capital TIC como proporción del capital total creció hasta el punto de generar entre el 25-28% del crecimiento de la productividad de la economía norteamericana (Dedrick et al., 2003).

Si bien, Gordon (2000) se mantiene escéptico con respecto al impacto que en sectores fuera de la manufactura y el propio sector productor de TIC, puedan tener estas tecnologías, prácticamente existe un consenso del impacto que ellas han generado sobre la productividad y el crecimiento económico de la economía de Estados Unidos en el periodo 1990-2010.

Una cantidad importante de estudios empíricos (particularmente para la economía norteamericana) comenzaron a desarrollarse en la década de los años ochenta, a partir del modelo de Solow y la contabilidad del crecimiento, que permite descomponer la aportación al crecimiento de cada uno de los factores productivos (capital y trabajo) y el crecimiento residual como resultado del cambio tecnológico.

En esta dirección, Jorgenson et al., (2000) realizan una medición del cambio en la productividad de los factores en EEUU para los periodos 1959-1973, 1973-1990 y 1990-1998, y estiman que alrededor del 40% del incremento en la productividad presentado en ese país en los periodos 1990-1995 y, posteriormente, en 1995-1998, se debe principalmente al uso más intensivo de TIC (Jorgenson et al., 2000).

Los autores consideran que el impacto de las TIC en la productividad estadounidense, se materializó una vez que el sector productivo de la economía asimiló los cambios en los procesos y métodos facilitados mediante la introducción de la infraestructura de TIC. De manera contraria, si esta asimilación no hubiera tenido lugar, la adquisición de las TIC no hubiera ejercido ningún impacto material en la productividad de los factores.

El estudio realizado por Jorgenson, Ho, y Stiroh (2006), va más allá, y analiza el impacto diferenciado sobre la productividad de los factores, que las TIC han tenido en tres grupos de sectores; el primero, en la industria productora de TIC, el segundo, en las industrias usuarias y por último, en aquellas que no forman parte de ninguno de los dos anteriores grupos, pero que se han visto beneficiadas por una suerte de derrama; concluyen que, de manera general, la inversión en TIC en los años 1995-2000 en EEUU, contribuyó al crecimiento de la productividad en un 0.95% y en un 0.76% a la tasa de crecimiento de la

economía. La contribución a ese crecimiento de la productividad vino dada en un orden de 0.30% en las industrias usuarias de TIC (principalmente comercio mayorista, servicios administrativos, transporte y comunicaciones), en un 0.44% en las industrias no usuarias de TIC (minería, química y textiles) y en un 0.21% en el sector productor de TIC.

Por su parte, Nordhaus (2001), partiendo de un modelo similar, estima una cifra de crecimiento en la productividad inducida por el uso de TIC de 0.35% para el periodo 1990-2000.

Basu y Fernald (2006) realizan una explicación de los hallazgos de Jorgenson et al (2006), mediante la introducción del efecto del capital intangible, mismo que definen como la inversión requerida para implementar las TIC, incluyendo los ajustes en los procesos de producción y organización, así como la capacitación de empleados. Los beneficios de las TIC se reflejan con rezago debido a que la acumulación de capital este tipo de capital intangible es lenta.

Stiroh (2001) realiza una comparación entre los estudios que intentan medir para la economía norteamericana el cambio en la productividad total de los factores generado por las TIC, descomponiendo además del crecimiento de los factores mismos, el componente cíclico, el efecto de reducción de precios del sector de bienes TIC y la intensificación del capital relacionado con TIC en otros factores. Los resultados se aprecian en el siguiente cuadro:

**Figura 1.2. Estimaciones de TIC y productividad en EEUU**

	Comparación de cálculos del aumento en la PTF en EEUU			
	Bureau of Labor Statistics	Gordon	Jorgenson y Stiroh	Oliner y Sichel
<b>Productividad 1973-1995</b>	1.39	1.42	1.42	1.41
<b>Productividad 1995-1999</b>	2.3	2.75	2.37	2.57
<b>Intensificación del capital relacionado con TIC</b>	0.38	ND	0.34	0.50
<b>Otros</b>	-0.31	ND	-0.05	-0.17
<b>Calidad del trabajo</b>	0.06	0.05	0.01	0.04
<b>Efecto cíclico</b>	ND	0.50	ND	ND
<b>Efecto de precios</b>	ND	0.14	ND	ND

Fuente: (Bureau of Labor Statistics, 2000; Gordon , 2000; Jorgenson et al., 2000; Oliner et al., 2000) consultado en Argandoña (2001).

Como puede apreciarse, todos los autores coinciden en que en el periodo 1995-1999 se presentó un incremento de importancia en la productividad de la economía norteamericana. Una parte importante de ese crecimiento es atribuido a la intensificación del uso del capital relacionado con las TIC; solo Gordon mide el efecto de la caída de los precios generado en el sector de bienes TIC, así como el efecto cíclico, por lo que se puede concluir que para este conjunto de autores, el incremento en la productividad de la economía de EEUU, tiene como uno de sus principales motores al uso más intensivo de capital TIC en diversos sectores económicos; para Gordon, ese efecto es potenciado por la caída de precios del sector productor de TIC<sup>10</sup>; sin embargo, en más de un sentido es menos optimista con respecto al papel que las TIC pueden ejercer en el crecimiento

<sup>10</sup> Desde el punto de vista de la presente tesis, además del efecto de la caída de precios del sector productor de equipo TIC (principalmente equipo de cómputo y teléfonos celulares), también ha jugado un papel importante la caída de precios del sector productor de servicios TIC, tanto aquel vinculado al sector de **telecomunicaciones**, como el **sector de servicios TI** (véase la taxonomía presentada). El primero actúa de manera directa al reducir los precios de los servicios de comunicación (telefonía e internet) que habilitan la funcionalidad de los dispositivos y bienes producidos en el sector TIC, por lo que representa un error, por lo menos parcial, solo considerar al sector productor de bienes, como lo hacen los autores arriba mencionados. El segundo actúa mediante la reorganización de los procesos productivos y de prácticas de las empresas.

económico de largo plazo, en virtud de que por su naturaleza son menos capaces de generar eslabonamientos productivos en un conjunto amplio de sectores de la economía, como sí sucedió con otras revoluciones tecnológicas a lo largo del siglo XX (Gordon, 2000)

Desde el punto de vista de los estudios que abordan el impacto de las TIC en el crecimiento de la productividad desde la perspectiva del modelo de Solow, los mecanismos a través de los cuales ello ocurre, son principalmente dos; por un lado al aumentar el stock de capital producido por las TIC y utilizado en otros sectores de la economía, aumenta la productividad del trabajo en el sector productor de bienes TIC, por el otro, los menores precios y la mayor tecnología (al ser tecnologías de propósito general, que se utilizan de manera amplia en todos los sectores de la economía) influye en todos los sectores de la economía,

“elevando la productividad de todos los factores, más allá del efecto derivado de la intensificación de capital... este efecto tiende a mostrarse más en el mediano plazo, ya que actúa mediante cambios en la organización de la producción, de los mercados y de las empresas (rediseñando prácticas comerciales, simplificando la cadena de oferta, reduciendo de costos de transacción, etc.)”. (Argandoña, 2001, p. 38)

A pesar de que la mayor cantidad de estudios a ese nivel se han realizado para la economía norteamericana, esfuerzos similares se han hecho para intentar medir el mismo vínculo para otras economías. En ese sentido es de interés del presente estudio de tesis agrupar esos esfuerzos en dos agendas de investigación; la primera de ellas referente al conjunto de estudios realizados para economías desarrolladas y la segunda, para economías en vías de desarrollo.

Esto es así, ya que algunos estudios (Kraemer y Dewan, 2000) han encontrado diferencias significativas en el impacto que las TIC juegan sobre el crecimiento en los países desarrollados y en desarrollo e introducen en el debate teórico el papel y las causas de las mismas. De acuerdo con los autores, “esa brecha se debe a los bajos niveles de inversión en TIC en los países en desarrollo y a la

falta de activos complementarios, como la infraestructura necesaria y la base de conocimiento para un uso efectivo de TIC” (p. 19).

A partir de los estudios de Kraemer et al. (2003), la literatura ha centrado una parte importante de sus esfuerzos en encontrar las fuentes de esa divergencia entre ambos grupos de países.

Algunos de los estudios más importantes realizados para economías desarrolladas distintas de la norteamericana, se pueden ubicar en los esfuerzos realizados para países europeos. Schreyer (1999), analiza los países constituyentes del G7<sup>11</sup> y encuentra que de manera similar a lo ocurrido en los Estados Unidos, las TIC jugaron un papel importante en el crecimiento de la productividad de esos países en el periodo 1990-1999.

(Daveri, 2000) extiende a 18 países el análisis realizado por Schreyer para los países del G7, y encuentra resultados similares con diferencia de grado; esas diferencias están estrechamente relacionadas con el nivel de desarrollo de las economías.

Estas conclusiones han sido reforzadas de manera reciente por estudios realizados por organismos de desarrollo y vinculación económica a nivel internacional. El Foro Económico Mundial (2013), analiza este impacto desde la perspectiva de la infraestructura de los países, y concluye que se requiere de una base instalada de equipo TIC (computadoras, teléfonos, servidores, dispositivos de acceso), que es habilitada por servicios de telecomunicaciones (como voz e internet), para que, tanto las empresas, como los gobiernos y las personas accedan a una serie de elementos capaces de mejorar la eficiencia productiva. Por ejemplo, las empresas al incorporar TIC en sus procesos productivos, pueden incrementar su eficiencia, mejorar sus prácticas y simplificar sus procesos, los gobiernos pueden hacer la entrega servicios públicos a través de internet y mejorar la comunicación con la ciudadanía, y las personas pueden conectarse entre ellas e incrementar el intercambio de información. Todo ello mejora las condiciones en las cuales se da la competencia

---

<sup>11</sup> Alemania, Canadá, Estado Unidos, Francia, Italia, Japón y Reino Unido.

(competitividad<sup>12</sup>), generándose una serie de elementos que determinan el crecimiento de la productividad (WEF, 2013). De esta manera, el uso de TIC estará directamente relacionado con el crecimiento de la competitividad.

Desde la perspectiva del Foro Económico Mundial, entre mayor sea el uso de banda ancha (y en general, de servicios de telecomunicaciones), mayor será la competitividad de los países, y con ello, mayor el impacto en la productividad. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (2013), señala que:

los servicios móviles están generando beneficios sociales y económicos significativos, tanto en los países desarrollados como en desarrollo, ya sea mediante la inversión directa en infraestructura, o mediante el uso de esa infraestructura para iniciar nuevos negocios o mejorando la eficiencia de los ya existentes. (p. 26).

Dados esos beneficios, es necesario impulsar el desarrollo de políticas públicas encaminadas a fomentar el despliegue de la infraestructura necesaria para hacer del internet un servicio al alcance de todos (tanto en países en desarrollo como desarrollados).

Por su parte, la UNCTAD (2003), señala que el impacto de las TIC en las economías se da mediante reorganización y reestructuración de los procesos productivos y métodos de trabajo en los sectores en los que son usadas; “ofrecen ventajas genéricas para ganar eficiencia, compartir información, y generar una rápida acumulación, diseminación y aplicación de conocimiento” (p. 14).

El enfoque de la OCDE, Spiezia (2011), para medir el impacto de las TIC en el crecimiento económico se centra más en aspectos relacionados con la innovación permitida a partir de las TIC. De acuerdo a este enfoque, “las TIC actúan como habilitador de la innovación, de manera particular en productos y mercadotecnia, tanto en la manufactura como en los servicios” (p.41). En este sentido, la innovación es entendida como la capacidad de crear nuevos productos, procesos,

---

<sup>12</sup> En este sentido, la competitividad es definida por el Foro Económico Mundial (2013) como “el conjunto de instituciones, políticas y factores, que determinan el nivel de productividad de un país” (p. 75).

cambios en la organización o en la mercadotecnia. El desarrollo de esta capacidad de innovación genera cambios, tanto en la eficiencia productiva de las organizaciones, como en los bienes y servicios mismos, además de modificar la manera de venderlos; con ello, se modifican también los mercados.

Del análisis anterior, dos aspectos son importantes de destacar; por un lado, la existencia de un consenso prácticamente unificado por parte de un conjunto amplio de organismos financieros y de cooperación internacional, en torno al impacto positivo que las TIC, en sus diferentes variantes (internet, computadoras, teléfonos celulares, etc), tienen sobre el crecimiento de las economías, sin importar las condiciones de desarrollo en las que estas se encuentran. Por otro lado, el impulso de esos organismos al desarrollo de políticas encaminadas a fomentar la inversión en TIC, tanto más importante como necesaria en países en desarrollo, aunque su impacto es tangible de manera universal.

Los estudios relacionados con el impacto de las TIC sobre el crecimiento para economías en desarrollo, si bien son menos en relación a aquellos existentes para economías desarrolladas, han experimentado una proliferación creciente en los últimos 5 años. Una parte importante de este conjunto de estudios, se ha desarrollado bajo el auspicio, ya sea de proyectos internacionales específicos, como el proyecto KLEMS, o bien con el apoyo de organismos financieros y de cooperación internacional.

Estudios desarrollados como resultado de agendas de investigación académica al interior de este grupo de economías han sido menos, y su impacto y difusión escasos; sin embargo, existen varios esfuerzos que pueden ser rescatados.

De manera reciente, destaca el esfuerzo que se ha comenzado a realizar para estudiar el impacto de las TIC en la productividad total de los factores en algunos países de América Latina.

Aravena, Cavada, y Mulder (2012) partiendo de una modificación ampliada del modelo de Solow, utilizan la metodología KLEMS , para explicar el impacto de las TIC´s en las economías de Argentina, Brasil Chile y México, concluyendo que

en el periodo 1995-2008, para los 4 países, el capital aportó el 50% del crecimiento del producto (38% capital no TIC y 12% capital TIC), el trabajo el 28% del crecimiento, y los materiales, los servicios y la energía, aportaron el 22% del crecimiento del producto del periodo.

Mientras que Chile, México y Argentina muestran comportamientos y patrones de inversión en TIC muy similares, Brasil se destaca por un aumento del esfuerzo de la inversión en TIC con respecto a su PIB entre 1990 y 2008;

Brasil registró un nivel de inversión en TIC hacia el final del periodo que fue mayor a la intensidad de varios países desarrollados como España, Corea y los EE.UU... Para este país también se observa un incremento en la productividad total de los factores durante la década de 2000, la cual puede estar relacionada a la mayor intensidad en TIC. (Aravena, et al., 2012, p.38).

A nivel de la economía mexicana, los esfuerzos para entender la transformación generada por las TIC, y documentar el impacto sobre la productividad son, en el mejor de los escenarios, escasos, incluso en relación a los estudios realizados en otras economías latinoamericanas. En esta dirección, destaca como el único esfuerzo institucional, el que INEGI (2013) realiza bajo el auspicio del proyecto LA-KLEMS, un estudio para medir la variación en la Productividad Total de los Factores en México en los años 1990-2011.

El estudio descompone el crecimiento del producto en México en el periodo 1990-2011, estimando que su variación promedio anual fue de 3.58%, la contribución de los factores a ese crecimiento fue de 3.97% y la contribución de la Productividad Total de los Factores fue negativa, a razón de -0.39%.

Dentro de la aportación del capital al crecimiento, separa la contribución de los activos TIC y los activos No TIC (cualquier otro tipo de capital no relacionado con TIC), señalando que la contribución al crecimiento del producto de los activos TIC fue de 0.38 en el mismo periodo (equivalente al 10% del crecimiento total del producto), mientras que la del capital no TIC fue de 1.20. Los resultados por año se pueden apreciar en el siguiente cuadro.

**Figura 1.3. PTF y su composición en México, 1990-2011**

<b>Productividad total de los factores para la economía mexicana 1990-2011</b>			
<b>Tasas porcentuales de crecimiento anual</b>			
<b>AÑO</b>	<b>VALOR DE LA PRODUCCIÓN</b>	<b>CONTRIBUCIÓN TOTAL DE LOS FACTORES</b>	<b>PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES</b>
1991	4.7	4.3	0.4
1992	4.0	4.5	-0.5
1993	1.8	3.0	-1.2
1994	5.6	5.4	0.2
1995	-5.6	-2.0	-3.6
1996	7.6	4.7	2.9
1997	8.1	6.8	1.3
1998	6.4	5.7	0.7
1999	5.1	6.0	-0.9
2000	8.4	6.8	1.6
2001	-1.1	1.7	-2.9
2002	1.4	2.4	-1.0
2003	1.6	2.3	-0.6
2004	5.5	4.8	0.7
2005	4.6	4.6	0.1
2006	7.4	6.8	0.6
2007	4.5	5.4	-0.9
2008	0.9	3.3	-2.4
2009	-8.1	-2.5	-5.5
2010	8.0	5.4	2.6
2011	4.6	4.2	0.4
<b>Promedio</b>	<b>3.58</b>	<b>3.97</b>	<b>-0.38</b>

Fuente: INEGI (2013), Productividad Total de los Factores, Modelo KLEMS, serie anual 1990-2011.

El Banco mundial (2012), en una serie de estudios recientes, ha resaltado el papel de las TIC han jugado como eslabones fundamentales del crecimiento de países no desarrollados, particularmente para las economías africanas.

Resalta las oportunidades de crecimiento que se abren para los países en desarrollo, a partir de un mayor acceso a dispositivos TIC y las comunicaciones que los habilitan;

Las comunicaciones móviles ofrecen las mayores oportunidades de avanzar en el desarrollo humano, y con ello, fortalecer las capacidades de la sociedad y el crecimiento económico, mediante la mejora en la provisión de acceso básico a la educación, la salud, la información, la realización de pagos bancarios (una mayor penetración del sistema financiero), o estimulando la ciudadanía

mediante una mayor participación en los procesos democráticos.  
(World Bank, 2012, p. 3)

A manera de ejemplo paradigmático de lo anterior, resaltan el papel que el dinero móvil ha jugado como impulsor de una mayor utilización de servicios financieros en África en años recientes. Señalan que los teléfonos móviles también contribuyen a la transformación social, económica y política, como, por ejemplo, en África:

Los granjeros en África obtienen información de precios vía mensaje de texto, ahorrando tiempo y mejorando sus decisiones con mayor información de dónde vender sus productos, incrementando así sus ingresos... En la India, las personas que no tienen acceso a una cuenta bancaria, utilizan sus móviles para enviar dinero a sus familiares a las provincias, ahorrando en costos e incrementando la seguridad (World Bank, 2011, p. 353).

De esta forma, los servicios móviles han fungido como sustitutos de sistema financiero en aquellos países en donde las tasas de bancarización son particularmente bajas.

Otro conjunto de estudios desarrollados por organismos financieros y de cooperación internacionales (ITU, 2013; UNCTAD, 2003; WEF, 2013; World Bank, 2011) se centran de manera exclusiva en el análisis del impacto de las TIC en los países en desarrollo y resaltan de manera particular el impacto que este grupo de tecnologías han tenido en el desarrollo específico de ciertas economías (o grupos de ellas) y las políticas que en esa materia deberían ser seguidas para potenciar su aprovechamiento en los países en donde ello no ha ocurrido, típicamente los países en desarrollo.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (2013), señala que los servicios móviles están generando beneficios sociales y económicos significativos, tanto en los países desarrollados como en desarrollo, "ya sea mediante la inversión directa en infraestructura, o mediante el uso de esa infraestructura para iniciar nuevos negocios o mejorando la eficiencia de los ya existentes" (p. 26).

Dados esos beneficios, es necesario impulsar el desarrollo de políticas públicas encaminadas a fomentar el despliegue de la infraestructura necesaria para hacer del internet un servicio al alcance de todos (tanto en países en desarrollo como desarrollados).

Por su parte, la UNCTAD (2003), señala que el impacto de las TIC en las economías se da mediante reorganización y reestructuración de los procesos productivos y métodos de trabajo en los sectores en los que son usadas; “ofrecen ventajas genéricas para ganar eficiencia, compartir información, y generar una rápida acumulación, diseminación y aplicación de conocimiento” (p. 14).

El enfoque de la OCDE (2011) para medir el impacto de las TIC en el crecimiento económico se centra más en aspectos relacionados con la innovación permitida a partir de las TIC. De acuerdo a este enfoque, “las TIC actúan como habilitador de la innovación, de manera particular en productos y mercadotecnia, tanto en la manufactura como en los servicios” (p. 45). En este sentido, la innovación es entendida como la capacidad de crear nuevos productos, procesos, cambios en la organización o en la mercadotecnia. El desarrollo de esta capacidad de innovación genera cambios, tanto en la eficiencia productiva de las organizaciones, como en los bienes y servicios mismos, además de modificar la manera de venderlos; con ello, se modifican también los mercados.

Del análisis anterior, dos aspectos son importantes de destacar; por un lado, la existencia de un consenso prácticamente unificado por parte de un conjunto amplio de organismos financieros y de cooperación internacional, en torno al impacto positivo que las TIC, en sus diferentes variantes (internet, computadoras, teléfonos celulares, etc.) tienen sobre el crecimiento de las economías, sin importar las condiciones de desarrollo en las que estas se encuentran. Por otro lado, el impulso de esos organismos al desarrollo de políticas encaminadas a fomentar la inversión en TIC, tanto más importante como necesaria en países en desarrollo, si bien, su impacto es tangible de manera universal.

Como se muestra a través de la revisión del modelo de Solow y los estudios relacionados con la contabilidad del crecimiento, y la visión de los organismos financieros y de cooperación económica internacional, a pesar de la idea ampliamente difundida de que por sí mismas, las TIC son capaces de generar crecimientos en la productividad y en el producto, mediante los mecanismos descritos en las secciones anteriores, recientemente se han desarrollado una serie de estudios, que ponen de manifiesto la importancia de la existencia de condiciones iniciales diferenciadas entre los usuarios de las TIC, ya sean estas organizaciones o países, que alteran la manera en la que las TIC impactan al crecimiento (Avgerou, 2003).

Estos estudios resaltan que es posible considerar la existencia de efectos diferenciados de dichas tecnologías en la actividad de una economía, dependiendo de ciertas características: la estructura del mercado, regulación del mismo, desarrollo de políticas públicas para la implementación de nuevas tecnologías en diversos sectores y la capacitación y nivel educativo de la población. En este sentido, el argumento principal es que aquellas organizaciones o sociedades que poseen mayores niveles educativos y de capacitación, serán capaces de involucrar de manera más eficiente en los diferentes procesos educativos, productivos y de comunicación, dichas tecnologías, impactando así, la competitividad.

En el caso de las empresas, núcleo de todas las economías, el impacto de las TIC en su crecimiento, dependerá mucho más de la manera en la que éstas las incorporan en sus procesos productivos y de negocios mediante personal capacitado, que el simple hecho de tener acceso a esas tecnologías.

En este sentido, se han desarrollado una serie de estudios (Ngwenyama, Bollou, Andoh-Baidoo, y Morawczynski, 2006) contrarios a la visión del modelo de Solow y de los organismos internacionales, en el sentido de fomentar mayores inversiones en TIC como una condición necesaria del desarrollo en los países de bajos y medios niveles de ingreso. Resaltan la existencia de otros factores que juegan un papel relevante como habilitadores de capacidades TIC, tales como

educación, salud, desarrollo humano, etc., e incluso, de umbrales a partir de los cuales, el retorno en la inversión TIC se hace evidente (The Economist, 2002).

The Economist Intelligence Unit (2002), realiza un estudio en donde compara 60 economías, encontrando que "la inversión en TIC comienza a tener un impacto en el crecimiento del PIB per cápita sólo después de que se ha alcanzado un cierto umbral de desarrollo de las TIC" (p.18)

Ngwenyama et al., (2006) realizan un análisis para 6 economías africanas, buscando la relación entre el índice de desarrollo humano, y la inversión en salud, educación y TIC. Encuentran que existen umbrales en las inversiones de las tres variables (educación, salud y TIC), arriba de los cuales, es posible medir un impacto de estas sobre el desarrollo humano; por debajo de estos umbrales, no se observa ningún efecto en las inversiones en esas variables sobre el desarrollo. Para las economías africanas que ellos estudian, ninguna alcanza ese umbral mínimo de transmisión.

Avgerou (2003; 2010) va más allá, y pone en entredicho la veracidad de la argumentación de los organismos internacionales. Señala que el vínculo TIC-crecimiento económico "es dudoso y engañoso, porque está basado en una teoría económica estrecha, que ignora tanto las controversias que lo rodean, como la evidencia empírica de políticas de desarrollo alternativo" (Avgerou, 2003, p. 18). Realiza una revisión de los mecanismos a través de los cuales, organismos internacionales (ITU, 2013; OCDE, 2000; UNCTAD, 2003; WEF, 2013; World Bank, 2012) ponen en el centro de la discusión del crecimiento económico al papel que juegan las TIC, resaltando de manera particular su potencial como herramienta de desarrollo de aquellos países de ingreso bajo. Concluye que existe evidencia que apunta en direcciones contrarias a las que aquellos difunden, y esa evidencia es ignorada. Adicionalmente, las economías más exitosas tienen mejores tecnologías y gente más preparada para usar esas tecnologías, perpetuando así, el círculo de sus ventajas competitivas.

Por ello, "se debe considerar a las TIC y, la innovación que pueden generar como procesos, en lugar de fotografías estáticas ejemplificadas por las sociedades" (Avgerou, 2003, p. 21); si son consideradas de esa forma, la relación entre TIC,

innovación y elaboración de políticas para el desarrollo adquieren una dimensión distinta y cuentan una historia diferente.

El Banco Interamericano de Desarrollo (2011), afirma que considerando las características de las empresas existentes en países en vías de desarrollo y el sendero evolutivo que atraviesan las organizaciones en el uso y aprovechamiento de TIC, es posible suponer que para el caso de las economías en desarrollo, la mayor parte de las empresas se encuentran en una etapa en la que predominan las micro y pequeñas empresas, muchas de ellas informales y con acceso a las TIC limitado, razón por la cual, desde esta perspectiva de estudio, es incorrecto pensar que mayores inversiones en TIC generarán por sí solas crecimiento en la productividad.

De lo anterior, se deduce la existencia de una relación TIC – Crecimiento económico, condicionada a la existencia de ciertas características; las TIC generarán impactos en la competitividad y posteriormente, en la productividad, siempre y cuando las empresas tengan un grado de madurez que les permita incorporar las nuevas tecnologías a sus procesos de negocio, y los empleados posean el grado de educación suficiente para aprovechar los beneficios potenciales de mayor acceso a la información y generación de innovaciones, entre otros, habilitados por las TIC.

La implicación inmediata y directa de lo anterior es que, las TIC no reducen la brecha de productividad y crecimiento de las economías desarrolladas y en desarrollo, como afirman los organismos financieros y de cooperación internacionales<sup>13</sup>, sino que la ensanchan en función de que la madurez de las

---

<sup>1313</sup> Al respecto, el Foro Económico Mundial afirma que “el papel que las TIC pueden jugar como soporte del crecimiento económico y la creación de empleos de alta calidad, nunca ha llamado tanto la atención y la investigación como ahora. Había habido algunas preocupaciones iniciales sobre el riesgo, en algunas

empresas y la educación de la población en los países desarrollados, sí permite incorporar a las TIC en procesos productivos y de innovación, impactando así a la productividad, mientras que la limitada existencia de aquellas características en los países en desarrollo, provoca que las mayores inversiones en TIC se vuelvan estériles. Esta es la argumentación central de la que partimos para el análisis del presente estudio de tesis doctoral.

## **1.4 Importancia de las capacidades como factor de cambio productivo**

Las capacidades son medibles en la medida en la que se traducen en prácticas tangibles; en esa dirección, la medición de las capacidades requiere de un estándar que permita, por un lado, establecer una definición puntual y acotada de capacidades, y por el otro, aproximar esa definición a un conjunto de prácticas medibles y equiparables con el conjunto de información disponible en los datos que serán utilizados.

Para ello, en el presente apartado se propone una definición de capacidades organizacionales; este conjunto de capacidades abarca desde capacidades genéricas, como aquellas que posee la fuerza de trabajo o las organizaciones para realizar determinado tipo de procesos, como capacidades específicas, como aquellas vinculadas al uso de tecnología, denominadas aquí como capacidades TIC (Bates, 2001; Colle y Yonggong, 2002; Kozma, 2005).

A partir del desarrollo y difusión de la teoría del crecimiento endógeno, una amplia cantidad de literatura vinculada con la importancia de la educación de la fuerza de trabajo (o lo que en la terminología de la teoría del crecimiento endógeno se denomina como inversión en capital humano, para hacer

---

economías desarrolladas, que las TIC podrían acelerar la deslocalización de ciertas actividades económicas hacia los países en desarrollo. Pero los beneficios de las TIC son ahora ampliamente reconocidos, tanto en los países desarrollados como en desarrollo como una importante fuente de ganancias de eficiencia para las empresas, ya que les permiten optimizar su función de producción y liberalizar recursos hacia otras inversiones productivas, muchas de ellas en países en desarrollo” WEF (2013)., pp.29.

correspondencia con el concepto de inversión en capital físico) ha crecido de manera importante. En esta dirección, en años recientes, diversos estudios han pasado de hablar de capital humano de manera genérica, como lo hacían Romer (1990), Benhabib & Spiegel (1994) y Becker (1994) a conceptos más específicos, como el de capacidades laborales y organizacionales para diferenciar, el papel que juegan las habilidades específicas dentro del crecimiento de las organizaciones; (Moon, 2010; Rugman, 2011; Wolf, Dunemann & Egelhoff, 2008; Wolf & Egelhoff, 2011; Harvey, 2014; Crook, Todd, Combs, Woehr & Ketchen Jr, 2011)<sup>14</sup>.

Sin embargo, existen casi tantas definiciones de capacidades, como estudios que tratan de aproximarlas. Si bien, hay algunas generalizaciones que permiten establecer criterios generales. el tipo de capacidades que nos interesa abordar en el presente estudio de tesis, en función de las hipótesis establecidas, son de dos tipos; por un lado, las capacidades que la fuerza de trabajo desarrolla en función de su nivel educativo. Por el otro, se encuentran las capacidades específicas para el aprovechamiento de las TIC, denominadas capacidades TIC (Bates, 2001; Colle et al, 2002; Kozma, 2005; Hilbert, López, & Vásquez, 2010) y que describen la capacidad que tiene una estructura organizacional, para incorporar la tecnología dentro de sus procesos medulares de producción y distribución. La manera particular a partir de la cual, a partir de variables específicas, disponibles en la encuesta ENTIC, se construyen ambos conceptos, se describe en la sección 2.3.4.

Relacionado con la teoría de crecimiento endógeno, aunque con una vía epistemológica y de acceso completamente distinta, la teoría evolucionista llega a conclusiones similares, en el sentido de resaltar el papel que las capacidades juegan en el desempeño de las organizaciones. De acuerdo con Dosi (2008) la teoría evolucionista intenta dar una interpretación de los fenómenos económicos basada en la interacción de múltiples agentes heterogéneos (empresas e individuos), "quienes mediante la repetición de un sistema de prueba y error

---

<sup>14</sup> En este punto, vale la pena hacer mención de un aspecto importante; el estudio de ese conjunto de capacidades tiene sentido a nivel de empresa, pero pierde relevancia cuando se trata de economías en su conjunto, dada la dificultad de medir las capacidades específicas para poblaciones o países enteros.

intentan continuamente explorar nuevas tecnologías, nuevas estrategias comportamentales, y nuevas formas organizativas” (Dosi, 2008, pp. 30)

En esta dirección, el mercado es el mecanismo de interacción de las empresas e individuos, y como tal, plasma las oportunidades y los vínculos entre crecimiento, beneficio y probabilidad de supervivencia de las empresas; en otras palabras, los procesos de interacción del mercado actúan como mecanismos de selección (Dosi, 2008). En este punto es donde se resalta la importancia de las capacidades de las organizaciones (entendidas como más arriba quedó definido), para aprovechar de manera más eficiente las oportunidades y desafíos que presenta el entorno (que incluye el diseño de la matriz institucional).

Las capacidades de las organizaciones y de la fuerza de trabajo, determinan su capacidad para adaptarse a cambios en el entorno (mercado), aprovechar las oportunidades y fortalecer sus oportunidades de supervivencia. Desde el punto de vista de la teoría evolutiva, si se considera a las capacidades como factor determinante de la adaptación, y a esta como uno de los factores explicativos del grado de éxito de las organizaciones, la consecuencia inmediata es que las capacidades, tanto genéricas como específicas, determinan la forma en la que las empresas compiten y se adaptan con mayor o menor grado de éxito a esa competencia.

## **1.5 Crítica al papel de los estudios de TIC**

Las anteriores visiones de cómo las TIC impactan la actividad económica difieren entre sí, tanto en la explicación general de los mecanismos de impacto (ya sea mediante la producción, o bien, mediante el uso de estas tecnologías), el nivel en el que ello ocurre (micro o macroeconómico), así como en las formas específicas en las que ello ocurre (ya sea mediante eslabonamientos productivos, derramas económicas a otros sectores, cambios en la productividad de los factores, etc.); sin embargo, todas ellas confluyen en una visión común, el papel de las TIC como factor de cambio y crecimiento económico.

Desde la perspectiva del presente estudio de tesis, el papel que sobre la actividad económica juegan las TIC, desde cualquier punto de vista que sea abordado (producción o uso), o nivel en el que ocurra (micro o macro) se encuentra sobrevalorado, y parte del supuesto de la existencia, de una naturaleza de la innovación de las TIC, así como de la forma en la que esa innovación es capaz de contribuir al desarrollo.

En la totalidad de los estudios que han sido analizados en la presente sección, el supuesto subyacente en todos ellos es la capacidad transformadora de las TIC sobre algún aspecto particular de la actividad económica, sin considerar si esa capacidad transformadora se ve modificada por el contexto en el que esas tecnologías son introducidas.

Cuando alguna diferencia en el contexto de dichos estudios es introducida, se limita a considerar dos conjuntos de países (desarrollados y en desarrollo), como si cada uno de ellos constituyera conjuntos homogéneos en los que no existen diferencias lo suficientemente significativas para ser estudiadas.

Desde el punto de vista del presente estudio de tesis, constituye un error metodológico no considerar que existen diferencias significativas entre los países, e incluso las empresas (o conjuntos de ellas) que pueden afectar el papel que las TIC puedan jugar sobre la productividad, el crecimiento, la innovación, o cualquiera de los aspectos considerados en los estudios.

Existen particularidades en las organizaciones y en los países, que potencian, inhiben o incluso anulan los efectos que este tipo de tecnologías puedan tener; estas diferencias van desde la capacidad de la economía para generar eslabonamientos productivos, el tamaño de la misma para permitir la generación de economías de escala, el diseño de la matriz institucional para aprovechar oportunidades que se generan a partir de innovaciones, la estructura y capacidad de las empresas/industrias para incorporar esas tecnologías en sus procesos productivos, la capacitación y escolaridad de la fuerza de trabajo usuaria de TIC, entre muchos otros factores.

Por lo anterior, el presente estudio de tesis busca analizar cuáles son los factores, que han potenciado o inhibido el impacto de las TIC sobre la productividad en México. Para ello, el estudio se realiza en tres niveles; el primero, a nivel del conjunto de la economía mexicana, partiendo del subsector como unidad de estudio; el segundo, a partir de un cruce tamaño de empresa/subsector de actividad económica, mientras que el tercero se realiza a nivel de empresa.

Por el lado de la demanda, los factores que explican lo anterior son los siguientes:

- a) El nivel educativo de la población determina una “tasa de aprovechamiento” en el uso de tecnologías de la información y comunicación; entre mayor sea el nivel educativo de una sociedad, mayor tenderá a ser la tasa de aprovechamiento (es decir mayor será el impacto en la productividad) en esa sociedad.
- b) El grado de madurez de las empresas, es decir, la capacidad de las mismas de incorporar a las tecnologías de la información y comunicación en sus procesos productivos y de negocio, y de impactar de esa manera, la eficiencia con la que producen.
- c) La posición en la cadena de valor que ocupan las empresas, determinada por la estructura industrial, determina los requerimientos de capacidades de las organizaciones.
- d) El grado de intensidad tecnológica de la estructura económica, es decir, si las industrias que componen a la economía mexicana son intensivas en el uso de tecnología o no lo son.

## **1.6 No solo es infraestructura; desmitificar el papel de las TIC en la productividad**

Como ha quedado establecido en la revisión de la literatura, la perspectiva a partir de la cual la teoría económica ha abordado el tema del impacto de la tecnología en el crecimiento económico, tiene como punto de partida el modelo de Solow.

A partir de la década de los ochenta del siglo XX, el auge en el uso de las incipientes tecnologías de la información y comunicación, asociadas en principio con las computadoras, dio origen a una muy numerosa serie de estudios teóricos y empíricos, que en distintos niveles (micro, industrial y macroeconómico) trataban de explicar el vínculo entre TIC y desempeño económico. En la mayoría de esos estudios, la idea de desempeño económico fue asociada con el concepto de productividad de los factores establecido por Solow, una década antes.

A medida que la difusión en el uso de TIC fue creciendo, tanto en las empresas como en los hogares, la cantidad de estudios relacionados con el vínculo entre TIC y cambio en la productividad, fue creciendo de manera casi exponencial. Para el periodo posterior al año 2000, esta preocupación por el impacto de las TIC dejó de ser exclusiva del mundo académico, y se extendió a una serie de organismos de cooperación internacional y desarrollo económico, y pasó a formar parte del discurso de la política pública; en la actualidad, ese vínculo forma parte del discurso habitual del desarrollo económico alrededor del mundo.

La perspectiva de estudio, y forma particular que adopta ese discurso de desarrollo económico, da por sentado que las TIC poseen de manera inherente ciertas características que hacen su uso masivo (recordemos que son consideradas tecnologías de propósito general) deseable en cualquier economía, ya que poseen la propiedad, como cualquier otro tipo de intensificación de capital, de incrementar el capital por trabajador, pero además, la característica única de potenciar transformaciones en los procesos productivos y la promesa de integrar aún más la economía global.

Esta idea ha sido difundida tanto en el mundo académico, como en el discurso de desarrollo de los organismos internacionales de cooperación y desarrollo económico, y adoptada por muchos de los gobiernos alrededor del mundo.

Desde este punto de vista, la teoría evolutiva tampoco aporta una solución completa al entendimiento del impacto de la tecnología en los negocios; si bien es cierto que las capacidades constituyen uno de los factores más importantes del grado de éxito de las organizaciones, el papel que las TIC juegan para potenciar o incluso inhibir la capacidad de adaptación al entorno, resulta también

relevante como factor explicativo, más aún, como se verá más adelante, cuando existe un conjunto amplio de sectores que poseen un alto uso tecnológico y capacidades de la fuerza de trabajo y organizacionales limitadas.

Son muy pocos los estudios, y menor aún su difusión (Avgerou, 2003; 2010), que ponen en tela de juicio el vínculo entre disponibilidad de TIC y desempeño económico, explorando el conjunto de condiciones previas que debe existir para que ese vínculo, sea un vínculo activo.

En esta dirección, el presente estudio de tesis busca abonar a la discusión en las siguientes direcciones:

1. No existe un vínculo directo entre disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación y desempeño económico, visto como cambio en la productividad de los factores
2. Ese vínculo es más bien, potencial, y depende de que las economías, industrias o empresas, posean un conjunto de características y capacidades que hagan el uso de esa infraestructura fructífero
3. El establecimiento de esos determinantes, depende del momento y de la economía en particular de la que se trate, aunque en términos muy generales, se puede hablar de un conjunto de capacidades vinculadas al nivel educativo de la fuerza de trabajo, de la madurez de las organizaciones, traducida en capacidades para incorporar en sus procesos productivos a las TIC, e inclusive, las propias características de las actividades económicas desarrolladas. Para el desarrollo de la presente tesis, nos interesa estudiar el caso específico de la economía mexicana

De esta forma, el presente estudio de tesis, pretende contribuir a la discusión acerca del papel de las TIC en el desarrollo económico mediante dos vías:

Por un lado, minando la teoría difundida en el ámbito académico, pero principalmente, por los organismos internacionales de cooperación y desarrollo, relacionada con la idea de que las TIC son capaces por sí solas de generar cambios en la dinámica del crecimiento económico, ya sea mediante cambios en la productividad (Dedrick, et al., 2003; Greenan y Topiol-Bensaid, 2001; INEGI,

2013; Jorgenson et al., 2006); en la competitividad (WEF, 2010; 2012; 2013), como motor de crecimiento de la nueva economía (Argandoña, 2001; 2002), o bien, mediante la reestructuración de las cadenas globales de valor (World Bank, 2011; 2012; Hunter, 2004; OCDE, 2012).

En contraposición a la idea de un vínculo directo entre disponibilidad tecnológica y desempeño económico<sup>15</sup>, proponemos que existen un conjunto de características (mismas que serán expuestas más adelante) que potencian o inhiben el aprovechamiento de las tecnologías de la información y comunicación y por lo tanto, regulan su impacto sobre las economías.

Así, la propuesta teórica del presente estudio es que existe un vínculo entre infraestructura, capacidades, uso y aprovechamiento e impacto, que puede ser sintetizado de la siguiente manera: la infraestructura tecnológica, particularmente aquella vinculada con las TIC y el cambio tecnológico que ellas representan, son uno de los factores potenciales más importantes para acelerar, mediante los mecanismos descritos en la revisión de la literatura, cambios en la productividad y el crecimiento económico; sin embargo, la disponibilidad de infraestructura representa una condición necesaria, pero no suficiente, para conseguir ese impacto. Al lado de la disponibilidad de infraestructura, existe un conjunto de capacidades de las organizaciones, que aquí denominamos como capacidades tecnológicas; este conjunto de capacidades actúa interactuando con la infraestructura disponible para determinar un uso específico de la infraestructura, que pueden estar en mayor o menor medida, integrado a los procesos de negocio de las organizaciones.

La manera en la que las organizaciones combinan la infraestructura con sus capacidades, determina el uso y aprovechamiento de TIC, que entre más se integre a los procesos de negocio de las organizaciones, generará mayores cambios en la productividad. La figura 1.4 sintetiza lo anterior.

---

<sup>15</sup> Si bien, no negamos la idea de la importancia de las TIC como condición necesaria de crecimiento de la moderna economía, sí establecemos que no son suficientes, y que se requiere del desarrollo de un conjunto de capacidades para su aprovechamiento

**Figura 1.4. TIC y cambios en la productividad**



Para el caso específico de la economía mexicana, se pretende averiguar cuáles son esas características que han inhibido el crecimiento de la productividad, a pesar de la creciente adopción de TIC en las organizaciones.

Para ello, en la siguiente sección, se plantea el debate en torno a la definición de TIC y se aporta una definición actual del término; definido lo anterior, en la sección 3 se analizan las fuentes de información disponibles para el estudio empírico del tema, se selecciona la más adecuada y se describen sus características, para, posteriormente, ligar esa definición de TIC con la información disponible, con la intención de construir la base de datos con la cual se contrastará la hipótesis; en la sección 4, se utiliza el análisis factorial para analizar cómo se relacionan y agrupan las variables entre sí, y en la sección 5 se realiza un análisis de conglomerados (cluster analysis) para analizar las características de los subsectores agrupados y se finaliza el análisis mediante la estimación a nivel de empresa, del impacto de esos factores en la productividad, mediante la metodología de redes neuronales artificiales.

## Capítulo 2. Definición de TIC, fuentes de información y metodología

### OBJETIVO CAPITULAR

A pesar de la amplia difusión en el uso de TIC, la velocidad de transformación del sector ha generado dos fenómenos relacionados con su definición; por un lado, que no exista una definición única de las tecnologías y mercados que el sector abarca<sup>1</sup>, y por el otro, que las propias definiciones pierdan vigencia de manera regular.

Si bien, en cualquier ámbito resulta necesario definir y delimitar la materia de estudio, dados los dos anteriores fenómenos, cuando se analiza el sector de TIC ello resulta de una importancia incluso mayor; en esa dirección, el presente capítulo tiene el objetivo de definir y delimitar el término de TIC; dado que no existe una definición única del término, se propone una alineada con los objetivos del estudio de tesis.

La definición más completa de los conceptos, no necesariamente se encuentra vinculada uno a uno con las variables y estadísticas disponibles, por lo que, una vez delimitada la materia de estudio, es necesario hacer los conceptos operativos, es decir, vincular las teorías y conceptos analíticos con las variables disponibles. Para ello, el segundo objetivo del capítulo es seleccionar, dentro del conjunto de información disponible, aquellas que permite aproximar de manera más adecuada tanto el marco analítico, como los conceptos teóricos. Finalmente, se establece una relación de vínculo entre las variables teóricas y las disponibles, y se señala la forma específica en la que se aproximan los conceptos, de manera señalada los de TIC y Capacidades.

## 2.1 Debate en torno a la definición de TIC

En los últimos 15 años, se ha puesto en el centro del debate de crecimiento económico, tanto en el ámbito académico (Argandoña, 2001; Gordon, 2000; Avgerou, 2003; 2010; Ngwenyama, et al., 2006; Nordhaus, 2001; Bresnahan, 1997; Gurbaxani y Whang, 1991; Malone et al., 1989; Hollenstein, 2004; Capel et al., 2004; Inklaar, O'Mahony et al., 2005; Bayo-Moriones et al., 2007; Carrera, 2010; Tödtling, Grillitsch, and Höglinger, 2012; Peppard and Ward, 2016) como por parte de organismos financieros y de cooperación internacionales (WEF, 2001, 2013; World Bank, 2012; OCDE, 2002, 2012), el papel que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), han jugado como herramientas para la mejorar de la productividad y el crecimiento económico.

Sin embargo, a pesar del difundido uso que las TIC han tenido en los últimos años, y de la proliferación de estudios relacionados, no existe una definición única, un estándar uniforme acerca de las tecnologías que comprenden, ni tampoco del alcance de sus funciones. Por mencionar solo un ejemplo, la CEPAL (2009) informa que para el 2009, de 20 países latinoamericanos para los cuales realizó una encuesta sobre el término, solo 9 de ellos contaban con una definición oficial por parte de las instituciones encargadas del desarrollo de la materia; 11 de ellos no tenían una definición de TIC.

Pero no solo eso; Baelo (2013) señala que “la pluralidad conceptual complica la síntesis y el desarrollo de las diferentes acepciones atribuidas a la concepción de TIC, haciendo difícil su adecuado estudio” (p. 30). Es por ello que, considerando la heterogeneidad de las definiciones, en el presente apartado se delimita el término.

Cobo Romaní (2009), realiza una revisión del concepto, comparando y jerarquizando el alcance del término para un conjunto de definiciones de TIC. Mediante la metodología Benchmarking compara 20 definiciones<sup>16</sup>, evaluando

---

<sup>16</sup> Las definiciones consultadas, provienen de los siguientes organismos, tanto públicos como privados, nacionales e internacionales: Banco Mundial, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

tres criterios; herramientas, usos e impactos. Si una determinada definición cumple con los 3 criterios, se asigna un valor alto, si cumple con 2, se asigna un valor medio, y con uno, un valor bajo.

Cobo Romaní (2009), concluye que a pesar de que hubo definiciones con puntajes altos, ninguna desarrolla lo suficiente al menos uno de los 3 criterios, por lo que propone una definición propia;

Dispositivos tecnológicos (hardware y software) que permiten editar, producir, almacenar, intercambiar y transmitir datos entre diferentes sistemas de información que cuentan con protocolos comunes. Estas aplicaciones, que integran medios de informática, telecomunicaciones y redes, posibilitan tanto la comunicación y colaboración interpersonal (persona a persona) como la multidireccional (uno a muchos o muchos a muchos). Estas herramientas desempeñan un papel sustantivo en la generación, intercambio, difusión, gestión y acceso al conocimiento. (p.32).

Fernández Muñoz (2009) utiliza una definición más detallada en cuanto a los componentes técnicos y alcance de las TIC:

Las TIC se definen colectivamente como innovaciones en microelectrónica, computación, telecomunicaciones y optoelectrónica - microprocesadores, semiconductores, fibra óptica - que permiten el procesamiento y acumulación de enormes cantidades de información, además de una rápida distribución de la información a través de redes de comunicación. La vinculación de estos dispositivos electrónicos, permitiendo que se comuniquen entre sí, crea sistemas de información en red basados en un protocolo en común. Esto va cambiando radicalmente el acceso a la

---

(OCDE), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Programa Sociedad de la Información), Instituto para la Conectividad en las Américas (International Development Research Center), Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Council of European Professional Informatics Societies (CEPIS), Massachusetts Institute of Technology, Comisiones de Educación y Sociedad de la Información (Unión Europea), FutureLab, Oxford Internet Institute, Ministerio de Educación de Irlanda, Alemania, Inglaterra, China, India, Finlandia y Dinamarca, y World Summit on the Information Society.

información y la estructura de la comunicación, extendiendo el alcance de la red a casi todo el mundo. (p. 4).

Telefónica Movistar (2009), acota la definición a aspectos relacionados con la información y su administración en sistemas computacionales: "Las TIC son las tecnologías que se necesitan para la gestión y transformación de la información, y muy en particular el uso de ordenadores y programas que permiten crear, modificar, almacenar, proteger y recuperar esa información". (p 21).

Por su parte, la OCDE define a las TIC como "aquellos dispositivos que capturan, transmiten y despliegan datos e información electrónica y que apoyan el crecimiento y desarrollo económico de la industria manufacturera y de servicios" OCDE (2002). La anterior es una definición por demás limitada, ya que excluye a un conjunto de sectores a los que también contribuyen estas tecnologías.

Las anteriores definiciones, no cumplen con el conjunto de conceptos que el presente estudio de tesis intenta describir. En algunos casos, la velocidad de desarrollo del sector, ha puesto en el mercado un conjunto de bienes tecnológicos que hasta hace unos años no existía, por lo que se hace necesaria una actualización del término, una definición ad hoc para los fines que persigue el presente estudio.

### **2.1.1 Definición de TIC**

Desde el punto de vista de la presente tesis, las TIC constituyen un ecosistema integrado por un conjunto de dispositivos como PC's, Teléfonos, Tablets, y en general cualquier dispositivo de acceso a internet (televisiones inteligentes, bienes electrónicos con acceso a internet (internet de cosas)), los servicios de telecomunicaciones que habilitan la conectividad e interacción de los dispositivos, y el software (aplicaciones) que permiten su manejo, control, y más recientemente análisis de la información generada por aquellos.

De esta manera, la definición de Cobo Romaní (2009) es complementada con el conjunto de bienes y servicios que consideramos dentro del concepto de TIC, y que no se encuentran incluidos en aquella.

“Conjunto de dispositivos tecnológicos (hardware y software) y servicios asociados a ellos, que permiten editar, producir, almacenar, intercambiar, transmitir y analizar datos, entre diferentes sistemas de información que cuentan con protocolos comunes. Estas aplicaciones, que integran medios de informática, telecomunicaciones y redes, posibilitan tanto la comunicación y colaboración interpersonal, como la multidireccional”.

Los sectores y tecnologías específicas, que se incluyen dentro de la definición de TIC aquí propuesta, pueden ser analizados dentro de la taxonomía TIC (Select, 2015) que se muestra en el cuadro 2.1

**Cuadro 2.1. Taxonomía de las TIC**

<b>Taxonomía de las TICs</b>		
<b>Tecnologías de la información y comunicación (TIC)</b>	<b>Telecom</b>	Voz
		Transmisión de datos
		Internet
	<b>Consumibles</b>	Consumibles de impresión
		Otros consumibles
	<b>Equipo</b>	Componentes para dispositivos personales
		Equipo telecom
		Periféricos
		Servidores
	<b>Software</b>	Dispositivos personales de acceso
		Aplicativo
		Herramental
		Infraestructura y seguridad
	<b>Servicios TI</b>	Planeación
		Implementación
		Operación
		Soporte
	<b>Servicios en la Nube</b>	IaaS
PaaS		
SaaS		

Fuente: Elaboración propia en base a modelo de la oferta TIC de Select (2013).

Habiendo definido el concepto de TIC, queda por delimitar a cada uno de los sectores que lo comprenden:

1. **Telecom:** Conjunto de servicios que permiten la transmisión de información. Voz (Telefonía fija y Telefonía móvil). Datos (MPLS, Frame Relay, Ethernet y Líneas privadas). Internet (Banda Ancha, Angosta y Dedicado).
2. **Consumibles:** Productos adicionales que complementan el uso de un producto TI o periférico. Consumibles de Impresión (Tóner y Cartuchos de Tinta). Consumibles de Almacenamiento (CD-R, CD-RW, DVD-R, DVD-RW, USB y Hard Drives). Consumibles de Papelería (Papeles y Transparencias).
3. **Equipo:** Corresponde a las partes tangibles de un sistema informático. PCs (Escritorio, Portátil, Ultraportátil, Tablet, Netbooks y All in One). Servidores (Cisc, X64, X86, Almacenamiento y Actualizaciones para Servidores). Periféricos (Impresión, Cámaras Digitales, Escáner y Proyector).
4. **Software:** Es todo programa o aplicación programado para realizar tareas específicas. Infraestructura y seguridad (Sistemas operativos, System Management, Virtualización, Almacenamiento y Seguridad). Herramental (Desarrollo, Integración, Base de Datos, Suites de Productividad y Business Intelligence). Aplicativo (Administrativas, Verticales, Colaboración, Content management, ERP, CRM, SCM y Knowledge management).
5. **Servicios TI:** Corresponde al conjunto de actividades que soportan un servicio y le proporcionan un valor agregado. Implementación (Desarrollo de software a la medida e Integración de redes, infraestructura, soluciones de seguridad, aplicaciones, etc.). Operación (Outsourcing integral; SOC y NOC; servicios administrados de videovigilancia, centro de datos, conmutadores, equipos de escritorio, soluciones de impresión y AMS). Soporte (Servicios de misión crítica y Soporte técnico básico de HW y SW). Planeación (Capacitación y Consultoría).
6. **Servicios en la nube:** Se refiere a la contratación de info-estructura de TIC como un servicio proveído bajo demanda a través de Internet. SaaS

(Software as a Service). IaaS (Infrastructure as a Service). PaaS (Platform as a Service).

## **2.2 Disponibilidad y selección de información**

En 1987, Robert Solow, en una famosa entrevista realizada por *The York Times* (1987) a propósito del auge en el uso de tecnología, comenta que el incremento en la adopción y uso de las computadoras ha sido tan generalizado, que aquellas podían encontrarse prácticamente en todos lados, excepto en las estadísticas de productividad. En la actualidad, la inquietud de Solow tendría que ser necesariamente menor, en virtud de la gran cantidad de información disponible relacionada con la masiva adopción de infraestructura TIC (tanto a nivel de personas, como de empresas) a nivel de regiones, países e incluso sectores de actividad económica al interior de cada uno de ellos.

La creciente importancia que en años recientes se ha dado al uso de estas tecnologías como factor de crecimiento económico, se ha visto reflejada en un incremento de las fuentes de información disponibles al respecto; por un lado, las organizaciones tradicionales encargadas de promover la cooperación y el desarrollo económico (Banco Mundial, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, Fondo Monetario Internacional, Foro Económico Mundial, Comisión Económica para América Latina) han incorporado de manera sistemática y regular en sus publicaciones de información, cifras vinculadas a la adopción mundial de TIC.

Por otra parte, se han creado una serie de organizaciones internacionales especializadas en el análisis, difusión y promoción de los beneficios de la adopción de TIC (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Alianza Mundial de Información sobre tecnología y Servicios, en otras), con publicaciones regulares de información sobre la adopción y el despliegue de inversión en TIC en los países.

Este conjunto amplio de información, tiene la ventaja de permitir la realización de comparaciones entre las mismas variables, tomando en cuenta los mismos conceptos y unidades de medida, con estándares internacionales de calidad en la información. La siguiente tabla muestra las principales fuentes de información referentes a la disponibilidad de infraestructura, inversión y gasto en TIC disponibles a nivel de países:

**Figura 2.2. Disponibilidad de información de TIC a nivel internacional**

Nombre	Fuente	Descripción	Periodicidad	Cobertura o extensión
Networked readiness index	Foro Económico Mundial	Mide la adopción e implementación de tecnologías de la información a partir de 3 grandes pilares con 9 subcategorías. 1. Ambiente TIC, 2. Capacidades TIC de los países, 3. Uso de TIC. El resultado es un índice compuesto ponderado que ordena a los países de acuerdo las calificaciones, con datos provistos por los organismos encargados a nivel nacional de generar la información.	Anual	144 países
Measuring Information Society	Unión Internacional de Telecomunicaciones	cifras de banda ancha por tecnología, número de usuarios de telefonía fija y telefonía móvil, e índices de precios cada uno de esos servicios	Anual	166 países
World Information Technology and Services Alliance	WITSA	Datos del gasto y la inversión de los individuos y de los gobiernos, de manera anual, tanto en valores monetarios (dólares ajustados con paridad de poder de compra) como porcentaje del PIB de cada economía	Bienal	76 países
World Development Indicators	Banco Mundial	Datos de internet de banda ancha, número de teléfonos móviles y teléfonos fijos	Anual	248 países

Fuente: Elaboración propia con base en información disponible de los principales organismos internacionales de desarrollo y cooperación

Si bien, estas fuentes de información permiten obtener una visión general de la disponibilidad de infraestructura TIC a nivel de cada país, son en la mayoría de los casos, niveles de información muy agregados, y no permiten apreciar las diferencias existentes entre distintas actividades (o grupos de actividades) económicas, ni tamaños de las organizaciones que las realizan.

Para el caso particular de la economía mexicana, la creciente importancia que a nivel internacional se ha dado a la publicación de este tipo de información, se ha visto reflejada en la evolución de las estadísticas nacionales vinculadas a la disponibilidad de TIC.

En los primeros años de la década de 2000, solo se contaba con algunas fuentes estadísticas privadas, relacionadas al número de computadoras y accesos telefónicos, mientras que la información pública era, en la mayoría de los casos, de escasa fiabilidad. En la actualidad, se cuenta con un número importante de fuentes de información a nivel nacional, al tiempo que la calidad de la misma ha mejorado notablemente, alineando la información con los estándares de calidad y niveles de desagregación de la misma, de las publicaciones internacionales de la figura 2.2. Ello le confiere a la información nacional, las mismas ventajas y desventajas de la información disponible a nivel internacional.

A pesar de notorios avances en la generación de fuentes de información, que permiten realizar comparaciones más confiables y analizar el crecimiento e importancia del sector de TIC, la mayoría de esta información se relaciona con la disponibilidad de infraestructura a nivel general y agregado, y no permite obtener evidencia de los usos que se le da a esa infraestructura, las posibles relaciones causales que se establecen entre la disponibilidad y usos, y en última instancia, obtener evidencia clara sobre la existencia de un impacto de dichas tecnologías sobre el crecimiento económico y la productividad.

En cuadro 2.3 muestra algunas de las más importantes fuentes de información a nivel nacional, la organización encargada de generarlas, así como una breve descripción de la información disponible en cada una de ellas.

**Cuadro 2.3. Disponibilidad de información de TIC a nivel nacional**

Nombre	Fuente	Descripción	Periodicidad
Sistema de información estadística de los mercados de telecomunicaciones	Instituto Federal de Telecomunicaciones	Cifras de indicadores globales del sector, Telefonía fija por entidad federativa, Internet, Telefonía móvil, Televisión restringida, Telefonía pública.	Trimestral
Datos de consultoras privadas	IDC, Select, Garner	Ingresos, precios y accesos de internet por tecnología (ADSL, Coaxial, ISDN, Satelital, Wimax, Fibra óptica, etc.), telefonía fija y móvil por tipo de pago, Televisión restringida, venta de software, y servicios TIC y en la nube, entre otros indicadores	Trimestral
Reportes financieros	Empresas de TIC que cotizan en la bolsa de valores	Ingresos de la venta de servicios TIC, número de accesos vendidos, CAPEX, OPEX, EBITDA	Trimestral
KLEMS México	INEGI	Datos a nivel de subsector de Capital TIC y Capital no TIC, Trabajo, Energía, Materiales y Servicios y Productividad total de los factores	Anual, de 1990 a 2013
ENIGH	INEGI	Cifras del gasto de los hogares mexicanos que gastan en tecnologías de la información y comunicación	Bienal
Fuente: Elaboración propia con base en información disponible de los principales organismos internacionales de desarrollo y cooperación			

Dadas las limitaciones para entender el uso y aprovechamiento que las organizaciones en México están dando a la tecnología, en 2009 CONACyT, en colaboración con INEGI, realizan un primer esfuerzo por obtener información que permita entender de manera sistemática, las inversiones, capacidades y usos que las organizaciones, dan a la tecnología, particularmente a las TIC; a continuación, se describen las principales características y evolución de ese primer esfuerzo.

### 2.2.1 Encuesta sobre Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (ENTIC)

En un primer esfuerzo para detectar el nivel de utilización, inversión y desarrollo de recursos humanos en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en las empresas del sector privado en México, en el año 2004 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en convenio con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), llevó a cabo el levantamiento de información del Módulo de Tecnología de Información y Comunicaciones (MTIC), durante la

realización de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo de Tecnología (ESIDET 2004), ambos financiados por el CONACYT.

En el 2009, también con financiamiento de CONACYT y en convenio con el INEGI, se decide extraer de la ESIDET al módulo MTIC, y levantarlo como una encuesta separada; esta encuesta recibió en nombre de Encuesta sobre Tecnologías de la Información y las comunicaciones (ENTIC 2009), cuyo objetivo fue identificar información relacionada con los recursos humanos, financieros y de infraestructura que las empresas del sector privado destinan en la utilización de las tecnologías de la información, así como los usos que se dan a las mismas.

En el 2013, con la finalidad de dar continuidad y seguimiento a la información captada en 2009, así como para evaluar los avances en uso, desarrollo e inversión en TIC por parte del sector privado en México, se llevó a cabo la segunda versión de la ENTIC 2013, en esta ocasión bajo la supervisión exclusiva de INEGI.

### 2.2.2 Características de la encuesta

La Encuesta sobre Tecnologías de la Información y Comunicación (ENTIC), ha sido realizada en dos versiones, la primera en el año 2009 por el CONACyT y la segunda en el 2013 por el INEGI<sup>17</sup>, con el objetivo de obtener información relacionada con los recursos humanos, financieros y de infraestructura que las empresas del sector privado destinan en la utilización de las tecnologías de la información, que permita generar estadísticas e indicadores que apoyen el diseño de políticas públicas para el desarrollo del sector productivo relacionado con estas tecnologías.

El diseño, elaboración y metodología de cálculo de la encuesta fueron ajustados a la normatividad internacional vigente en la materia, a fin de asegurar la comparabilidad internacional de la información<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup> Aunque fue realizada por el INEGI, tuvo el apoyo económico de CONACyT.

<sup>18</sup> Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), Manual para la producción de estadísticas sobre la economía de la información. Partnership para la Medición de las TIC para el Desarrollo,

Los temas que abarca la encuesta, se dividen de la siguiente manera:

1. Características generales de la empresa
2. Medios de comunicación
3. Equipo de computo
4. Tecnologías y uso de la información
5. Trabajo a distancia
6. Computación en nube
7. Comercio electrónico
8. Personal que utilizó equipo de cómputo
9. Capacitación al personal en tecnologías de la información
10. Prospectiva en áreas informáticas
11. El uso de las TIC's en proyectos de innovación

Los temas agrupan un total de 389 variables disponibles en el laboratorio de microdatos del INEGI (solo una pequeña parte de ellas se encuentra disponible en línea).

#### *2.2.2.1 Marco de la encuesta*

El marco de muestreo está formado por todas las empresas del directorio definitivo de los Censos Económicos 2009 clasificadas en las actividad de los sectores minería, manufacturas, comercio, construcción, electricidad, transportes y comunicaciones y servicios, actualizado con base en la información proveniente del Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE); se incluyen a las empresas del directorio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y para construcción únicamente a las 50 empresas más importantes.

El marco de la encuesta queda integrado por 157 611 empresas con 10 o más personas ocupadas.

---

(ITU, OCDE, UNCTAD, EUROSTAT, UNDESA, UIS-UNESCO, CEPAL, ESCAP, ESCWA), Indicadores Clave sobre TIC, 2010.

#### *2.2.2.2 Tipo de muestreo*

La unidad de muestreo es la empresa. El esquema de muestreo es probabilístico y estratificado, es probabilístico porque cada empresa tiene una probabilidad diferente de cero de ser seleccionada y estratificado porque se agrupan en grupos de personal ocupado.

#### *2.2.2.3 Tamaño de la muestra*

Se obtuvo el tamaño de muestra para estimar un total para cada dominio con un nivel de confianza del 95%; error relativo del 8% y una tasa de no Respuesta del 15% con la variable Personal Ocupado.

Para el año 2009, se encuestaron 4905 empresas, mientras que para el año 2013 fueron encuestadas 6468 organizaciones, en ambos casos, constituyen empresas de más de 10 empleados con representatividad a nivel nacional.

#### *2.2.2.4 Información por subsector y tamaño*

Por lo anterior, queda claro que si bien la Encuesta sobre Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, tiene una serie importante de limitaciones y áreas de oportunidad de mejora, en la actualidad constituye la única fuente de información estadística en México que permite la obtención de datos relacionados con la disponibilidad de TIC en las empresas, las capacidades tecnológicas de las organizaciones, los usos que éstas dan a la infraestructura tecnológica y los resultados que en términos de productividad, tienen mediante los eslabonamientos de infraestructura, capacidades y usos.

Por ello, constituye la fuente de información disponible más alineada con los objetivos que persigue la presente tesis, y como tal, es seleccionada como punto de apoyo estadístico a partir de la cual el vínculo entre tecnología, capacidades de las organizaciones, usos y desempeño económico, es abordado en la presente investigación.

En este punto conviene señalar que si bien, la encuesta cuenta con características que permiten realizar un análisis riguroso del impacto de la tecnología y las capacidades en la productividad, también tiene limitaciones importantes; la más importante de ellas es que excluye a un porcentaje alto del conjunto de las organizaciones en México, concretamente, aquellas menores a 10 empleados. Este conjunto no considerado en la encuesta, es importante en términos del volumen (cerca del 90% del total de empresas en México), pero también en términos del entendimiento de cómo impactan la tecnología y las capacidades al desempeño organizacional.

De manera sobresaliente, el análisis aquí realizado no permite entender a un segmento que, como resultado de un alto uso tecnológico, ha automatizado una serie de procesos de negocio que les ha permitido que con un número reducido de trabajadores puedan generar altos niveles de valor agregado. Para el caso de este segmento de empresas, la conjunción exitosa de capacidades y tecnología, permite que puedan operar con pocos trabajadores y sean altamente productivas.

La información disponible en el portal del INEGI relacionada con la encuesta ENTIC, tiene un nivel de agregación que permite el análisis de la información mediante dos vistas; por un lado, a nivel de 78 subsectores de actividad económica del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), y por el otro a nivel de tamaño de empresa (5 tamaños de empresa); sin embargo, no todas las variables de la encuesta se encuentran disponibles en línea, lo que constituye una limitante adicional.

Como ha quedado claro en el apartado 1, la perspectiva a partir de la cual el impacto de la tecnología sobre el crecimiento económico es abordada en el presente estudio de tesis, es la hipótesis de que las TIC por sí solas no son suficientes para generar cambios en la eficiencia productiva, si no que se requiere de un conjunto de capacidades para determinar el uso y aprovechamiento que se da de las mismas y que esos usos determinan en última instancia el impacto sobre la eficiencia. Ello implica estudiar las características particulares que determinan ese impacto, y si esas características están

vinculadas a la actividad económica que se realiza y al tamaño de las organizaciones que las llevan a cabo; en otras palabras, se pretende analizar cuáles son los factores que se encuentran detrás de esas diferencias en el impacto.

Por lo tanto, para realizar el análisis es necesario contar con información que permita diferenciar no solo la actividad económica realizada, sino también el tamaño de la organización que la realiza.

Las organizaciones de un mismo subsector pueden tener variables ligadas al desempeño y a la disponibilidad y uso de TIC, diametralmente distintas a las de empresas de diferente tamaño dentro del mismo subsector. En este sentido, el tamaño puede constituirse como uno de los factores que determinan el grado de intensidad tecnológica y aprovechamiento de TIC y probablemente su productividad. Como ejemplo, baste considerar las empresas de comercio al por menor; dentro de este subsector, coexisten empresas de un muy alto uso tecnológico y alta productividad (cadenas de supermercados), con empresas de escaso uso de tecnología y baja productividad (misceláneas). Cuando las diferencias de tamaño de empresa no son consideradas, los datos del subsector tienden a promediar empresas de características diametralmente opuestas, y a mostrar características que no reflejan la realidad de ninguno de los dos extremos.

Por lo anterior, es necesario abordar el estudio de los factores determinantes del aprovechamiento tecnológico desde una perspectiva que contemple, tanto las diferencias entre las actividades económicas, como los tamaños de las unidades que las realizan.

### 2.2.3 Selección de variables y construcción de conceptos

Como quedó establecido en el apartado 2.1, en donde se analiza el debate existente alrededor de la definición de TIC, no existe consenso en torno a los servicios tecnológicos que deben ser incluidos en el concepto global, y aún más, si se considera la velocidad con la cual las TIC han ido incorporando productos

y servicios hasta hace poco inexistentes. Más aún, la línea que separa a las TIC de otro tipo de tecnología se ha ido haciendo más delgada, al grado de que para industrias específicas, esa distinción ha dejado prácticamente de existir; considerese el caso de la industria automotriz, en donde los vehículos nuevos incorporan hardware para hacer llamadas y conectarse a internet, software para navegación y rutas (GPS), entre muchos otros dispositivos, típicamente considerados como TIC.

Dado lo anterior, en el apartado 2.2 se propuso una taxonomía amplia, con una definición propia de TIC y con una lista definida de los productos y servicios tecnológicos que incluye el concepto. De esta manera, el siguiente paso en la investigación consiste en ligar esa taxonomía con las variables disponibles en el laboratorio de microdatos provenientes de la encuesta ENTIC; ello nos permitirá tener una visión más completa de la infraestructura TIC de la que disponen las organizaciones, y posteriormente, vincularlo con la propuesta teórica mostrada en la figura 1.

#### *2.2.3.1 Infraestructura TIC*

El análisis comienza con las variables contenidas en el concepto de infraestructura TIC, mismas que se muestran en la taxonomía propuesta; el empate entre las variables disponibles en ENTIC y la taxonomía de infraestructura propuesta, se puede apreciar en el cuadro 3.5. Cabe resaltar que no todos los elementos de la taxonomía se corresponden 1 a 1 con los mostrados en el cuadro 3.5, sino que, en la mayoría de los casos, las variables fueron construidas mediante el uso de dos o más variables disponibles en la encuesta; la manera específica en la que cada variable se construyó a partir de otro conjunto de variables disponibles en ENTIC, se muestra más adelante.

**Cuadro 2.4. Comparación entre taxonomía propuesta y variables ENTIC**

Taxonomía		Variables disponibles en ENTIC		
	Gran agrupación	Desglose	Variables de disponibilidad de infraestructura	Variables de gasto
Tecnologías de la información y comunicación	Telecomunicaciones	Voz (fija y móvil)	Cuenta con línea fija	Gasto total en telecomunicaciones
			Cuenta con línea móvil	
		Transmisión de datos	ND	
		Internet	Cuenta con internet	
	Consumibles	Consumibles de impresión	ND	ND
		Otros consumibles	ND	ND
	Equipo	Computadoras	Cuenta con computadora	ND
		Equipo Telecom	ND	ND
		Periféricos	ND	ND
		Servidores	Cuenta con servidores	ND
		Dispositivos personales de acceso	ND	ND
	Software	Aplicativo	Cuenta con Software Aplicativo	Gasto total en software y aplicaciones
		Herramental	Cuenta con Software Herramental	
		Infraestructura y seguridad	Cuenta con Software de seguridad	
	Servicios TI	Planeación	ND	ND
		Implementación	ND	ND
		Operación	ND	ND
Soporte		ND	ND	
Servicios en la nube	Infraestructura como Servicio	Cuenta con servicios de infraestructura en la nube	Gasto total en almacenamiento en la nube	
	Plataforma como Servicio	Cuenta con servicios de plataforma en la nube		
	Software como Servicio	ND		

Fuente: Elaboración propia con base en taxonomía propuesta e información disponible en la ENTIC, 2009 y 2013.

### 2.2.4 Capacidades

Habiendo ligado la taxonomía con las variables disponibles de la ENTIC en el laboratorio de microdatos, se tiene un panorama amplio de la disponibilidad de infraestructura TIC en las empresas; sin embargo, de acuerdo a nuestra propuesta teórica, quedan por estudiar cuales son las variables que pueden ser vinculadas con las capacidades tecnológicas de las organizaciones, y si éstas, ligadas con la disponibilidad de infraestructura TIC, dan como resultado un uso y aprovechamiento de la tecnología que genera innovación, crecimiento, y el

circulo virtuoso que en general se atribuye al uso de TIC, o por el contrario, no existe dicha relación.

De esta forma, el siguiente paso en la investigación, consiste en analizar qué variables disponibles en la encuesta ENTIC pueden ser asociadas al concepto de "capacidades tecnológicas"

El término capacidades, es un concepto bastante amplio, que puede definir un conjunto de características o cualidades que hacen "capaz" al objeto que las posee de lograr un resultado. Debido a la amplitud del término, es necesario definir qué se entiende por capacidades tecnológicas de las organizaciones, y como este concepto puede hacerse operativo o cuantificable mediante las variables de las que se dispone información.

#### *2.2.4.1 Capacidades tecnológicas*

Como quedó definido en la sección 1.4, tanto la teoría del crecimiento endógeno como la teoría evolucionista, constituyen importantes teorías vinculadas con la importancia de las capacidades como determinante del desempeño de las organizaciones. Dentro del conjunto de capacidades genéricas destacado por aquellas teorías, de manera reciente se ha desarrollado literatura que analiza la importancia de tipos específicos de capacidades, dentro de las cuales, las tecnológicas son de particular relevancia (Bates, 2001; Colle y Yonggong, 2002; Kozma, 2005). De acuerdo con Brown y Domínguez (2004), "cualquier medición requiere de un instrumento y un estándar de agregación. La producción es una variable medida en toneladas o unidades, los retornos de inversión como un porcentaje del capital invertido, y los costos en unidades monetarias. Sin embargo, las variables relacionadas a las capacidades, no pueden ser medidas de esta manera, ya que su complejidad conceptual implica que no pueden ser observadas de manera directa y de forma aislada". (p. 133). En este sentido, las capacidades tecnológicas es un concepto que es necesario construir y delimitar; de esta forma, entendemos por capacidades tecnológicas al conjunto de cualidades de las organizaciones o empresas, que determinan el aprovechamiento de la infraestructura tecnológica definida en la sección

anterior. Para los fines que persigue el presente estudio de tesis, estas capacidades se vinculan principalmente, con factores relacionados con el nivel educativo, la experiencia laboral y la capacitación que posea la fuerza de trabajo que utiliza la infraestructura TIC, con la idea de que entre mayores sean esas capacidades laborales, mayor será su capacidad de utilizar productivamente la tecnología. Así, las variables disponibles en la encuesta ENTIC que nos permiten realizar la evaluación de las capacidades tecnológicas se describen en el cuadro 2.5.

**Cuadro 2.5. Variables de capacidades, ENTIC**

<b>Información disponible en la encuesta ENTIC para evaluar las capacidades</b>		
<b>Remuneraciones</b>	<b>Personal</b>	<b>Capacitación</b>
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto de dirección y posgrado	Personal directivo con acceso a equipo de computo	Capacitó al personal en TIC
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto de supervisión y posgrado	Personal de supervisión con acceso a equipo de computo	Número de cursos de menos de 10 hrs a la semana
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto operativo y posgrado	Personal operativo con acceso a equipo de computo	Número de cursos de menos de 20 hrs a la semana
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto de dirección y licenciatura	Personal directivo con acceso a internet	Número de cursos de más de 20 hrs a la semana
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto de supervisión y licenciatura	Personal de supervisión con acceso a internet	Total de cursos contratados
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto operativo y licenciatura	Personal operativo con acceso a internet	Tuvo al menos un proyecto de innovación
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto de dirección y bachillerato	Cuenta con departamento de sistemas o informática	
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto de supervisión y bachillerato	Personal con posgrado	
Remuneraciones al personal del departamento de sistemas con puesto operativo y bachillerato	Personal con licenciatura	
	Personal con bachillerato	

Fuente: Elaboración propia con base en información disponible en la ENTIC, 2009 y 2013.

### 2.2.4.2 Capacidades organizacionales

Para el conjunto de variables disponibles del cuadro 3.6, es necesario realizar agregaciones en virtud de que, para los fines que persigue la presente tesis, no interesa analizar los puestos o la duración específica de los cursos de capacitación tomados, por mencionar solo algunos ejemplos, pero sí, el cómo influye la suma de capacidades en el uso de TIC. Agregando las variables del cuadro 2.5, se obtiene la información del cuadro 2.6<sup>19</sup>.

**Cuadro 2.6. Síntesis de variables de capacidades, ENTIC**

<b>Información disponible en la encuesta ENTIC para evaluar las capacidades tecnológicas de las organizaciones</b>		
<b>Remuneraciones</b>	<b>Personal</b>	<b>Capacitación</b>
Remuneraciones del departamento de sistemas al personal con posgrado	Total del personal con acceso a computadora	Capacitó a su personal en TIC
Remuneraciones del departamento de sistemas al personal con licenciatura	Total del personal con acceso a internet	Número de horas promedio de capacitación
Remuneraciones del departamento de sistemas al personal técnico	Cuenta con departamento de sistemas	Tuvo proyectos de innovación
	Personal con posgrado	
	Personal con licenciatura	
	Personal con bachillerato o técnico	
<b>Fuente: Elaboración propia con base en información disponible en la ENTIC, 2009 y 2013.</b>		

<sup>19</sup> La agregación se llevó a cabo de la siguiente manera; para el caso de las remuneraciones (consideradas aquí como un proxy de capacidades) las remuneraciones promedio por empleado, por puesto y por nivel de escolaridad, se multiplicaron por el número de empleados por puesto y nivel de escolaridad, de tal modo que se obtuviera una cifra de remuneraciones totales por puesto y nivel de escolaridad; posteriormente, se sumaron todas las remuneraciones totales por puesto, para tener remuneraciones totales por nivel de escolaridad; esa cifra fue dividida entre el número de empleados por nivel de escolaridad, obteniéndose remuneraciones promedio por empleado por nivel de escolaridad (posgrado, licenciatura, técnico).

En el caso de las capacidades del personal, se sumó el número de empleados por puesto para cada nivel de escolaridad, teniendo como resultado, el total de empleados con acceso a computadora e internet, de acuerdo al nivel educativo.

Para las variables de capacitación en TIC, para aquellas empresas por subsector que respondieron haber capacitado a su personal en TIC, se tomó el número de cursos, y se multiplicó por su duración de rango medio, para tener un número total de horas de capacitación.

Las remuneraciones se consideran como una capacidad, debido a su carácter de variable proxy de las capacidades de la fuerza de trabajo; teóricamente, entre mayores sean las capacidades del personal, las remuneraciones tenderán a reflejar esas mayores capacidades.

#### *2.2.4.3 Capacidades como determinantes del aprovechamiento*

De lo anterior, queda claro que si bien, algunas de variables disponibles en la encuesta son útiles para construir a las variables proxy del concepto de capacidades, tanto laborales como organizacionales, la manera específica en la que estas capacidades están o no presentes en las empresas, solo es observable, y por lo tanto medible, en la medida en la que aquellas se plasman en prácticas específicas; en la medida en la que ello ocurre, se puede asociar la existencia de esas capacidades con una forma concreta y delimitada del aprovechamiento que dan a la tecnología. En otros términos, es posible ligar el concepto de capacidades con los usos disponibles en la ENTIC.

Ello es posible, en virtud de que, los factores de disponibilidad de infraestructura TIC y capacidad tecnológica de las organizaciones, determinan el uso que se da a la tecnología, y en última instancia el cómo esta se incorpora en los procesos productivos de las empresas, generando innovación, produciendo reorganizaciones del proceso productivo, ampliando los mercados, etc. Sin embargo, este también resulta ser un concepto que es necesario construir, en virtud de que no existe un estándar del mismo y no es observable ni medible de manera directa.

De esta forma, definimos uso y aprovechamiento, como la forma particular en la cual las organizaciones, dadas sus capacidades tecnológicas, incorporan dentro de sus procesos productivos las tecnologías de información y comunicación. La aproximación teórica que realizamos aquí, sugiere que entre mayores sean las capacidades tecnológicas de las empresas, mayor será la incorporación de la infraestructura TIC a los procesos productivos y por lo tanto, mayor su eficiencia productiva.

Lo anterior, implica conceptualizar el uso y aprovechamiento tecnológico como un proceso gradual, susceptible de ser medido y que es reflejo las capacidades. Si bien, esta aproximación no busca establecer mediciones puntuales de cada uno de los usos, resulta necesario construir algunos criterios que permitan ordenar esos usos de acuerdo al impacto que potencialmente ejercen en las organizaciones, así como de las capacidades requeridas para implementar cada uso en específico. Para ello, se propone la construcción de un índice de uso y aprovechamiento de TIC, con los datos provenientes de la ENTIC obtenidos en el laboratorio de microdatos. La forma particular de construcción de este índice, que permite aproximar las capacidades organizacionales, se muestra a continuación.

La información disponible en la encuesta, permite integrar en el concepto 3 factores principales; el primero de ellos se constituye por los usos que las organizaciones dan al internet; el segundo, por el uso que dan al software, mientras que el tercero, se encuentra integrado por los usos que las empresas hacen de los servicios en la nube. La información de la que se dispone para la realización del índice se muestra en el cuadro 2.7.

**Cuadro 2.7. Variables disponibles para evaluar usos tecnológicos**

Información disponible en la encuesta ENTIC para evaluar los usos tecnológicos de las organizaciones		
Usos de internet	Usos de software	Usos de nube
Utilizó internet para búsqueda de información	Utilizó software para administración de nómina	Utilizó nube para almacenar información
Utilizó internet para transferencia de información	Utilizó software para recursos humanos	Utilizó nube para memoria de procesos críticos
Utilizó internet para atención a proveedores	Utilizó software para contabilidad	Utilizó nube para incrementar capacidad computacional
Utilizó internet para dar servicio a clientes	Utilizó software para administración de compras y pagos	Utilizó nube para mejorar tráfico de datos
Utilizó internet para realizar transacciones financieras	Utilizó software para facturación	Utilizó nube para realizar comercio electrónico
Utilizó internet para realizar pagos no gubernamentales	Utilizó software para uso de información	Utilizó nube para aplicaciones de negocio
Utilizó internet para publicidad	Utilizó software para ventas	Porcentaje del volumen de datos almacenados en la nube
Utilizó internet para reclutamiento de personal	Utilizó software para inventarios	Porcentaje de servicios TIC que se realizan en la nube
Utilizó internet para acceder a sitios gubernamentales	Utilizó software para administración	
Utilizó internet para realizar capacitación a distancia	Utilizó software para control de procesos	
Utilizó internet para realizar trámites	Utilizó software para diseño	
Utilizó internet para pagos de servicios	Utilizó software para logística	
Utilizó internet para pago de impuestos	Utilizó software para producción	
Utilizó internet para levantar quejas y denuncias		
Utilizó internet para consulta de saldos		
Utilizó internet para transferencias de dinero		
Utilizó internet para realizar inversiones no bursátiles		
Utilizó internet para pago de seguros		
Utilizó internet para pago a proveedores		
Utilizó internet para depositos a clientes		
Utilizó internet para pago de nómina		
Utilizó internet para pago de servicios		
Utilizó internet para pago de impuestos		

Fuente: Elaboración propia con base en información disponible en la ENTIC, 2009 y 2013.

#### 2.2.4.3.1 Cálculo del índice de uso y aprovechamiento

Uso y aprovechamiento es un concepto que describe los usos que las organizaciones dan a la tecnología de la que disponen y la manera en la que aprovechan las ventajas de la misma y que a su vez es reflejo de las capacidades. El concepto de uso no es lineal, en virtud de que existen diferentes niveles en los que el uso de la tecnología se incorpora dentro de los procesos productivos; a medida que los usos tienden a impactar el desarrollo de procesos y generar cambios en las organizaciones, el impacto que tiene la tecnología tiende a ser mayor. Por el contrario, si los usos no se vinculan con los procesos productivos de las organizaciones, los cambios que pueden generar son limitados, y en consecuencia el impacto sobre la productividad también.

De lo anterior, se deduce la existencia de una serie de usos que podrían considerarse como básicos y otros que, por el contrario, representan un grado superior de avance en términos de administración de procesos y alineación a los

procesos productivos y de negocio de las organizaciones. Si bien, esta serie de usos no son excluyentes el uno del otro (de hecho, en ocasiones se sobreponen y confluyen tangencialmente), resulta útil realizar una clasificación de los mismos, que permita al menos ordenarlos de acuerdo a su nivel de complejidad y alineación con los procesos productivos de las empresas.

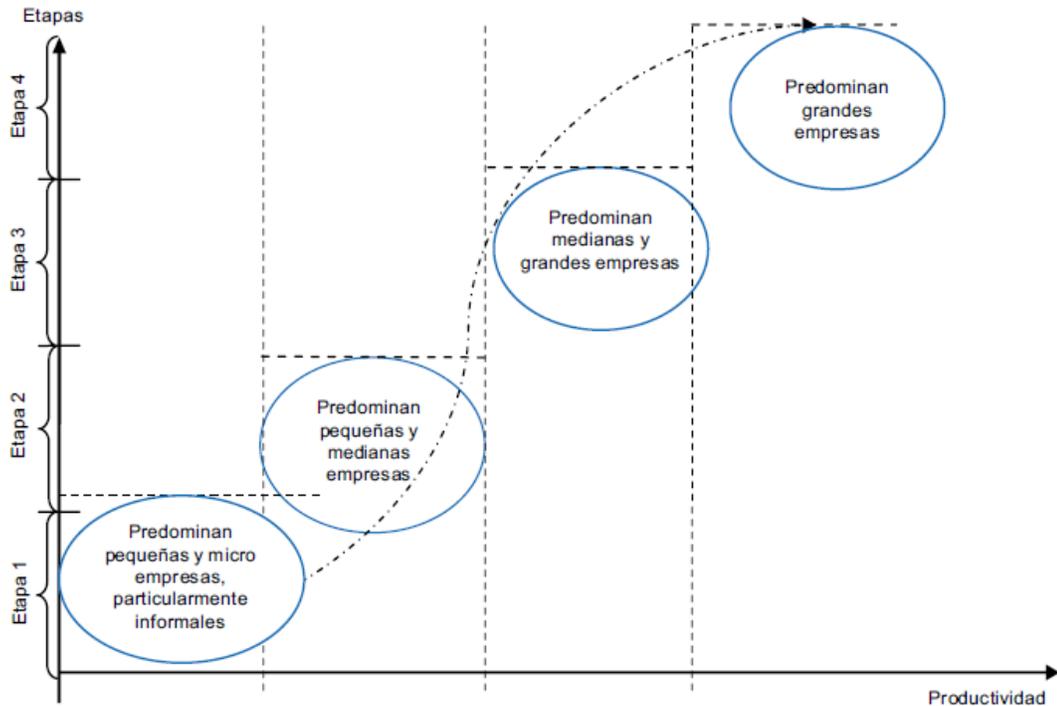
BID, CEPAL, OEA, (2011), analizan el proceso en el que las empresas requieren del desarrollo de un conjunto de capacidades de maduración en el uso de TIC, para generar cambios en la productividad. Este proceso pasa de la simple utilización con impactos productivos no significativos, hasta el uso y aprovechamiento que transforma sus procesos productivos, de negocio y de toma de decisiones. Desde esta perspectiva, la incorporación de las tecnologías de información y comunicación en la dinámica de las empresas, se realiza en cuatro etapas a lo largo de un sendero evolutivo, relacionado íntimamente con el tamaño y madurez de las economías; estas etapas son descritas en las figuras 2.7 y 2.8.

**Cuadro 2.8. Definición de las características por etapa.**

<b>Etapa</b>	<b>Características</b>
I	Las empresas tienen problemas para acceder a las TIC. Predominan las micro y pequeñas empresas, en particular las informales.
II	Las empresas se concentran en la generación de la información y su manejo básico. Una parte de las empresas informales se han formalizado; predominan las pequeñas y medianas empresas.
III	Analizan esa información para la toma de decisiones. Una parte importante de la producción es realizada por empresas medianas y grandes.
IV	Articulan esas tecnologías y las aprovechan en la organización y en la producción, avanzando en innovación. Este proceso implica niveles cada vez mayores de productividad, fundamento de la competitividad, y mayores salarios. Existencia de un número importante de grandes empresas.

**Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Las TIC para el crecimiento y la igualdad: Renovando las estrategias de la sociedad de la información (LC/G.2464), Santiago de Chile, noviembre de 2010.**

Figura 2.9 Incorporación de TIC y productividad de las empresas



**Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Las TIC para el crecimiento y la igualdad: Renovando las estrategias de la sociedad de la información (LC/G.2464), Santiago de Chile, noviembre de 2010.**

En el caso de la economía mexicana, resulta claro que no existe homogeneidad en cuanto a la etapa en la que se encuentran las empresas. Considerando el sendero evolutivo descrito en la gráfica anterior, es posible catalogar los usos de TIC en cada una de las etapas (incipiente, básico, intermedio y avanzado) y considerar que cada una de las etapas puede ser identificada con usos correspondientes a cada una de ellas.

Si bien, cualquier clasificación que se realice en esta dirección corre el riesgo de ser arbitraria, la clasificación que aquí proponemos no busca asignar una calificación específica a cada uso de software, internet o de la nube, sino simplemente ordenarlos en función del grado de capacidades necesario para la

puesta en práctica de cada uso específico, atendiendo a los criterios que se muestran en el cuadro 2.10.

**Cuadro 2.10. Etapas de uso y aprovechamiento y cruce con las variables ENTIC**

DEFINICIÓN	ETAPA	VARIABLE ENTIC INTERNET	VARIABLE ENTIC SOFTWARE	VARIABLE ENTIC NUBE
Las empresas se concentran en la generación de la información y su manejo básico. Acceden a servicios ofrecidos por internet. Utilizan Software general, poco especializado.	II	Búsqueda de información en general	Utilizó software para facturación	Utilizó nube para almacenar información
	II	Transferencia de información	Utilizó software para contabilidad	Utilizó nube para incrementar capacidad computacional
	II	Transacciones financieras	Utilizó software para administración de nómina	
	II	Pago de servicios no gubernamentales	Utilizó software para administración de compras y pagos	
	II	Acceso a sitios gubernamentales	Utilizó software para recursos humanos	
Analizan esa información para la toma de decisiones. Generan servicios (a clientes y proveedores) mediante internet.	III	Atención a proveedores	Utilizó software para ventas	Utilizó nube para memoria de procesos críticos
	III	Reclutamiento y selección de personal	Utilizó software para inventarios	Utilizó nube para mejorar tráfico de datos
	III	Servicio a clientes	Utilizó software para administración	
Articulan esas tecnologías y las aprovechan en la organización y en la producción, avanzando en innovación.	IV	Publicidad de la empresa	Utilizó software para uso de información	Utilizó nube para realizar comercio electrónico
		Capacitación a distancia	Utilizó software para diseño	Utilizó nube para aplicaciones de negocio
	IV		Utilizó software para logística	

Fuente: Elaboración propia con base en BID, CEPAL, OEA, 2010 y ENTIC, 2013.

El ordenamiento de los usos fue construido de la siguiente manera: para cada variable disponible, se asocia un criterio de agrupamiento y otro de orden. Estos criterios permiten asignar una calificación relacionada a cada etapa de uso. Esa calificación es baja para los niveles de uso básico, y va subiendo a medida que la etapa de uso asciende, teniéndose la calificación más alta para los niveles catalogados de uso avanzado.

Los datos que fueron incluidos en el criterio de ordenamiento, son variables, cuyo peso se establece de manera relativa a cada uno de los sectores. Por ejemplo, se tiene el dato proveniente de la ENTIC del número de empresas que utilizan internet para búsqueda básica de información (criterio i) por subsector. Ese dato se transforma en relativo, dividiéndolo entre el número total de empresas que existen en el subsector, dando como resultado el porcentaje del total de empresas por cada subsector, que utilizan internet para búsqueda de información. Este proceso se repite para cada subsector (j). Ello determinará la intensidad relativa con la que el subsector (j) utiliza el criterio (i).

De manera paralela, se asignó a cada criterio (i), una calificación, que refleja de manera ascendente el tipo de uso de la información (incipiente, básico, intermedio y avanzado). Para los criterios que se asocian a la etapa II, la calificación asignada fue de 2 hasta 10 puntos, para los de la etapa III de 12 hasta 16 puntos, para los de la etapa IV de 18 hasta 22 puntos<sup>20</sup>.

De esta manera para cada uno de los valores de subsector (j), se promedió el conjunto de criterios (i) que se asociaba a cada etapa; el resultado se multiplicó por el valor asignado a cada etapa (de 2 hasta 22), generando de esta manera un criterio de ordenamiento.

El resultado es la generación de un índice de uso de TIC. Entre mayor sea este índice, mayor es la proporción de empresas que utilizan TIC con fines catalogados como avanzados de acuerdo a las definiciones del cuadro 2.10.

El cálculo del índice permite reducir a las 27 variables que componen los diversos usos de internet, software y de nube a solo tres variables, índice de usos de internet, índice de usos de software e índice de usos de nube; estos índices serán incluidos como variables para el análisis factorial.

Con la intención de construir una estructura de información y un modelo de análisis parsimonioso, en el siguiente capítulo, se describe el conjunto de metodologías que serán utilizadas para contrastar la hipótesis de la tesis.

---

<sup>20</sup> Por la construcción de la información aquí analizada, la etapa I queda excluida, ya que, por definición, ninguna de las organizaciones encuestadas en ENTIC se encuentra en esa etapa

## 2.3 Metodología

El análisis empírico se lleva a cabo con la intención de someter a contraste la hipótesis planteada. Esa hipótesis, para el caso de la presente tesis, consiste en una proposición, que intenta abonar a la discusión en torno al papel que juegan las TIC, para el caso de una economía de desarrollo medio, como la mexicana. En esa dirección, el objetivo del presente capítulo desarrollar el conjunto de herramientas metodológicas que, dados los objetivos de la tesis, permiten evaluar la pertinencia de la hipótesis con el conjunto de información disponible.

Para ello, del conjunto amplio de metodologías existentes fueron seleccionados 4 métodos, complementarios entre sí, que cumplen con las siguientes características

1. Permiten simplificar el análisis, ya que posibilitan la reducción de un número amplio de variables, a uno más pequeño y por lo tanto manejable, tanto en términos metodológicos, como de entendimiento.
2. Permiten la delimitación, construcción y medición de conceptos complejos, como el de capacidades, que si bien, son susceptibles de ser considerados de manera distinta, la selección metodológica aquí realizada, permite hacerlos operativos en función de los objetivos de tesis. De manera específica, en los puntos 1 y 2, contribuye el análisis factorial.
3. Una vez que, mediante la técnica de análisis factorial se simplifica el examen de las variables, tanto en términos de la reducción de las mismas, como de construir y hacer operativos conceptos complicados de delimitar, el análisis de conglomerados permite hacer una primera aproximación al vínculo existente entre aquellos.  
Este análisis permite analizar la similitud de las unidades de observación, así como la relación de esa similitud con la variable explicada, en función de los criterios o conceptos agrupados mediante el análisis factorial
4. Por su parte, el análisis econométrico permite, con distintos niveles de agregación de la información, validar las relaciones sugeridas por la

metodología de conglomerados, así como cuantificar, de manera puntual, el impacto de las variables obtenidas mediante el análisis de factores y la variable dependiente. En conjunto, estas tres metodologías, permiten obtener información a nivel macroeconómico, y por subsector y tamaño (nivel meso) de la relación existente en función de la propuesta teórica planteada.

5. Cuando un tipo específico de análisis econométrico se realiza, se plantea de manera implícita una suposición acerca de la forma funcional que adopta la relación teórica planteada. Desde el origen de la tesis, la disponibilidad de datos que permitieran validar la propuesta teórica plasmada en la hipótesis, constituyó una limitante, que pudo ser subsanada en la medida en la que se tuvo acceso la encuesta ENTIC a nivel de microdatos; sin embargo, dado que solo se dispuso de información para 1 año (es decir, se tienen datos de corte transversal), el número y alcance de las técnicas econométricas disponibles se encuentra limitado. En esta dirección, el análisis de redes neuronales artificiales (RNA), permite corregir algunas de las anteriores limitantes por las siguientes razones; primero, porque no supone una forma funcional a priori, sino que permite encontrar aquella que se asemeja de manera más adecuada a la relación existente entre la información, de acuerdo a la teoría planteada; segundo, porque el ajuste de la técnica, permite encontrar relaciones funcionales con mayor capacidad de predicción que con técnicas econométricas con datos de corte transversal y tercero, porque permite someter a contraste a nivel microeconómico, la hipótesis planteada. Una parte importante de la información que alimenta al modelo de RNA, proviene de las estimaciones factoriales. Por lo anterior, fueron seleccionadas las técnicas que se describen a continuación.

### **2.3.1 Análisis Factorial**

El análisis factorial es una técnica perteneciente al conjunto de análisis conocidos como multivariados, y permite la agrupación de datos para encontrar grupos

homogéneos de variables que se correlacionan entre sí, de entre un conjunto grande de las mismas. En principio, estos grupos son independientes cada uno del otro. A través de este análisis, se pueden encontrar un mínimo de dimensiones capaces de explicar el máximo de información contenida en los datos.

En otros términos, “un factor es una dimensión cualitativa en ejes de coordenadas, que definen el cómo las entidades (observaciones) difieren, justo como el tamaño o el sabor en un objeto, define sus dimensiones cualitativas” Brown & Domínguez (2004).

Este análisis permite encontrar dimensiones estructurales de características comunes que los datos poseen. Formalmente, El Análisis Factorial (AF) es un método multivariante que pretende expresar  $p$  variables observables como una combinación lineal de  $m$  variables hipotéticas o latentes, denominadas factores.

Estas variables o factores comunes, son obtenidos e interpretadas a partir de la matriz de correlaciones entre las variables:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & & r_{2p} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad \dots(1)$$

Para el caso de los modelos multifactoriales (como es el caso de estudio de la presente tesis) se considera que las  $p$  variables observables (internet, computadoras, remuneraciones, usos, etc.), dependen de  $m$  variables latentes o factores comunes, además de  $p$  factores únicos, asociados a cada una de las variables observables, de acuerdo al siguiente modelo lineal:

$$X_1 = a_{11}F_1 + \dots + a_{1m}F_m + d_1U_1 \quad \dots (2)$$

$$X_2 = a_{21}F_1 + \dots + a_{2m}F_m + d_2U_2 \quad \dots (3)$$

...

$$X_p = a_{p1}F_1 + \dots + a_{pm}F_m + d_pU_p \quad \dots (4)$$

El modelo de análisis multifactorial, parte de 2 hipótesis fundamentales:

1. Los factores comunes y los factores únicos están incorrelacionados, es decir:

$$\text{Cor}(F_i, U_j) = 0 \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, p. \quad \dots(5)$$

2. Los factores comunes y los factores únicos tienen media 0 y varianza 1<sup>21</sup>:

$$\mu = 0, \sigma = 1$$

En el modelo multifactorial, una parte de la varianza depende de factores comunes, mientras que otra parte de la variabilidad es explicada por el correspondiente factor específico. Así, en el modelo de análisis factorial, el conjunto de la varianza es explicada por la existencia de dos grupos de factores; por un lado, los factores comunes, y por otro, los factores únicos, como puede verificarse de acuerdo a lo siguiente:

$$\text{Var}(X_i) = a_{i1}^2 + \dots + a_{im}^2 + d_i^2 \quad \dots (6)$$

Es decir, la variable  $a_{ij}^2$  es la parte de la variabilidad de la variable  $X_i$ , que se explica por la existencia de un factor común ( $F_j$ ), mientras que  $d_i^2$  se interpreta como la parte de la variabilidad que se explica exclusivamente por el factor único  $U_i$ .

La parte de la varianza conjunta de la variable  $X$  explicada por factores comunes, se denomina comunalidad, y es obtenida a partir de la función:

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + \dots + a_{im}^2 \quad \dots(7)$$

Mientras que se denomina unicidad a la varianza explicada por el factor único ( $d_i^2$ ). Visto en otros términos, tenemos que:

$$\text{Variabilidad Total} = \text{Comunalidad} + \text{Unicidad}$$

---

<sup>21</sup> Sin embargo, es posible que dado que los factores comunes representan dimensiones independientes en el sentido lineal, y dado que tanto los factores comunes como los únicos son variables convencionales, puede darse el caso de que los vectores independientes (comunes) no tengan media 0 y varianza 1, Cuadras (2014).

El modelo de análisis factorial, representa un marco analítico adecuado para validar si las variables obtenidas en el laboratorio de microdatos, pueden ser agrupadas debido a la existencia de factores comunes, de acuerdo a la propuesta teórica realizada (infraestructura, capacidades, uso y aprovechamiento). En esta dirección, agrupando los microdatos se obtuvieron 4 bases de datos a nivel de subsector; 3 bases con cruce de tamaño y 1 a nivel general, y se realizó el análisis factorial para cada una de ellas.

De esta forma, el siguiente paso consiste en realizar un análisis factorial para la base a nivel general (sin diferencia de tamaños), así como para las bases de cada uno de los tamaños; los resultados se muestran en el capítulo 4.

### **2.3.2 Análisis de conglomerados**

El análisis de conglomerados es una técnica estadística, perteneciente al análisis conocido como multivariado, que permite agrupar un conjunto de información, individuos o de variables en grupos o conglomerados, de acuerdo a ciertos criterios de distancia y similitud, de tal manera que cada grupo esté integrado por unidades homogéneas y los grupos entre sí sean muy heterogéneos (INEI, 2002). La cercanía o distancia entre cada uno de los conglomerados, se establece en función de la distancia euclidiana, es decir, raíz cuadrada de la suma de diferencias al cuadrado, entre dos elementos en la variable o variables consideradas, de la forma:

$$D(X, Y) = \sqrt{\sum (X_i - Y_i)^2} \quad \dots(8)$$

Existen diferentes tipos de análisis de conglomerados; el tipo específico de conglomerado seleccionado para el presente estudio de tesis, es el Cluster de *K-Medias*. De acuerdo con Mackay (2003), el análisis de conglomerados de *K-Medias*, cumple con un conjunto de características, deseables para analizar conjuntos de información como los disponibles en ENTIC.

- i. Un buen análisis de conglomerados tiene poder de predicción

- ii. Son muy útiles para la comunicación e interpretación, ya que permiten la compresión simplificada de grupos
- iii. Datos que resaltan (no son agrupados en alguno de los clusters), es muy probable que merezcan alguna atención y estudio especial y,
- iv. Los algoritmos de agrupamiento pueden servir como modelos de procesos de aprendizaje en los sistemas de redes neuronales.

El algoritmo del conglomerado de K-medias, permite agrupar N observaciones o datos pertenecientes a un espacio de I dimensiones, en K- clusters o conglomerados; cada cluster es parametrizado por un vector  $M(k)$ , que representa su media.

$$d(x, y) = \frac{1}{2} \sum (X_i - Y_i)^2 \quad \dots (9)$$

El algoritmo de la ecuación 4 permite asignar a cada una de las observaciones a su media más próxima mediante dos pasos; el primero es llamado proceso de asignación, en el que cada dato n, es asignado a su media más próxima, de acuerdo a la función:

$$K^{(n)} = \operatorname{argmin}_k \{d(m^{(k)}, x^{(n)})\} \quad \dots (10)$$

El segundo proceso es llamado proceso de actualización, y consiste en estimar nuevas medias a partir de la incorporación de nuevos datos, mediante el argumento:

$$m^{(k)} = \sum_k^{(n)} r X^{(n)} / r^{(k)} \quad \dots (11)$$

donde  $r^{(k)}$  corresponde a la asignación o responsabilidad de la media k:

$$r^{(k)} = \sum_k^{(n)} r \quad \dots (12)$$

El proceso de iteración se repite hasta que todas las observaciones hayan sido asignadas a sus centros más próximos.

### 2.3.3. Análisis de regresión

El modelo de regresión consiste en especificar y estimar un modelo de relación entre las variables relativas a una determinada cuestión teórica (Novales, 1993); se tiene una (o más) variables dependientes y un conjunto de variables independientes o explicativas y se establece una relación entre ellas, de la forma:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k; \beta) \quad \dots (13)$$

Cuando el tipo de relación que se establece entre las variables, es una relación lineal, el modelo general adquiere la forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + u_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \dots (14)$$

Donde:

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

$$\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$$

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix}$$

$$u_i = (u_1, u_2, \dots, u_3)$$

Los parámetros  $\beta_i$  transmiten los efectos o impactos del conjunto de variables independientes  $x_i$ , sobre la variable dependiente  $y$ . Lo que se busca es que el conjunto de variables explicativas, se relacionen de manera cercana con la variable dependiente; en la medida en la que eso ocurra, el término de error  $u_i$ , tenderá a ser más pequeño.

El procedimiento de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), minimiza el error cuadrático de la función 14, mediante el procedimiento:

$$\min \beta_0, \beta_1, \beta_2 \text{ SRC}(\beta_0, \beta_1, \beta_2) = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{1i} - \beta_2 x_{2i})^2$$

... (15)

Donde SCR representa la suma de los residuos al cuadrado.

Minimizando la función (15), se obtiene un estimador lineal insesgado de mínima varianza, mismo que "es eficiente cuando el término de error sigue una distribución normal, es decir, tiene la menor varianza posible de entre todos los estimadores insesgados, sean estos lineales o no lineales", Novales (1993), pp. 67.

Este resultado, permite analizar, por un lado, el grado en el que las variables independientes son capaces de explicar el comportamiento de la variable dependiente; por el otro, cuando se analizan los coeficientes de regresión  $\beta_i$ , permite medir el impacto de cada una de las variables independientes  $x_i$  de forma individual, sobre la variable dependiente  $y_i$ .<sup>22</sup>

### 2.3.4 Redes Neuronales Artificiales

Una Red Neuronal Artificial (RNA) es un procesador distribuido en paralelo de forma masiva con una propensión natural a almacenar conocimiento experimental y convertirlo en disponible para su uso (Haykin, 1999). A semeja al cerebro en dos aspectos:

- a) El conocimiento de una Red Neuronal Artificial es adquirido, al igual que en el caso de una Red Neuronal Biológica, mediante un proceso de aprendizaje.
- b) Las fuerzas de conexión entre las neuronas, denominadas ponderaciones sinápticas, se utilizan para almacenar el conocimiento generado mediante los procesos de aprendizaje.

---

<sup>22</sup> Para mayores referencias sobre los supuestos que deben cumplirse en un modelo de regresión lineal, véase Novales (1993), Cap., 6.

El aprendizaje obtenido en una RNA es utilizado para estimar el comportamiento de una determinada variable, en función de variables con información de entrada; entre las variables de entrada (capa de entrada) y las variables de salida (capa de salida), existe un proceso en el cual, la información y el modelo mediante el cual esta es analizada, son estimados. Esta parte intermedia es conocida como capa oculta.

Existen diferencias relevantes cuando tratamos de seleccionar entre un método estadístico tradicional<sup>23</sup> y una red neuronal artificial. Un criterio de decisión comúnmente utilizado, es evaluar los resultados que se pueden obtener mediante cada uno de los métodos, en términos del objetivo específico de la investigación. De acuerdo con Bechara, Cruz y Ceballos, (2009), "los resultados de las RNA muestran que al igual que en el caso de los modelos econométricos, se logra capturar adecuadamente la dinámica de los datos *in sample*. Sin embargo, en las predicciones se observa un notorio avance respecto al desempeño de los modelos fuera de la muestra en el sentido en que se logra capturar la dinámica de la serie real mucho mejor que con los modelos econométricos y, a la vez, se mejora considerablemente el ajuste". Bechara, Cruz y Ceballos, (2009), pp 107.

Pitarque, Roy y Ruiz, (1998), realizan una comparación para medir los resultados de la aplicación de modelos de RNA y los de modelos estadísticos convencionales, tales como regresión múltiple para la predicción de una variable cuantitativa, análisis discriminante, modelos regresión logística para problemas de clasificación binaria y análisis discriminante para problemas de clasificación no binaria, y encuentran que "globalmente considerados estos resultados muestran que las redes neurales tienden a producir una proporción de clasificaciones correctas superior a la obtenida por los modelos estadísticos considerados" Pitarque, Roy y Ruiz, (1998), pp 397.

Los modelos de RNA, tienen la ventaja de que si bien, un modelo de regresión puede considerarse un tipo específico de red, en el sentido de que los

---

<sup>23</sup> Si bien, el término de método estadístico tradicional puede ser un tanto ambiguo, por el término nos referimos principalmente a análisis de tipo econométrico.

coeficientes de regresión pueden adquirir y almacenar conocimiento, la regresión tiene una estructura de modelo rígida, así como una estructura subyacente en los supuestos, que se imponen desde el inicio, a diferencia de lo que ocurre con un modelo RNA, en donde la forma de las relaciones se determina durante el proceso de aprendizaje. Si una relación lineal entre las variables dependientes e independientes es adecuada, los resultados de la red neuronal deben aproximarse lo máximo posible a los del modelo de regresión lineal. Si una relación no lineal es más adecuada, la red neuronal se aproximará automáticamente a la estructura del modelo "correcta".

Una Red Neuronal Artificial, de acuerdo con Larrañaga, Inza, Moujahid (2003), se puede definir como un grafo dirigido, que cumple con las siguientes propiedades:

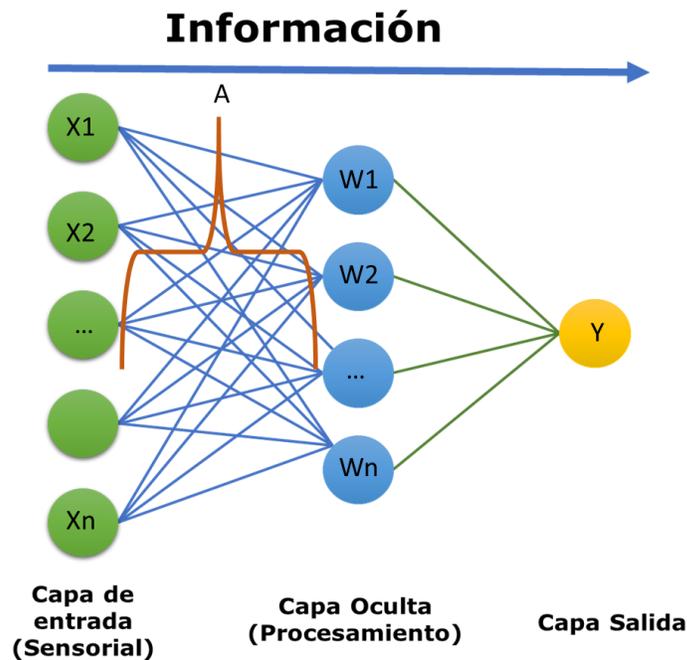
1. A cada nodo (neurona) se le asocia una variable de estado  $X_i$ .
2. A cada conexión  $(i, j)$  entre los nodos (neuronas)  $i$  y  $j$  se le asocia un peso  $w_{ij} \in \mathbb{R}$
3. A cada nodo (neurona)  $i$  se le asocia un umbral  $\theta_i \in \mathbb{R}$
4. Para cada nodo  $i$  se define una función  $f_i(X_i, \dots, X_n, W_{i1}, \dots, W_{in}, \theta_i)$  que depende de los pesos de sus conexiones, del umbral y de los estados de los nodos  $j$  que estén conectados con el nodo  $i$ . El valor de esta función proporciona el nuevo estado del nodo.

En una red neuronal artificial, los nodos se encuentran conectados por medio del contacto entre las funciones neuronales, proceso conocido como sinapsis; el comportamiento de una RNA, va a estar en última instancia, determinado por la estructura de las conexiones sinápticas. A esa estructura de conexiones, se le conoce como arquitectura de la red. Se denomina arquitectura, a la topología, estructura o patrón de conexiones sinápticas de una red neuronal artificial.

Este tipo de redes, pueden definir tanto parámetros lineales, como no lineales, mapeados de una entrada, hacia una salida, de tipo  $Y = Y(X; W, A)$  que es una función continua, tanto de las entradas, como de los parámetros  $W$  y de la

arquitectura de red (A), MacKay (2003). Las redes pueden ser *entrenadas* para realizar tareas de regresión, clasificación y predicción.

**Figura 2.11. Arquitectura de una Red Neuronal Artificial**



Fuente: Elaboración propia con base en diagrama de Mackey (2003)

La figura 2.11 muestra los tres tipos de capas que conforman a una RNA; capa de entrada, capa oculta y capa de salida; la capa de entrada puede ser definida, como la capa integrada por el conjunto de neuronas encargadas de recibir datos e información provenientes del entorno; este tipo de capas, se constituyen por estructuras de neuronas que no cuentan con sinapsis de entrada, sino solo de salida.

En segundo término, se encuentran las capas ocultas; este tipo de capas no tienen conexión directa con el entorno, sino que recibe información y datos de la capa de entrada; es aquí en donde se tratan de estimar, modelar y representar, las características del entorno. Esta capa es la única que no es de entrada, ni de salida.

Capa oculta: 
$$a_j^1 = \sum_l W_{jl}^1 X_l + \theta_j^1 ; h_j = f^1(a_j^1) \quad \dots (16)$$

Por último, se encuentra la capa de salida, compuesta por los conjuntos de neuronas que proporcionan la respuesta de la red; este tipo de capas no tienen sinapsis de salida.

Capa de salida: 
$$a_j^2 = \sum_l W_{jl}^2 X_l + \theta_j^2 ; h_j = h^2(a_j^2) \quad \dots (17)$$

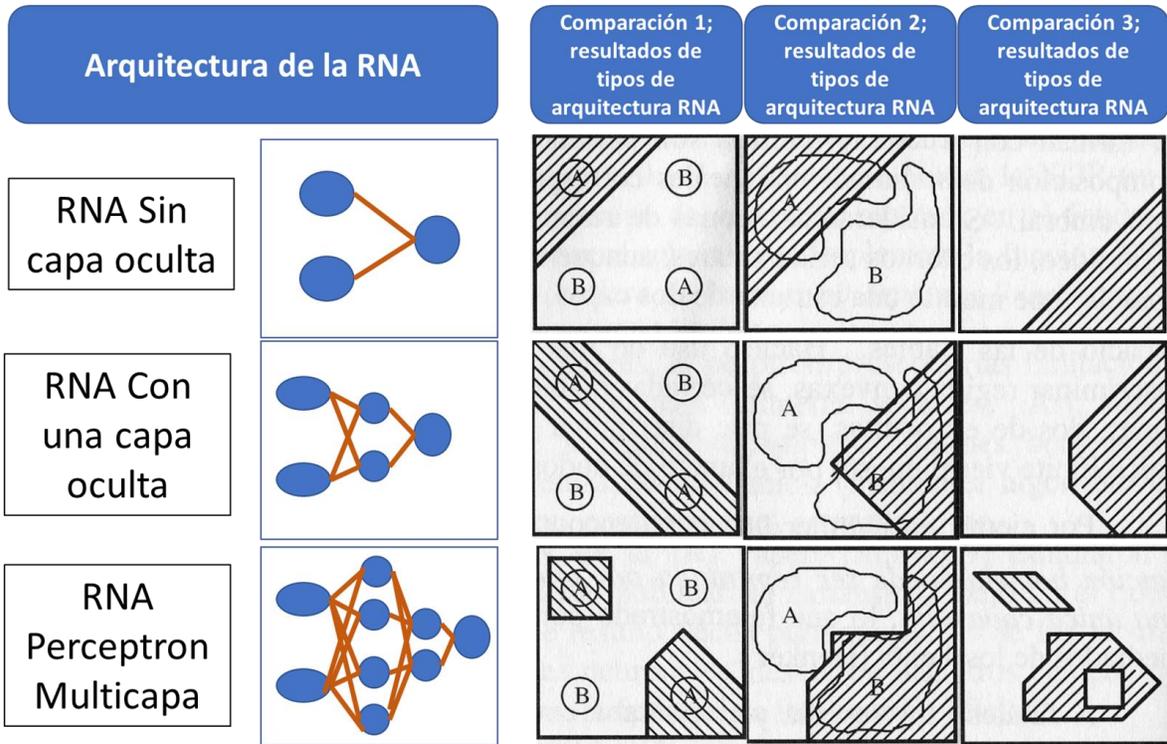
Una diferencia importante entre los tipos de RNA que existen, es el número de capas que integran los procesos de aprendizaje (capas ocultas); un número mayor de capas, permite aproximar, por lo general, procesos más complejos, como se describe a continuación.

### **2.3.1 Perceptron Multicapa**

Dentro del conjunto de redes que existen, interesa resaltar la de *Perceptron Multicapa*, que es un tipo de RNA, que cuenta con más de una capa oculta. El hecho de contar con varias capas ocultas, permite en principio, discernir patrones más complejos, que pueden o no, estar separados por más de un hiperplano. La funcionalidad que brinda la posibilidad de utilizar más de una capa, permite entender relaciones mucho más complejas, como aquella que existe entre el uso de tecnología, capacidades de la fuerza laboral, exportaciones, innovación, inversión, antigüedad y productividad laboral.

El cuadro 2.12, muestra de manera clara, las ventajas de utilizar un *perceptron* con más de una capa, en términos del tipo de relaciones que pueden ser analizadas mediante una RNA.

**Figura 2.12. Comparación de arquitecturas de una Red Neuronal Artificial**



Fuente: Larrañaga, Inza y Moujahid (2003)

El diagrama 2.12 ejemplifica algunas de las diferencias principales que existen entre tres arquitecturas distintas de red; una RNA sin capa oculta, puede discernir cierto tipo de patrones representados por estructuras lineales simples; sin embargo, si la relación que se establece entre las variables, no es una relación de ese tipo, el entrenamiento de la RNA no será el adecuado, y tenderá a tener errores en la predicción de los valores.

Por su parte, cuando se añade una capa oculta a la arquitectura de red, es posible discernir patrones más complejos, como se muestra en los diagramas de segunda fila; en este caso, la relación entre las variables puede ser no lineal.

La tercera fila hace referencia a una estructura de red perceptrón multicapa con dos capas ocultas; en principio, el entrenamiento de la red permite discernir relaciones no lineales, además de mucho más complejas. Dada la estructura de datos utilizada en la presente tesis (aquellos disponibles en ENTIC) una

estructura de *Perceptron Multicapa*, resulta ser la más idónea para evaluar una relación como la planteada en el presente estudio de tesis.

Una red de *perceptron multicapa*, es una red de tipo *feedforward*, o prealimentada, es decir, un tipo de red que reacciona a los cambios en su entorno, para mantener algún estado concreto del sistema<sup>24</sup>. Se encuentra compuesta por tres elementos fundamentales Bishop (1995);

1. Capa de entrada (variables de entrada)
2. Capas ocultas (al ser perceptron multicapa necesariamente el número de capas ocultas es mayor a 1)
3. Capas de salida (variables de salida)

#### 2.3.4.2 Entrenamiento de las neuronas en una RNA

El proceso mediante el cual, las capas ocultas modelan y representan las formas funcionales de los datos obtenidos mediante la capa de entrada, se conoce como entrenamiento de la neurona; el entrenamiento se realiza con un subconjunto de datos  $D = \{X^{(n)}, t^{(n)}\}$ , mediante el ajuste de  $W$  de la función de entrada, tratando de minimizar el error de la función, mediante el método conocido como descenso del gradiente.

$$E_D(w) = \frac{1}{2} \sum n \sum i ((t_i^{(n)} - y_i(x^{(n)}; w))^2 \quad \dots (18)$$

La minimización se basa en evaluar continuamente el gradiente de  $E_D$  mediante la regla de la cadena para encontrar las derivadas, siguiendo los siguientes pasos:

1. Establecimiento de los pesos sinápticos y umbrales iniciales
2. Se ejecuta una de las bases para obtener una respuesta de la red frente al patrón r-ésimo.

---

<sup>24</sup> La ventaja de este tipo de sistemas de red, es que son capaces de reaccionar muy rápido a los tipos de alteraciones o cambios, que son medibles y conocidos; sin embargo, su principal desventaja consiste en que prácticamente no son capaces de responder a cambios cuya aparición es nueva o desconocida.

3. Esos errores son interpretados como señales de error asociados a ese proceso; estos errores son calculados mediante:

$$\left( \sum_{k=1}^s \left( \sum_{j=1}^0 W'_{kj} Y_j^r - \theta_k \right) W_{kj} \right) \frac{\partial f(\sum_{i=1}^n W_{ji} X_j^r - \theta_j)}{\partial (\sum_{i=1}^n W_{ji} X_j^r - \theta_j)}$$

... (19)

4. Se calcula el incremento total actual para todos y cada uno de los patrones, de los umbrales y de los pesos  $\Delta W'_{kj}$  y  $\Delta W'_{ji}$ .
5. Se actualizan los pesos y los umbrales
6. Se vuelve a calcular el error total en t+1. Si ese error no es satisfactorio, es decir, si no es el mínimo absoluto encontrado mediante el descenso del gradiente, se vuelve a interpretar el error como señal de error del proceso, y se repite el paso 3, hasta encontrar el error mínimo

De manera adicional, para cada una de las capas ocultas y de salida, se estima una función de activación, determinada mediante el algoritmo de estimación. La función de activación relaciona la suma ponderada de unidades de una capa, con los valores de unidades en la capa correcta. Esta función de activación es distinta para las capas ocultas y la capa de salida; para el caso de las capas ocultas, los tipos de funciones de activación que es posible obtener, son:

- a) **Tangente hiperbólica.** Toma argumentos de los valores reales y los transforma a valores que se encuentran en un rango de (-1, 1), mediante la función:

$$\gamma(c) = \tanh(c) = \frac{e^c - e^{-c}}{e^c + e^{-c}}$$

... (20)

- b) **Sigmoide.** Toma argumentos de los valores reales y los transforma a valores que se encuentran en un rango de (0, 1), mediante la función

$$\gamma(c) = \frac{1}{(1 + e^{-c})}$$

... (21)

Para el caso de las variables de salida, La función de activación relaciona la suma ponderada de unidades de una capa, con los valores de unidades en la capa correcta. Es posible obtener los siguientes tipos de función de activación para la capa de salida:

- a) **Identidad**. Esta función se caracteriza por tomar argumentos de los valores reales y los devuelve sin modificar, mediante la función:

$$\gamma(c) = c$$

... (22)

- b) **Softmax**. Esta función toma un vector de argumentos de los valores reales y lo transforma en un vector cuyos elementos están entre los valores (0 , 1) y la suma es igual a 1. Cuando existen variables de salida que son de escala, no es posible utilizar esta función; solo está disponible en el caso de que las variables dependientes (de entrada) sean variables categóricas. Esta función tiene la forma:

$$\gamma(c_k) = \exp(C_k) / (\sum_j \exp(C_j))$$

... (23)

Una vez que la función ha logrado minimizar los errores, y encontrado las funciones de activación de las capas ocultas y de salida, el proceso se da por concluido; la manera más adecuada de contrastar los resultados obtenidos, es considerando un conjunto o lote de datos por separado; este conjunto no entra dentro de los datos de entrenamiento, por lo que representa un buen indicador de la capacidad de la red para estimar o reconocer patrones.

En el siguiente capítulo, se muestran los resultados de la aplicación de cada una de las metodologías analizadas en la presente sección.

## Capítulo 3. Análisis empírico

### OBJETIVO CAPITULAR

El presente capítulo tiene el objetivo de analizar mediante las técnicas descritas en la sección anterior, la validez de la hipótesis. Se presentan los análisis en tres niveles de agregación (Macro, Industrial y Microeconómico), se analizan los resultados y se presentan las conclusiones derivadas del estudio.

Como un primer acercamiento al análisis de la relación que existe entre las tecnologías de la información y comunicación y la productividad laboral, a continuación, se analiza brevemente el comportamiento de las variables. Para ello, la información disponible se agrupa en dos bloques; el primero de ellos, es la disponibilidad infraestructura TIC, que se compone por las variables de disponibilidad de computadora, internet, software, nube y redes sociales. Lo que se muestra es el porcentaje de empresas por subsector, que utilizan cada tecnología en particular.

El segundo bloque de variables se encuentra integrado por los usos, el grado de integración a los procesos productivos y de negocio de esos usos, así como las capacidades que las organizaciones requieren para la implementación de aquellos. Se consideran 3 variables en este bloque; usos de internet, software y nube.

Para capturar las variables del segundo bloque, se construyó un índice de usos, que permitió aproximar tanto el nivel de integración, como la madurez requerida en términos de capacidades para la implementación de usos más ligados a las actividades de las empresas. La forma específica de construcción de ese índice, se muestra en el apartado 2.3.3.3.

Como primera aproximación de las variables, se realizaron mapas de calor; estos muestran, mediante un sistema de semáforos, el comportamiento de las variables; los valores altos para cada variable, se muestran en color verde; a

medida que los valores de esa variable se van haciendo más pequeños, los colores tienden a hacerse amarillos y rojos.

La figura 3.1 muestra la complejidad de la relación existente entre productividad laboral y disponibilidad de infraestructura. Si bien, los subsectores de alta productividad, disponen en un alto porcentaje de computadoras con internet, no es un fenómeno exclusivo de ese conjunto, sino que se repite en muchos de los subsectores de productividad media, y en menor proporción, de los de baja productividad, por lo que no se puede establecer a priori una relación lineal entre esas variables.

Más compleja parece ser la relación de productividad laboral y la disponibilidad de software; si bien, la mayor parte de los subsectores de alta productividad tienen un alto porcentaje de empresas que disponen de esta herramienta tecnológica, existen no pocos casos en los cuales, actividades de alta productividad tienen una baja disponibilidad de software, o bien, subsectores de baja productividad tienen alta disponibilidad de software.

En el caso de las variables de disponibilidad de nube y redes sociales, son tecnologías cuya difusión ha sido más reciente que las computadoras, el internet y el software, por lo que su penetración en términos del porcentaje de empresas que las usan, es menor.

Los datos sugieren que no existe un patrón de regularidad entre productividad laboral y acceso a la nube, ni tampoco entre productividad y disponibilidad de redes sociales. Lo anterior, parece indicar que no existe una relación lineal entre las variables consideradas en el primer bloque de información referido a la disponibilidad de TIC, y que fuera del conjunto de tecnologías de uso generalizado (computadora e internet), el uso de software especializado, nube y redes sociales, no parece relacionarse de manera directa y lineal con la productividad laboral. Las metodologías utilizadas a continuación, intentan explorar la manera en la que ocurre esa compleja relación, desagregando los datos por tamaño de organización primero, y posteriormente a nivel empresa.

**Cuadro 3.1 Productividad laboral y porcentaje de empresas por subsector con acceso a TIC**

SUBSECTOR	Productividad Laboral (Miles de pesos)	Internet (%)	Computadora (%)	Software (%)	Nube (%)	Redes sociales (%)
Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	4,909	100%	100%	85%	7%	50%
Industrias metálicas básicas	4,411	98%	98%	41%	19%	18%
Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera	4,405	99%	100%	100%	10%	40%
Transporte por ductos	4,320	100%	100%	58%	2%	9%
Transporte aéreo	3,593	100%	100%	53%	9%	17%
Comercio al por mayor de camiones y refacciones nuevas	3,544	89%	100%	81%	20%	13%
Compañías de fianzas, seguros y pensiones	3,236	100%	100%	97%	15%	32%
Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	3,038	100%	100%	100%	18%	19%
Otras telecomunicaciones	3,025	100%	100%	95%	19%	19%
Comercio al por mayor de productos farmacéuticos, perfumería y electrodomésticos	2,801	93%	95%	84%	12%	28%
Comercio al por mayor de maquinaria y equipo y mobiliari para actividades agropecuarias e industriales	2,627	88%	90%	53%	5%	11%
Corporativos	2,611	100%	100%	100%	35%	34%
Transporte por ferrocarril	2,610	59%	82%	43%	1%	12%
Fabricación de equipo de transporte	2,291	96%	100%	74%	12%	14%
Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	2,240	99%	99%	39%	3%	18%
Comercio al por menor de vehículos de motor y refacciones	2,168	92%	92%	84%	11%	24%
Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias	2,167	91%	100%	40%	16%	16%
Industria de las bebidas y del tabaco	1,889	64%	73%	58%	2%	9%
Industria del papel	1,815	100%	100%	63%	7%	6%
Comercio al por mayor de productos textiles y calzado	1,812	100%	100%	37%	3%	20%
Industria química	1,741	98%	98%	48%	13%	15%
Servicios relacionados con el transporte	1,578	92%	92%	70%	11%	14%
Fabricación de maquinaria y equipo	1,394	100%	100%	39%	10%	18%
Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios	1,342	96%	96%	43%	14%	19%
Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales	1,311	82%	84%	84%	9%	10%
Industria filmica y del video, e industria del sonido	1,297	99%	99%	93%	28%	60%
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1,261	90%	95%	53%	14%	9%
Intermediación de comercio al por mayor	1,209	97%	100%	74%	8%	34%
Industria alimentaria	1,162	65%	65%	47%	4%	12%
Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud	1,119	93%	93%	53%	9%	20%
Radio y televisión	1,097	100%	100%	84%	26%	85%
Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal	1,091	89%	93%	44%	1%	33%
Comercio al por menor de enseres domésticos y Computadoras	1,027	98%	100%	63%	7%	18%
Construcción	1,022	84%	85%	46%	9%	13%
Fabricación de productos metálicos	998	96%	98%	42%	2%	22%
Industria del plástico y del hule	985	100%	100%	63%	35%	10%
Servicios de alquiler de bienes muebles	971	94%	98%	80%	17%	13%
Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	953	73%	77%	46%	5%	13%

Continúa cuadro

SUBSECTOR	Productividad Laboral (Miles de pesos)	Internet (%)	Computadora (%)	Software (%)	Nube (%)	Redes sociales (%)
Servicios profesionales, científicos y técnicos	945	95%	95%	89%	27%	22%
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	884	100%	100%	82%	24%	18%
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	841	100%	100%	64%	2%	4%
Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado	808	87%	91%	49%	10%	19%
Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	700	84%	89%	55%	4%	45%
Autotransporte de carga	688	79%	88%	52%	11%	7%
Manejo de desechos y servicios de remediación	680	44%	75%	27%	2%	6%
Servicios inmobiliarios	670	62%	81%	95%	5%	10%
Edición de periódicos, revistas, libros y software	662	100%	100%	80%	36%	67%
Servicios de almacenamiento	655	90%	92%	75%	9%	9%
Servicios de mensajería y paquetería	632	100%	100%	89%	2%	11%
Otros servicios de información	627	86%	87%	90%	25%	55%
Industria de la madera	573	85%	85%	53%	2%	10%
Fabricación de prendas textiles, excepto prendas de vestir	556	100%	100%	73%	2%	24%
Comercio al por menor exclusivamente a través de internet, y catálogos impresos, televisión y similares	539	100%	100%	89%	0%	29%
Hospitales	532	84%	100%	67%	6%	9%
Impresión e industrias conexas	520	100%	100%	73%	8%	19%
Otras industrias manufactureras	472	91%	91%	42%	14%	28%
Fabricación de muebles, colchones y persianas	444	91%	96%	53%	15%	12%
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y productos sucedáneos	438	79%	79%	62%	16%	9%
Servicios de alojamiento temporal	433	91%	91%	64%	7%	61%
Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados	421	100%	100%	97%	55%	32%
Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	414	68%	75%	55%	9%	6%
Fabricación de equipo de computación, comunicación y accesorios electrónicos	399	100%	100%	91%	21%	22%
Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados	382	50%	84%	44%	3%	41%
Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	380	90%	92%	60%	4%	58%
Transporte turístico	378	85%	87%	75%	5%	36%
Fabricación de prendas de vestir	349	98%	98%	53%	5%	11%
Servicios de reparación y mantenimiento	321	84%	91%	30%	2%	21%
Asociaciones y organizaciones	318	86%	91%	51%	12%	42%
Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	286	97%	97%	39%	4%	31%
Servicios de apoyo a los negocios	260	97%	100%	63%	13%	21%
Servicios personales	260	56%	90%	49%	11%	10%
Servicios de preparación de alimentos y bebidas	250	53%	78%	22%	3%	27%
Servicios educativos	223	100%	100%	68%	8%	42%
Servicios postales	136	88%	88%	86%	4%	0%
Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	90	81%	82%	28%	10%	32%
Transporte por agua	61	48%	81%	45%	8%	24%
Otros servicios de asistencia social	58	56%	56%	27%	2%	13%

Fuente: Elaboración propia con datos calculados de índice de aprovechamiento, con información de ENTIC, INEGI, 2013

Los subsectores de 1. Petróleo 2. Electricidad, gas y agua y 3. Minería fueron eliminados por tener ingresos 900% más altos que el 4to lugar

**Cuadro 3.2 Coeficientes de correlación bilateral de Pearson entre variables analizadas**

		Correlaciones					
		Productividad Laboral	Disponibilidad de Internet	Disponibilidad de computadora	Disponibilidad de Software	Disponibilidad de Nube	Disponibilidad de Redes Sociales
Productividad Laboral	Correlación de Pearson	1**	,319	,331	,241	.071	-.028
	N	77	77	77	77	77	77
Disponibilidad de Internet	Correlación de Pearson	,319	1**	,846*	,454	,342	.209
	N	77	77	77	77	77	77
Disponibilidad de computadora	Correlación de Pearson	,331	,846*	1**	,424	,343	.208
	N	77	77	77	77	77	77
Disponibilidad de Software	Correlación de Pearson	,241	,454	,424	1**	,472	,242
	N	77	77	77	77	77	77
Disponibilidad de Nube	Correlación de Pearson	.071	,342	,343	,472	1**	,297
	N	77	77	77	77	77	77
Disponibilidad de Redes Sociales	Correlación de Pearson	-.028	.209	.208	,242	,297	1**
	N	77	77	77	77	77	77
** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).							
* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).							
Fuente: Elaboración propia con datos de este estudio, calculados a partir de información de ENTIC, INEGI, 2013.							

El cuadro 3.2 muestra los coeficientes de correlación bilateral lineal obtenidos a partir de las variables del primer bloque de información; como se puede apreciar, es posible validar, como una primera aproximación al comportamiento de los datos, que a nivel de subsector, no existe una relación lineal, que pueda ser analizada con herramientas de correlación entre subsectores, entre productividad laboral y las variables de disponibilidad de internet, computadora, software, nube y redes sociales; Incluso entre estas últimas, tampoco parecen existir correlaciones significativas, excepto entre disponibilidad de computadoras e internet, hecho que indica que, para las empresas de más de 10 empleados en México, aquellas que cuentan con computadora, también cuentan con internet.

Una parte importante de la hipótesis del presente trabajo, y que se busca validar en la presente sección, es que las TIC tienen la capacidad potencial de generar cambios en la productividad laboral; sin embargo, para que ello ocurra, los usos que las empresas hacen de esas tecnologías, deben de estar alineados a los

procesos de producción, distribución, logística, administración, etc., de las organizaciones. Ello ocurrirá, en la medida en la que las organizaciones dispongan de las capacidades que les permitan hacer un uso más eficiente de la tecnología.

El cuadro 3.2 muestra la relación que existe a nivel de subsector, entre la productividad laboral y los índices construidos (véase sección 2.3.3.3) de usos de internet, de software y de nube. Como se puede apreciar mediante el mapa de calor, la relación que existe tampoco es sencilla de entender a primera instancia.

Por un lado, los subsectores de alta productividad laboral, parecen ser también los que usan internet de manera más compleja y alineada a los procesos de negocio, si bien, no de manera lineal. Ello es menos evidente cuando se trata de usos de software especializado, aunque cabe resaltar que, para el conjunto de actividades económicas de baja productividad, tanto para internet, como para software, parece haber una mayor coincidencia entre bajas calificaciones del índice y baja productividad.

En el caso del índice de usos de nube, se tienen las calificaciones más bajas, llegando a ser algunas igual a cero, lo que indica que solo un porcentaje muy pequeño de empresas por subsector, utiliza la nube para fines alineados a sus procesos. Paralelamente, de primera instancia no parece existir alguna correlación entre usos de nube y productividad laboral, por lo que se hace aún más evidente la necesidad de abrir a un mayor nivel de detalle los datos, y analizarlos con otras metodologías.

**Cuadro 3.3 Productividad laboral e Índice de usos de internet, software y nube**

SUBSECTOR	Productividad Laboral (Miles de pesos)	Índice usos Internet	Índice usos Software	Índice Usos Nube
Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	4,909	9.93	7.30	0.45
Industrias metálicas básicas	4,411	7.42	5.87	0.51
Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera	4,405	9.04	8.84	0.29
Transporte por ductos	4,320	9.27	5.15	1.72
Transporte aéreo	3,593	6.89	2.96	0.96
Comercio al por mayor de camiones y refacciones nuevas	3,544	6.59	4.44	0.89
Compañías de fianzas, seguros y pensiones	3,236	7.90	2.72	0.46
Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	3,038	7.96	3.09	0.37
Otras telecomunicaciones	3,025	7.20	4.82	0.69
Comercio al por mayor de productos farmacéuticos, perfumería y electrodomésticos	2,801	7.76	3.57	0.47
Comercio al por mayor de maquinaria y equipo y mobiliari para actividades agropecuarias e industriales	2,627	7.89	4.56	0.46
Corporativos	2,611	7.65	10.47	1.05
Transporte por ferrocarril	2,610	4.68	5.68	-
Fabricación de equipo de transporte	2,291	7.74	5.53	0.79
Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	2,240	6.43	4.67	0.35
Comercio al por menor de vehículos de motor y refacciones	2,168	6.29	3.13	0.56
Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias	2,167	6.68	5.42	0.41
Industria de las bebidas y del tabaco	1,889	3.75	2.34	0.27
Industria del papel	1,815	7.01	4.84	0.28
Comercio al por mayor de productos textiles y calzado	1,812	6.33	4.55	0.23
Industria química	1,741	7.15	4.48	0.34
Servicios relacionados con el transporte	1,578	7.13	2.88	0.46
Fabricación de maquinaria y equipo	1,394	7.80	5.57	0.33
Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios	1,342	5.65	2.76	0.58
Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales	1,311	3.40	3.70	0.30
Industria fílmica y del video, e industria del sonido	1,297	7.22	3.66	0.62
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1,261	4.84	3.59	0.19
Intermediación de comercio al por mayor	1,209	7.90	3.76	0.29
Industria alimentaria	1,162	4.10	2.71	0.38
Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud	1,119	5.18	3.26	0.58
Radio y televisión	1,097	7.88	4.37	0.97
Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal	1,091	5.52	3.00	0.51
Comercio al por menor de enseres domésticos y Computadoras	1,027	7.29	3.77	0.48
Construcción	1,022	6.47	3.88	0.52
Fabricación de productos metálicos	998	6.75	4.49	0.34
Industria del plástico y del hule	985	7.48	5.62	0.37
Servicios de alquiler de bienes muebles	971	6.92	3.18	0.40
Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	953	3.86	1.82	0.26

Continúa cuadro

SUBSECTOR	Productividad Laboral (Miles de pesos)	Índice usos Internet	Índice usos Software	Índice Usos Nube
Servicios profesionales, científicos y técnicos	945	6.95	3.70	0.70
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	884	7.71	5.33	0.40
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	841	7.01	5.12	0.12
Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado	808	4.03	1.31	0.12
Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	700	4.46	3.12	0.51
Autotransporte de carga	688	4.76	2.72	0.43
Manejo de desechos y servicios de remediación	680	2.96	1.51	0.50
Servicios inmobiliarios	670	4.01	2.76	0.25
Edición de periódicos, revistas, libros y software	662	8.22	5.10	0.61
Servicios de almacenamiento	655	6.97	3.10	0.48
Servicios de mensajería y paquetería	632	7.24	2.17	0.26
Otros servicios de información	627	6.44	2.58	0.89
Industria de la madera	573	5.28	3.21	0.16
Fabricación de prendas textiles, excepto prendas de vestir	556	6.34	5.23	0.03
Comercio al por menor exclusivamente a través de internet, y catálogos impresos, televisión y similares	539	8.50	8.96	-
Hospitales	532	4.23	2.97	0.41
Impresión e industrias conexas	520	6.92	4.11	0.32
Otras industrias manufactureras	472	6.75	5.12	0.34
Fabricación de muebles, colchones y persianas	444	5.77	3.57	0.48
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y productos sucedáneos	438	4.26	3.13	0.17
Servicios de alojamiento temporal	433	6.67	2.96	0.48
Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados	421	9.02	4.52	1.49
Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	414	2.69	1.68	0.26
Fabricación de equipo de computación, comunicación y accesorios electrónicos	399	8.04	6.04	0.49
Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados	382	2.29	1.72	0.33
Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	380	6.64	4.46	0.10
Transporte turístico	378	5.26	2.49	0.44
Fabricación de prendas de vestir	349	6.05	3.56	0.14
Servicios de reparación y mantenimiento	321	4.86	2.85	0.34
Asociaciones y organizaciones	318	4.57	2.44	1.22
Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	286	5.45	2.39	0.44
Servicios de apoyo a los negocios	260	6.81	3.19	0.31
Servicios personales	260	2.98	2.14	0.39
Servicios de preparación de alimentos y bebidas	250	2.53	1.56	0.32
Servicios educativos	223	6.26	2.43	0.51
Servicios postales	136	6.94	8.04	-
Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	90	3.66	2.87	0.15
Transporte por agua	61	3.15	4.56	0.74
Otros servicios de asistencia social	58	2.89	2.34	0.07

Fuente: Elaboración propia con datos calculados de índice de aprovechamiento, con información de ENTIC, INEGI, 2013  
Los subsectores de 1. Petróleo 2. Electricidad, gas y agua y 3. Minería fueron eliminados por tener ingresos 900% más altos que el 4to lugar

**Cuadro 3.4 Coeficientes de correlación bilateral de Pearson entre variables analizadas**

Correlaciones					
		Productividad Laboral (Miles de pesos)	Índice usos Internet	Índice usos Software	Índice Usos Nube
Productividad Laboral	Correlación de Pearson	1**	,501	,405	,296
	N	77	77	77	77
Índice usos Internet	Correlación de Pearson	,501	1**	,632*	,311
	N	77	77	77	77
Índice usos Software	Correlación de Pearson	,405	,632*	1**	.053
	N	77	77	77	77
Índice Usos Nube	Correlación de Pearson	,296	,311	.053	1**
	N	77	77	77	77
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).					
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).					
Fuente: Elaboración propia con datos de este estudio, calculados a partir de información de ENTIC, INEGI, 2013.					

Por su parte, las correlaciones entre las variables del bloque 2, referidas a los usos de TIC, tienen coeficientes ligeramente más altos que en el caso de las variables de disponibilidad, sin llegar a ser significativos; la variable que parece estar ligeramente más asociada con la productividad, es el uso de internet; sin embargo, el tamaño de ese coeficiente no permite afirmar que se encuentran correlacionadas de forma significativa. Entre las variables de uso, las que se encuentran más correlacionadas entre sí, son internet y software, sin que tampoco esa asociación llegue a ser significativa. Estos resultados se pueden analizar en el cuadro 3.4.

## 3.1 Análisis a nivel de subsector

El análisis de mapas y de calor y correlaciones, muestra que es necesario el uso de otras herramientas analíticas para aproximar el comportamiento de las variables; en este sentido, el modelo de análisis factorial, representa un marco analítico adecuado para validar si las variables obtenidas en el laboratorio de microdatos, pueden ser agrupadas debido a la existencia de factores comunes, de acuerdo a la propuesta teórica realizada (infraestructura, capacidades, uso y aprovechamiento). En esta dirección, agrupando los microdatos se obtuvieron 4 bases de datos a nivel de subsector; 3 bases con cruce de tamaño y 1 a nivel general, y se realizó el análisis factorial para cada una de ellas.

De esta forma, el siguiente paso consistió en realizar un análisis factorial para la base a nivel general (sin diferencia de tamaños), así como para las bases de cada uno de los tamaños<sup>25</sup>; los resultados se muestran a continuación.

### 3.1.2 Análisis Factorial por subsector

Con las variables descritas en la sección 3 y con información disponible para 80 subsectores sin distinción de tamaño de empresa, se realizó el primer análisis factorial.

Como ha quedado establecido en la sección descriptiva de la metodología, el primer paso del análisis factorial, consiste en la obtención de los coeficientes de comunalidad de las variables analizadas; si estos coeficientes de comunalidad son altos (cercaos a 1), se tiene una aproximación de que un componente importante de las variables, puede ser explicado por la existencia de factores comunes; en caso contrario (coeficientes de comunalidad cercaos a cero), se tiene evidencia de que la mayor parte de la varianza del fenómeno a analizar

---

<sup>25</sup> Al momento de la evaluación, solo se cuenta con 2 bases de datos; la primera, a nivel de subsector sin distinción de tamaños de empresa, y la segunda, a nivel de subsector para empresas de tamaño de 20 a 50 empleados.

puede ser explicada por los factores de unicidad o factores únicos, y no mediante una aproximación de factores comunes. Los factores de comunalidad fueron obtenidos mediante el método de componentes principales.

Los coeficientes de comunalidad de la columna extracción, representan la proporción de la varianza que puede ser explicada por el modelo de solución factorial obtenido; como se puede apreciar en el cuadro 4.5, las comunalidades explican la mayor parte de la varianza conjunta, excepto en el caso de las variables de infraestructura móvil, software y nube. Los resultados obtenidos muestran la existencia de procesos que pueden ser explicados de manera conjunta, por lo que el siguiente paso consiste en la extracción de componentes o factores, que indican el número de grupos o procesos conjuntos que explican un determinado porcentaje de la varianza; a medida que se añaden componentes, el porcentaje explicado de la varianza crece.

El cuadro 3.5 muestra el conjunto de valores propios o autovalores de la matriz de varianzas y covarianzas, así como el porcentaje de la varianza total que cada valor propio representa. Los autovalores obtenidos expresan la cantidad de varianza que es explicada por cada uno de los factores. El método de extracción permite obtener tantos factores como valores propios mayores a 1 tiene la matriz analizada.

Los datos arrojados mediante el cálculo de los valores propios, permiten obtener información del porcentaje de variación explicada en cada uno de los factores, así como de la variación total conjunta explicada por los factores extraídos.

**Cuadro 3.5 Varianza total explicada (Base subsector)**

Base general. Varianza total explicada						
Componente	Autovalores iniciales	%de varianza de cada componente	Sumas de rotación de cargas al cuadrado	Comunalidades		
	Total		%acumulado	Comunalidades (Extracción)		
1	6.62	36.78	36.78	Linea_Fija	.667	
2	2.21	12.28	49.06	Móvil	.458	
3	1.90	10.57	59.63	Internet	.833	
4	0.96	5.33	64.96	Computadora	.679	
5	0.92	5.14	70.10	Software	.400	
6	0.84	4.66	74.75	Nube	.386	
7	0.77	4.27	79.02	Redes sociales	.468	
8	0.69	3.84	82.86	Personal_Acceso_Compu	.776	
9	0.60	3.35	86.21	Personal_Acceso_Internet	.749	
10	0.52	2.86	89.08	Depto_Sistemas	.516	
11	0.43	2.40	91.47	Capacitación_TIC	.489	
12	0.41	2.27	93.75	Remunera_Posgrado	.388	
13	0.34	1.91	95.66	Remunera_Licenciatura	.646	
14	0.28	1.56	97.22	Remunera_Técnico	.651	
15	0.21	1.18	98.41	USOS_Proyectos_de_innovación	.617	
16	0.15	0.85	99.26	Índice de usos de Nube	.594	
17	0.07	0.41	99.68	Índice_usos_Internet	.859	
18	0.06	0.32	100.00	Índice_usos_Software	.558	

Método de extracción: análisis de componentes principales.  
Fuente: Elaboración propia con datos de este estudio

La extracción de 3 componentes permite explicar el 60% de la varianza total. Dado lo anterior, el siguiente paso consiste en el cálculo de la matriz de componentes, que muestra el número de variables que satura a cada factor. Con la intención de obtener un número de variables de “estructura simple” (Thurstone, 1947), es decir, variables que saturan un único factor, y factores que contengan un número reducido de variables que se saturan inequívoca y exclusivamente en ellos, es posible rotar la matriz de componentes obtenida mediante la solución inicial; existen distintos métodos de rotación, que parten de la idea de que no existe solución única para determinar la matriz de pesos, pudiéndose multiplicar por una matriz ortogonal<sup>26</sup> de orden  $k \times k$ , de modo que

<sup>26</sup> La matriz ortogonal para la rotación de los factores obtenidos es:  $x = \Lambda f^* + u = (\Lambda M)(M' f) + u$

el nuevo modelo verifique las propiedades y pesos de la matriz original, pero facilitando su interpretación en términos de determinación de variables que saturan factores. En nuestro análisis, el método de rotación realizado es Varimax<sup>27</sup>. Los resultados tanto de la matriz de componentes rotada, se muestran en el cuadro 3.6.

**Cuadro 3.6 Conformación de factores, base general (Por subsector)**

General. Análisis factorial a nivel de subsector					
Factor	Porcentaje de varianza explicado	Variables	Matriz de componente rotado <sup>a</sup>		
			1	2	3
Factor 1. Infraestructura blanda, uso de nuevas tecnologías y capacidades TIC	36.80%	Disponibilidad de software	.442		
		Disponibilidad de nube	.559		
		Redes sociales	.616		
		Porcentaje del personal con acceso a computadora	.850		
		Porcentaje del personal con acceso a Internet	.827		
		Existencia de departamento TIC	.508		
		Capacitación de TIC al personal	.477		
		Índice de uso de nube	.770		
Factor 2. Infraestructura dura y usos de TIC	12.30%	Disponibilidad de línea fija		.811	
		Disponibilidad de línea móvil		.542	
		Disponibilidad de internet		.873	
		Disponibilidad de computadora		.806	
		Índice de usos de internet		.729	
		Índice de usos de software		.591	
Factor 3. Recursos Humanos e innovación	10.60%	Remuneraciones al personal con posgrado			.617
		Remuneraciones al personal con licenciatura			.799
		Remuneraciones al personal técnico			.778
		Existencia de innovación en producto o en proceso			.635
Método de extracción: análisis de componentes principales.					
Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.					
a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.					
<b>Fuente: Elaboración propia con cálculos de este estudio</b>					

<sup>27</sup> Propuesto por Kaiser (1958), trata de que los factores tengan unas pocas saturaciones altas y muchas casi nulas en las variables. Esto hace que haya factores con correlaciones altas con un número pequeño de variables y correlaciones nulas en el resto, quedando así redistribuida la varianza de los factores.

Los resultados a interpretar se encuentran en la matriz de componente rotado (cuadro 3.6) que muestra separando por columnas y colores, los factores obtenidos a partir de la comparación de los coeficientes factoriales rotados mediante el método Varimax. Se obtuvieron 3 factores mediante el método de componentes principales; las variables contenidas en cada uno de los 3 componentes calculados y su correspondencia con cada factor, se obtienen eligiendo el componente de saturación por variable (fila) más alto en comparación con cada factor (columna).

El primer factor explica el 36.8% de la varianza y se encuentra conformado por 8 variables: 2 variables de disponibilidad de infraestructura (software y nube), 4 variables de capacidades TIC (personal con acceso computadora, personal con acceso a internet, existencia de departamento de sistemas y capacitación en TIC al personal) y 2 variables de uso de nuevas tecnologías (índice de uso de nube y uso de redes sociales para fines del negocio).

El segundo factor explica el 12.3% de la varianza y se encuentra constituido por 4 variables de infraestructura (línea fija, línea móvil, internet, computadora) y 2 de uso y aprovechamiento (índice de uso de internet y de software); por último, el tercer factor explica el 10.6% de la varianza y está integrado por 3 variables de capacidades de la fuerza de trabajo, denominadas aquí como recursos humanos (remuneraciones pagadas al personal con posgrado, licenciatura y técnico) y la variable de existencia de innovación en productos o en procesos al interior de las organizaciones.

Los componentes que integran el primer factor pueden ser asociados con infraestructura que podría ser denominada de segunda etapa, es decir, una capa de infraestructura que se monta sobre un primer eje directamente ligado a infraestructura física (computadoras, cables, servidores, etc.); a esta segunda capa de bienes tecnológicos la denominaremos infraestructura blanda o de segunda etapa; así, el primer factor es denominado en función de las variables que lo integran ***Infraestructura blanda, uso de nuevas tecnologías y capacidades TIC.***

Al segundo factor, que agrupa variables de infraestructura dura o directamente ligados a la infraestructura física y a la disponibilidad o existencia de infraestructura TIC de primera capa o dura (líneas fijas, móviles, computadoras, e internet) con variables de uso y aprovechamiento, tanto del software como del internet en función de su integración a los procesos productivos lo denominaremos, factor de ***Infraestructura dura y usos de TIC***.

El tercer factor se encuentra constituido por los salarios pagados al personal en función del nivel educativo que tienen (posgrado, licenciatura y bachillerato técnico), así como por la existencia de procesos de innovación, por lo que puede ser denominado como factor de ***Recursos Humanos e innovación***.

Los resultados muestran información relevante en términos de la adopción de tecnología de las organizaciones mexicanas, de las capacidades tecnológicas (y no tecnológicas) que poseen, y de cómo ambas influyen en la determinación de los usos y aprovechamiento de la tecnología; en el caso del análisis factorial realizado, los resultados indican la existencia de 3 grupos de variables que contribuyen a explicar esa relación.

El primer factor, denominado aquí "Infraestructura blanda, uso de nuevas tecnologías y capacidades TIC", sugiere la existencia de un vínculo entre el porcentaje de personal que tiene acceso a PC y a internet (como una primera capa de infraestructura) y la disponibilidad de software y de acceso a la nube (como una segunda capa de infraestructura disponible). Lo anterior, suele ser más eficiente cuando ese personal recibe capacitación en aspectos vinculados al uso de esa tecnología, y además es respaldado por un departamento de sistemas al interior de las organizaciones. En la medida en la que ambos ejes de disponibilidad de infraestructura y capacidades organizacionales se combinan, se hace posible el uso de nuevas tecnologías, como redes sociales con fines vinculados a los procesos de negocio, o descansar una parte de los procesos productivos en la nube.

La disponibilidad de infraestructura TIC representa una condición necesaria (si bien, no suficiente) del desempeño de las organizaciones, y ello es validado por el análisis factorial realizado, que permite observar la existencia de un segundo

conjunto de variables, vinculadas prácticamente de manera única con las variables de disponibilidad de infraestructura “dura” o de primera etapa, es decir, el grado en el que las organizaciones a nivel de subsector disponen de acceso a computadora, internet, teléfonos fijos y móviles; ello se encuentra estrechamente relacionado con los usos que se le dan a esa infraestructura, y muy particularmente a internet y al software, cuyos indicadores de vínculo con los procesos de negocio de la empresa, se encuentran expresados aquí por sus respectivos índices de usos.

El tercer factor estimado, denominado *factor de recursos humanos e innovación*, revela la importancia de las capacidades del personal en las organizaciones; aquí la variable de remuneraciones es considerada como una aproximación de las capacidades de la mano de obra; teóricamente, a medida que las capacidades del personal son mayores, las remuneraciones tienden a reflejar esas capacidades y a ser también altas y las remuneraciones por nivel de escolaridad son un indicador indirecto de esas capacidades y el análisis factorial revela su importancia como factor clave del aprovechamiento de la tecnología. Cuando ese conjunto de habilidades y capacidades de la fuerza laboral existe, se hace posible la existencia de procesos de innovación al interior de las organizaciones, como revela el hecho de que estas variables se encuentren juntas en este factor.

En síntesis, el análisis factorial realizado revela la existencia de conjuntos de factores o variables, que sugieren, si bien de manera preliminar, la necesidad de incorporar no sólo factores de infraestructura tecnológica para entender el impacto de la tecnología en el desempeño de las organizaciones; al lado de estos factores de disponibilidad de TIC, existe un conjunto de capacidades (tecnológicas y no tecnológicas) que complementan, influyen y determinan los usos que las organizaciones dan a la tecnología; son en última instancia esos usos y la manera en la que se aprovecha la tecnología, lo que determina el impacto de la tecnología en el desempeño de las organizaciones.

Esta aproximación inicial, sin embargo, promedia diferentes conjuntos de empresas que solo se encuentran vinculadas por el tipo de actividad económica realizada, pero que pueden tener características de uso de TIC, capacidades y

los usos de la tecnología, radicalmente distintas. En este sentido, el tamaño de las organizaciones puede ser un factor determinante del grado de intensidad tecnológico. Esta hipótesis se explora realizando el análisis con un cruce actividad económica / tamaño de empresa en la sección 3.2.

### 3.1.1 Análisis de conglomerados

Habiendo calculado los factores que permiten obtener características de agrupación de las variables no visibles de primera instancia, resulta de interés observar si de la misma forma, con los resultados del análisis factorial es posible obtener características de agrupación de los subsectores, es decir, subsectores que sigan comportamientos de infraestructura, capacidades y uso tecnológico similares en términos de las variables analizadas mediante los factores estimados. Para ello, la información obtenida a través del análisis factorial puede ser utilizada para calcular una puntuación para cada factor en cada una de las observaciones y analizar su comportamiento en términos de similitudes o diferencias.

El análisis de factores permite, además de observar conjuntos de características no observables que vinculan a las variables, establecer puntajes factoriales, que representan la relación o distancia que tiene cada uno de las observaciones con respecto a los factores calculados; estos puntajes tenderán a ser más altos, a medida que los coeficientes de comunalidad sean también más altos.

Utilizando estos puntajes, es posible realizar otro tipo de análisis de agrupación de observaciones (en este caso, subsectores); proponemos aquí, realizar un análisis de conglomerados. Este método permite agrupar la información de una serie de variables para cada subsector (en este caso, los puntajes obtenidos mediante el análisis factorial) y, conforme ellas, medir la similitud entre ellos. Esta similitud (o diferencia) entre las variables, permitirá agrupar a los subsectores de acuerdo a su nivel de similitud o disimilitud, formando "*clusters*" o grupos de subsectores que comparten características entre ellos, separando a aquellos de características distintas.

Para ello, utilizaremos el análisis de conglomerados de  $K - Medias$ , descrito en la sección 3.2. Se estima un cluster para agrupar los subsectores utilizando las puntuaciones factoriales, con la intención de identificar grupos homogéneos de casos (subsectores) basado en un algoritmo que minimiza la distancia euclidiana entre cada caso y el promedio del grupo que contiene ese caso (Brown & Domínguez (2004); Brown, Domínguez, Mertens, (2007)). El algoritmo calculado permite mover cada uno de los casos entre los distintos grupos hasta encontrar la mínima distancia euclidiana. El cálculo del análisis de clúster, se muestran en el cuadro 3.7.

**Cuadro 3.7. Análisis de conglomerados, Base general (Subsector)**

Análisis de conglomerados				
	Clúster			
	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4
Infraestructura blanda, uso de nuevas tecnologías y capacidades TIC	.39447	-.66394	-.57336	-.09996
Infraestructura dura y usos de TIC	-.02390	.41118	0.27588	-.64880
Recursos Humanos e innovación	.09555	0.22377	.80683	-.86373
Productividad Laboral	1,546	1,001	4,406	332
Índice de Prod. Laboral	1.10	0.71	3.14	0.24
Subsectores por Cluster	35	19	7	16

Fuente: Elaboración propia con datos estimados del análisis factorial de este estudio

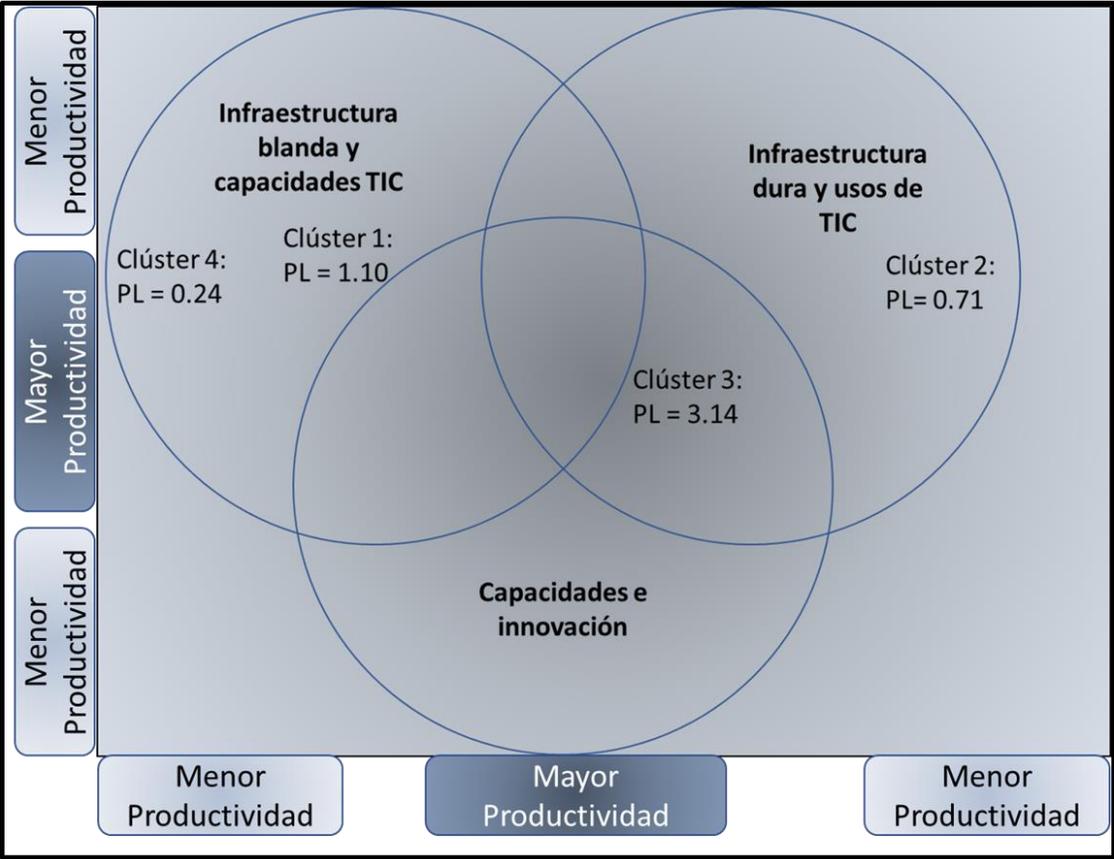
El cuadro 3.7 revela que, a nivel de actividad económica, los subsectores pueden ser agrupados en 4 conjuntos, en función de su disponibilidad de infraestructura y usos de TIC, sus capacidades de recursos humanos y para innovar. Los dos primeros factores, se refieren a la disponibilidad de tecnología y la capacidad para gestionarla, y el tercero se vincula a las capacidades de la fuerza de trabajo y de innovación.

\*\*\* Otra manera de analizar la información contenida en el mapa de calor 3.7, es a través de su relación con la productividad. En esa dirección, la figura 3.8 muestra la conformación de los 3 factores estimados, y las posibles combinaciones entre ellos; se puede apreciar de manera clara que, entre mayor es la combinación de factores (capacidades, tipos de infraestructura y usos) que tiene un clúster, más alta es su productividad. A medida que un clúster tiende a

tener un mayor número de factores (o en términos del diagrama de Venn, a estar más cerca del centro), su índice de productividad laboral (medido con la productividad de ese clúster entre la productividad promedio de la economía) tiende a ser más alto.

En la medida en la que un clúster está más lejos del centro (o a disponer de un solo factor y no de una combinación de los mismos), tiende a reducir su productividad. Lo anterior, comienza a sugerir la dirección de la hipótesis planteada: la productividad no solo es determinada por la disponibilidad y uso de TIC, sino que se requiere de un conjunto de otras características, dentro de las cuales destacan las capacidades de las empresas y la fuerza laboral, para complementar a la tecnología y transformarla en alta productividad.

**Cuadro 3.8. Ubicación de los conglomerados en función de sus características y productividad**



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de análisis de clúster con datos de INEGI

Si se analizan el interior de cada uno de los conglomerados, se observa que el primer grupo, se compone de 35 actividades económicas, que se caracterizan por disponer de altos niveles de infraestructura blanda y capacidades TIC; este conglomerado tiene una productividad laboral 10% más alta que el promedio de la economía nacional.

El segundo grupo de actividades, integrado por 19 actividades económicas, se caracteriza por disponer de altos niveles de infraestructura dura y usos de TIC ligados a los procesos de negocio; sin embargo, no posee infraestructura blanda ni habilidades TIC, lo que contribuye a explicar que su productividad laboral sea 29% menor que el promedio nacional.

El tercer conglomerado se integra por un grupo más pequeño de subsectores, que tienen la característica de poseer las capacidades más altas en términos de los recursos humanos y capacidades de innovación y una disponibilidad media alta de infraestructura dura. Su productividad laboral es, por mucho, la más alta de los conjuntos analizados, siendo más de tres veces mayor que el promedio nacional.

Por último, se encuentra un clúster, integrado por 16 subsectores, que podríamos llamar de actividades rezagadas, que no posee ninguna de las capacidades de los otros conjuntos de actividades, y por ello, tiene una productividad laboral que representa solo el 24% del promedio nacional.

Los coeficientes factoriales obtenidos permiten observar la posición de cada conglomerado con respecto al resto; en esa dirección, la gráfica 3.8 permite observar que, si se consideran los tres factores de manera conjunta, el clúster 3, integrado por los sectores, 1. Asociaciones y organizaciones, 2. Comercio al por mayor de camiones y partes y refacciones nuevas para automóviles, 3. Edición de periódicos, revistas, libros, software y otros materiales, 4. Industria fílmica y del video, e industria del sonido, 5. Otros servicios de información, 6. Procesamiento electrónico y hospedaje de información, 7. Radio y televisión, 8. Servicios de alojamiento temporal, y 9. Servicios educativos, se ubica por encima del resto. Este grupo de subsectores, por la naturaleza de las actividades que realiza, es más propenso a usar de manera intensiva las TIC, en virtud de

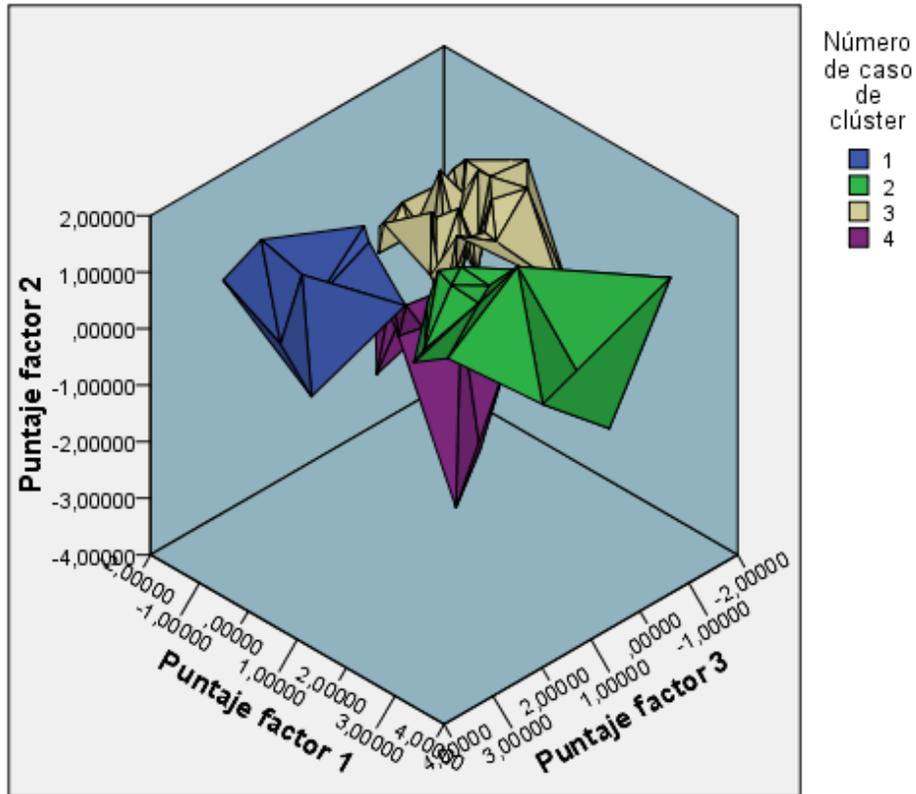
que, una buena parte de esas actividades requiere, como condición de su existencia moderna, el uso de este tipo de tecnologías para su producción y entrega de productos y servicios. Incluso, en algunos casos, para las actividades que integran este conglomerado, puede resultar más caro no disponer de las TIC en virtud de que la falta de ellas constituye una desventaja con respecto a aquellas empresas del mismo sector que sí disponen de aquellas y por lo tanto, se encuentran en posibilidades de reducir costos.

Por su parte, el segundo clúster se encuentra integrado por las siguientes actividades económicas: 1. Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera, 2. Compañías de fianzas, seguros y pensiones, 3. Corporativos, 4. Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, 5. Fabricación de equipo de transporte, 6. Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil, 7. Intermediación de comercio al por mayor, 8. Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias, 9. Servicios postales, 10. Transporte. Una cantidad importante de estas actividades se encuentra vinculada con los servicios financieros y servicios de intermediación. Ambos conjuntos de actividades, requieren de un uso intensivo de tecnología, lo que les permite automatizar procesos y disminuir los requerimientos de una gran cantidad de mano de obra especializada, por lo que no requieren de una gran cantidad de capacidades.

De manera adicional, los subsectores de este conglomerado constituyen un conjunto que, a pesar de tener altos ingresos, al realizar una gran cantidad de tareas de intermediación, tienden a generar poco valor agregado.

De lo anterior, se puede concluir que un determinante importante de las capacidades requeridas por las actividades económicas, es la posición en la cadena de valor que ocupan; para aquellas actividades de baja generación de valor agregado (como aquellas relacionadas a la comercialización o reventa de bienes y servicios), las capacidades requeridas tienden a ser menores, si bien, los ingresos tienden a ser altos.

**Cuadro 3.9. Coeficientes factoriales y análisis de conglomerados**



**Fuente:** Elaboración propia con base análisis de clúster con datos de la encuesta ENTIC

Existen dos conglomerados que tiene vocación ampliamente exportadora; las ventas promedio fuera del mercado nacional de los clústers 2 y 3 equivalen al 40% de sus ingresos totales; estos grupos, tienen la característica de tener los dos puntajes de recursos humanos e innovación más altos, lo que vincula, de entrada, a la propensión a exportar con las capacidades de los recursos humanos y la innovación. El clúster 2 se constituye principalmente por actividades industriales (alimentaria, bebidas y tabaco, química, maquinaria, textiles), y actividades de comercio de altos ingresos pero baja generación de valor agregado.

El tercer clúster, integrado por actividades vinculadas a los servicios financieros y de construcción y algunos servicios de alto valor agregado, tiene características que resultan interesantes de resaltar para explicar la relación entre productividad laboral, capacidades y exportaciones; son el conglomerado de mayores capacidades de recursos humanos e innovación, pero representan una proporción muy pequeña del empleo (4.5% del total de la muestra); a pesar de representar una proporción menor del empleo, probablemente debido a las capacidades de su fuerza de trabajo altamente innovadora, esa proporción de 4.5% del empleo es capaz de generar el 29% de los ingresos totales. De esa cifra, cerca del 40% corresponde a exportaciones.

**Cuadro 3.10. Características de los conglomerados**

Clúster	Ingresos	Ventas nacionales (%)	Exportaciones (%)	Empleo (%)
1	12,329,263	94.6%	5.4%	33.5%
2	2,151,584	57.7%	42.3%	30.7%
3	10,672,155	60.7%	39.3%	4.5%
4	11,921,698	90.8%	9.2%	31.3%
<b>Total general</b>	<b>37,074,700</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Elaboración propia con base análisis de clúster con datos de la encuesta ENTIC**

La misma información, desde el punto de vista de los conglomerados de mayor generación de empleo, contribuye a entender algunas de las causas de los problemas de productividad y bajo crecimiento económico; el clúster 2, integrado por algunas actividades industriales, muestra tener una disponibilidad baja de infraestructura TIC, y capacidades tanto de la fuerza de trabajo como de innovación más cercanas a bajas. La conjunción de estos dos factores, contribuyen a explicar que, a pesar de tener vocación exportadora (42% del total de sus ingresos corresponden a exportaciones), su generación de ingresos apenas corresponda al 5.8% del total. En otros términos, a pesar de representar un conjunto de actividades industriales exportadoras, en ausencia de capacidades y uso de TIC, esa elevada proporción de empleo es muy poco productiva. En el otro extremo, tan solo una muy pequeña proporción del empleo, es la que posee altas capacidades y uso de TIC, factores que, combinados, determinan una alta capacidad de generación de ingresos.

Lo que determina que, en el agregado la economía mexicana tenga la característica de tener una baja productividad y lento crecimiento económico, es que el número de empresas con empleados altamente capacitados e innovadores, que den como resultados empresas altamente productivas, apenas representa el 2.3% del total. La contraparte la representan el 65% de empresas de más de 10 empleados, sin capacidades de la fuerza de trabajo, de escasa disponibilidad de TIC y poco productivas.

### **3.2 Segmentación por tamaño de empresa**

En la sección 3.1, el examen realizado permitió, mediante la técnica de análisis factorial, entender las variables se encuentran asociadas en una estructura subyacente a los datos, así como la jerarquía que esas asociaciones. El análisis de conglomerados contribuyó en la identificación de los subsectores cuyo comportamiento en cuanto a la disponibilidad, uso de tecnología y capacidades de las organizaciones que los integran, es similar.

Esa identificación posibilita el análisis del conjunto de actividades económicas que pueden ser consideradas de alto uso tecnológico, las características que comparten y establecer la relación que ello guarda con el desempeño económico, medido aquí por la productividad laboral.

Sin embargo, el análisis realizado hasta el momento no permite identificar si al interior de las actividades económicas (o conjuntos de ellas), existen diferencias significativas que permitan entender si existen variaciones en la conformación de esos factores y su relación con la productividad.

En esta dirección, una de las hipótesis de las que se parte en el presente estudio de tesis, es que, junto con el tipo de actividad económica, el tamaño de las empresas resulta relevante para entender el conjunto de capacidades que las organizaciones poseen y, por lo tanto, su uso y aprovechamiento de la tecnología. Por mencionar solo dos ejemplos, cuando se analiza el conjunto de actividades comprendidas en el subsector de Comercio al por menor, la carga tecnológica está vinculada fuertemente al tamaño de empresa; para el caso de

las cadenas de super mercados, los requerimientos de integración tecnológica son mucho mayores a aquellos existentes en empresas de 10 empleados, aunque la actividad económica desarrollada sea la misma. En lo que respecta al subsector de preparación de alimentos, ocurre algo similar; el uso de TIC en un restaurante uniestablecimiento, si bien, puede ser importante en términos contables y de administración de pedidos y ventas, por lo general, es menos intensivo que en el caso de cadenas dedicadas a la misma actividad, en donde la tecnología viene “heredada” de la propia cadena.

Por lo anterior, resulta relevante tratar de entender, aquellos casos en los que, además del tipo de actividad económica desarrollada, el tamaño de empresa adquiere una dimensión relevante para entender las diferencias en el uso de tecnología, la existencia de capacidades, y la productividad de las empresas.

Con la finalidad de explorar esa hipótesis, en el presente apartado se analiza si las diferencias en el tamaño de las organizaciones resultan relevantes en la conformación de los factores que explican la productividad.

Para ello, el conjunto de las más de 6,800 empresas encuestadas, representativas en el marco muestral de la ENTIC de 156,620 organizaciones y agrupadas en 80 subsectores, fueron divididas en 3 tamaños, atendiendo a un criterio de número de empleados, quedando divididas en los rangos que se muestran a continuación:

1. Tamaño 1. De 10 a 50 empleados
2. Tamaño 2. De 51 a 250 empleados
3. Tamaño 3. Mayor a 250 empleados

### 3.2.1 El tamaño de empresa como factor de diferenciación

La encuesta ENTIC tiene representatividad estadística a nivel nacional de las empresas de más de 10 empleados. Para este grupo de organizaciones, existen diferencias importantes en aspectos vinculados al empleo generado al interior de cada actividad económica, a su número de empresas, al monto de ingresos

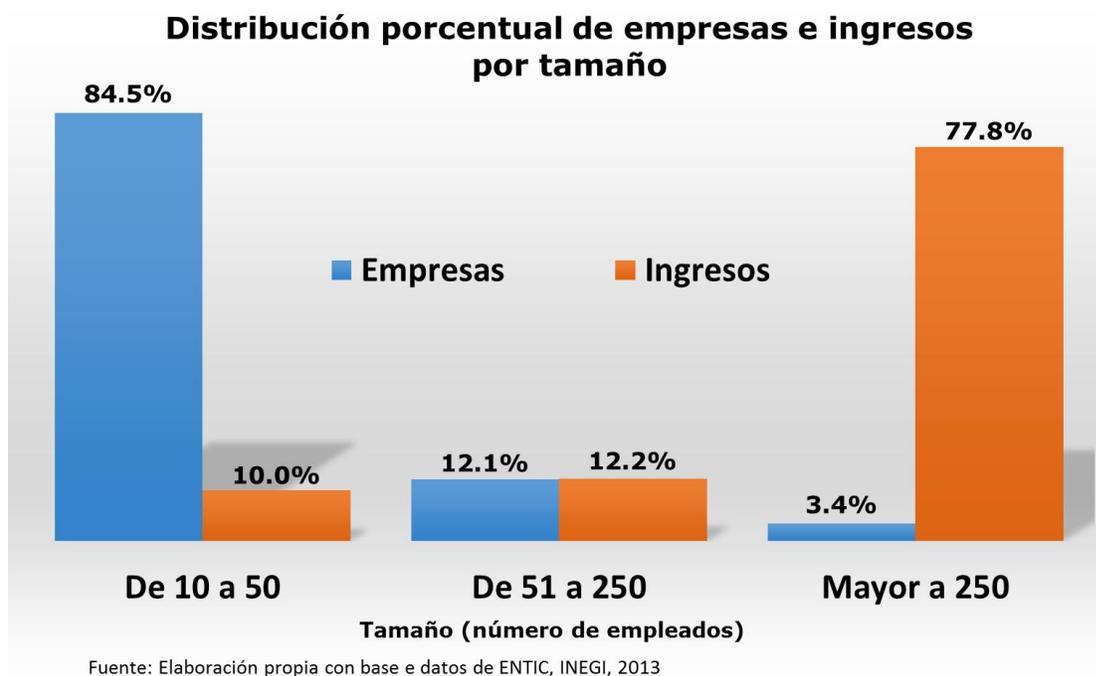
generados por cada tamaño y su grado de vinculación con el mercado externo (exportaciones).

En cuanto al número de organizaciones, 132,398 empresas se ubican en el segmento de 10 a 50 empleados; esta cifra equivale al 84.5% del total de empresas representativas de la encuesta. Sin embargo, a pesar de representar la mayor proporción en cuanto a número, este conjunto genera solo 1,620,980.1 millones de pesos, monto que equivale al 10% de la producción generada por el mismo conjunto de empresas.

Por su parte, el segmento de organizaciones de 51 a 250 empleados, tiene una distribución prácticamente equitativa del número de empresas y monto de ingresos generados por las mismas; dentro de este conjunto existen 18,920 empresas (12.1% del total), que generan ingresos por 1,981,431.9 millones de pesos (12.2% de los ingresos de las empresas de más de 10 empleados).

El tercer y último segmento de análisis, lo constituyen las grandes empresas, que comparten la característica de tener a más de 250 empleados trabajando. Este conjunto, si bien es el más pequeño en términos del número de organizaciones que lo integran, con 5,301 empresas (3.4% del total de las empresas analizadas), también es el más importante en cuanto al monto de ingresos generados; la producción generada en este segmento equivale al 77.8% (12,612,824.6 millones de pesos) de la producción total generada por las empresas representativas de la encuesta ENTIC. La comparación del número de empresas y los ingresos generados por tamaño de empresa, pueden apreciarse en el cuadro 3.11.

**Cuadro 3.11. Distribución de variables seleccionadas por tamaño de empresa**

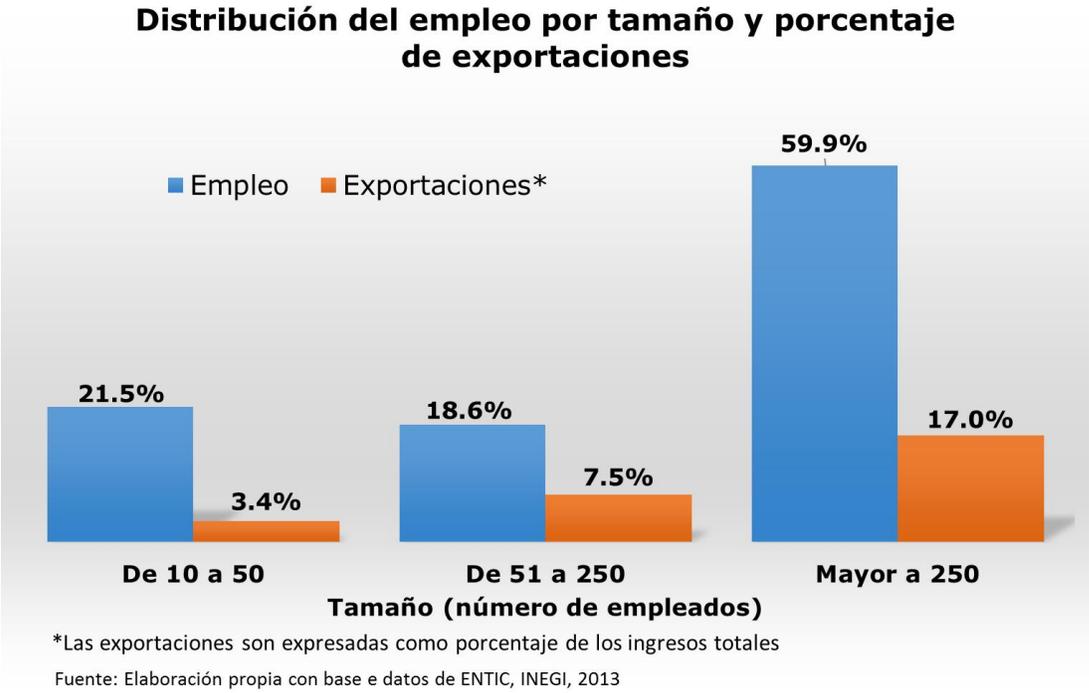


Si se analiza la composición del empleo generado y la capacidad exportadora, también se encuentran diferencias significativas en los tres segmentos analizados; el primer tamaño (10 a 50 empleados), genera 2,413,290 empleos, equivalentes al 21.5% del total de las empresas de más de empleados, y el número promedio de trabajadores por empresa de este tamaño es de 18. Este segmento también tiene la característica de que vende de manera casi exclusiva, dentro del territorio nacional; su volumen de exportaciones equivale solo al 3.4% del total de sus ingresos.

El segundo conjunto de análisis, integrado por empresas medianas, genera 2,088,731 empleos, que equivalen al 18.6% del empleo total de las empresas analizadas; cada organización de este segmento, emplea en promedio a 110 trabajadores. De manera adicional, tienen una mayor vocación exportadora; el monto de ventas generadas fuera del mercado interno con respecto al total de ingresos, es del 7.4%.

Por su parte, el segmento integrado por las grandes empresas (más de 250 empleados), es el más importante en términos de generación de empleo; 6,714,850 trabajadores se encuentran trabajando en organizaciones de este segmento, cifra equivalente al 60% del total del empleo de las empresas estudiadas. El número promedio de trabajadores por empresa de este tamaño, es de 1,267. También su orientación de ventas fuera del mercado interno es mucho mayor con respecto a los otros dos tamaños; su volumen de exportaciones equivale al 17% de sus ingresos totales. Estas cifras se sintetizan en la gráfica 3.12.

**Cuadro 3.12. Distribución de variables seleccionadas por tamaño de empresa**



La segmentación realizada por tamaño de empresa permite, no solo analizar las diferencias que existen a nivel de la distribución de los ingresos, empleo, número de empresas y exportaciones; esta segmentación permitió también encontrar diferencias significativas en cuanto a la estructura de factores que explican la varianza de cada tamaño. La importancia relativa de cada uno de ellos cambia

en función del tamaño de organización y las unidades de observación (subsectores) se agrupan de manera diferente cuando el número de empleados tiende a ser mayor. En la presente sección se analizan las diferencias encontradas a partir de los distintos tamaños, primero, en la conformación de factores, segundo, en la agrupación de las unidades de observación y por último en el impacto relativo de cada factor sobre la productividad laboral.

Si bien, estas diferencias son analizadas a detalle en la sección 4.3, aquí se desarrollan, a manera de síntesis, algunas reflexiones de las principales diferencias encontradas para cada uno de los tipos de análisis, primero en lo que a la conformación de factores (análisis factorial) se refiere y segundo, en la medición de los determinantes de la productividad laboral encontrados mediante el análisis econométrico.

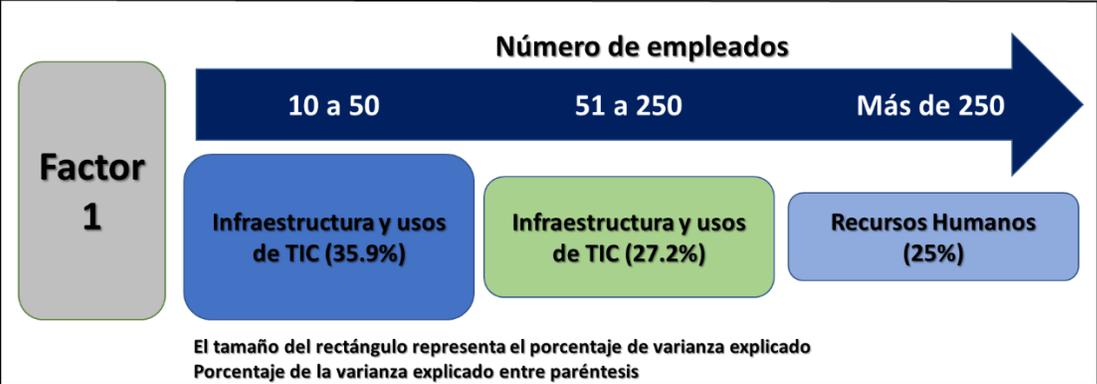
### 3.2.2 Comparación de factores por tamaño de empresa

El análisis factorial permitió encontrar diferencias significativas en la conformación de factores por tamaño de empresa; si bien, existe una regularidad para los 3 tamaños de organización en la agrupación de las variables que conforman a los 2 factores de mayor relevancia, tanto el porcentaje de la varianza que explican cada uno, como el orden de importancia de los mismos, cambia en función del tamaño de empresa.

De esta manera, el análisis factorial revela que el factor más importante para explicar la varianza conjunta las variables analizadas en las organizaciones de 10 a 250 empleados (divididos aquí en dos tamaños) es la disponibilidad de infraestructura TIC y la manera en la que las organizaciones incorporan esa infraestructura en sus procesos productivos; a medida que las organizaciones son más grandes (mayores a 250 empleados), las capacidades y habilidades los recursos humanos, adquieren mayor relevancia y se ubican como el factor más importante. Si consideramos la información mostrada en el cuadro 4.5 en relación a que el mayor volumen de producción y empleo se realiza en este último tamaño, la importancia de los recursos humanos se hace aún más evidente.

El factor de disponibilidad de infraestructura y usos de la misma, llega a explicar hasta el 27% de la varianza en el tamaño mediano, mientras que para el caso de las empresas pequeñas (de 10 a 50 empleados), explica el 24%; en ambos casos, representa el factor más importante. Lo anterior, muestra el papel relevante que la tecnología, así como la incorporación de ésta en los procesos de producción y negocio, tiene para este segmento, que en conjunto representa el 96.6% de las organizaciones.

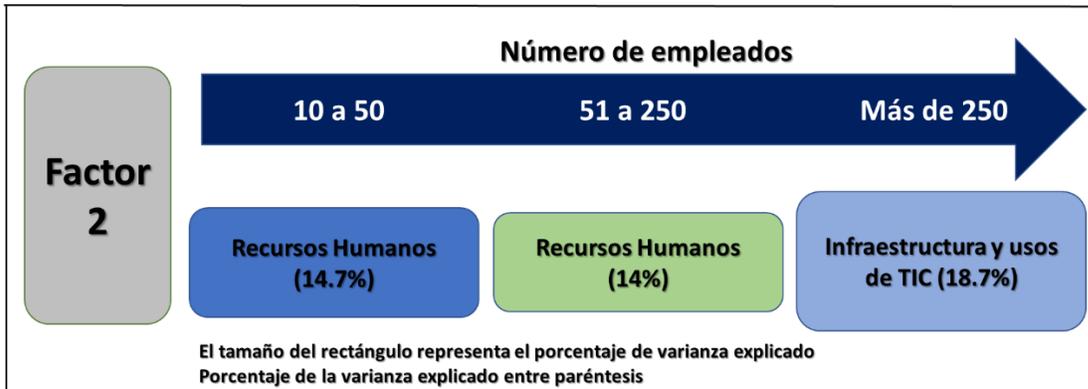
**Cuadro.3.13. Comparación del factor 1 por tamaño de empresa**



La conformación del segundo factor también muestra diferencias entre las variables que lo integran y el porcentaje de varianza que ellas explican, entre las empresas de menos de 250 empleados y aquellas mayores; para las primeras, es el factor de *Recursos Humanos* el que se establece como segundo factor explicando el 21 y 14% de la varianza, mientras que para las empresas de más de 250 empleados, es el factor de disponibilidad de infraestructura y uso de tecnología, el que explica el 18.7% de la varianza total.

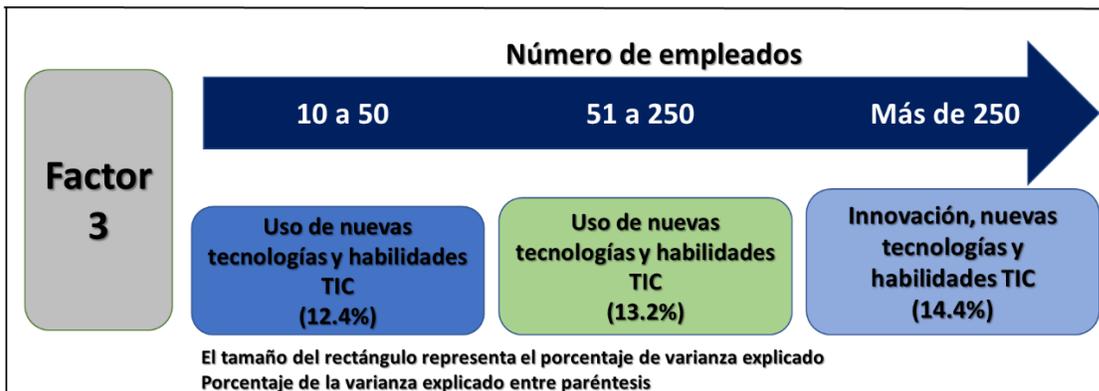
Si bien, el orden de los 2 factores más importantes para las empresas de menos de 250 empleados y aquellas mayores, se invierte, resulta un hecho significativo el que la combinación de disponibilidad y uso de TIC y recursos humanos, explique, para cualquiera de los tres tamaños considerados, poco más del 45% de la varianza conjunta de las variables analizadas.

**Cuadro.3.14. Comparación del factor 2 por tamaño de empresa**



El uso de nuevas tecnologías y habilidades TIC aparece como un factor común en los 3 tamaños de organización; en el caso de las empresas de menos de 250 empleados, la existencia de este conjunto de capacidades y el uso de nuevas tecnologías, no parece estar asociado con la innovación; para el conjunto de empresas grandes, los procesos de innovación van aparejados con aquellas, constituyéndose como un factor único que explica el 14.4% de la varianza.

**Cuadro.3.15. Comparación del factor 3 por tamaño de empresa**

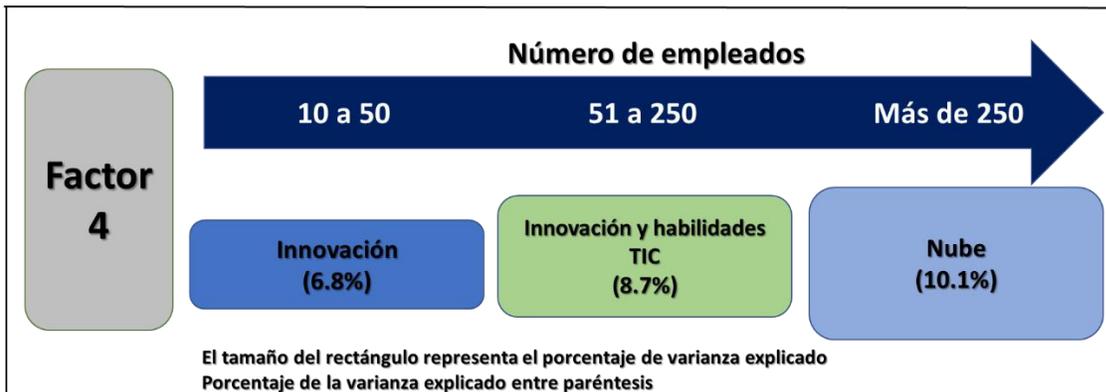


Para el caso de las empresas pequeñas y medianas (de 10 a 50 y de 50 a 250 empleados), la innovación aparece como el factor menos relevante al momento de explicar los procesos de cambio conjunto de las variables, explicando el 6.8 y 8.7% de la varianza. En las empresas grandes, es la integración y alineación

de los procesos de negocio en la nube lo que constituye el 4 factor, explicando el 10.1% de la varianza.

Ello da indicios de que, para el caso de las organizaciones grandes, la innovación es más importante que para el caso de las de menor tamaño; en otros términos, el análisis muestra que a medida que las organizaciones son más grandes, la innovación adquiere mayor relevancia.

**Cuadro.3.16. Comparación del factor 4 por tamaño de empresa**



### 3.3. Tamaño 1; De 10 a 50 empleados

#### Características del segmento

El primer segmento de análisis está conformado por empresas de 10 a 50 empleados<sup>28</sup>. Este conjunto está integrado por 132,398 empresas, que representan el 84.5% del total de la muestra.

Las organizaciones pertenecientes a este segmento, generaron para el año 2013, la cantidad de 2,413,290 empleos, equivalente al 21.5% del empleo total. El tamaño promedio de las empresas de este segmento, es de 18 empleados. A pesar de la importancia relativa en cuanto al porcentaje del total de empresas,

<sup>28</sup> La encuesta ENTIC no realizó entrevistas a organizaciones de menos de 10 empleados

generan en conjunto solo 1,620,980,114 miles de pesos, equivalentes al 10% de los ingresos totales.

Otra característica de este conjunto de organizaciones, es que tienden a exportar poco, es decir, la mayor parte de sus ingresos se genera en el mercado nacional. El volumen de exportaciones con respecto a los ingresos totales, es de solo 2.3%.

Para analizar la estructura, comportamiento y la relación que ello guarda con la productividad de este segmento de organizaciones, se realizó un análisis en tres etapas; la primera de ellas, corresponde a un análisis factorial, con la intención encontrar los patrones subyacentes en la estructura de las variables. Como segunda fase de análisis, se realiza un examen de conglomerados (cluster analysis) con los puntajes factoriales obtenidos, con la finalidad de identificar afinidades en el comportamiento de los subsectores. La tercera etapa de análisis consiste en medir econométricamente, el impacto que tienen sobre la productividad tienen los factores encontrados en la fase 1.

### 3.3.1 Análisis factorial, tamaños 10 a 50 empleados

El análisis del primer tamaño arroja la existencia de 4 factores subyacentes a la estructura de la información, que en conjunto explican el 69.2% de la varianza; los coeficientes de comunalidad son altos para todas las variables, lo que representa un indicador de la existencia de procesos conjuntos de las variables. Los resultados pueden apreciarse en el cuadro 3.15.

**Cuadro.3.17. Análisis factorial, empresas de 10 a 50 empleados.**

Tamaño 1. De 10 a 50 empleados. Varianza total explicada					
Componente	Autovalores iniciales	% de varianza de cada componente	Sumas de rotación de cargas al cuadrado	Comunalidades	
	Total		% acumulado	Comunalidades (Extracción)	
1	6.477	35.985	35.985	INFRA_Linea_Fija	.705
2	2.654	14.742	50.727	INFRA_Linea_Movil	.553
3	2.185	12.139	62.866	INFRA_Reddes_Sociales	.463
4	1.142	6.343	69.209	INFRA_Computadora	.867
5	0.898	4.988	74.198	INFRA_Internet	.888
6	.760	4.223	78.421	INFRA_Nube	.659
7	.739	4.103	82.524	INFRA_SW	.824
8	.616	3.425	85.948	CAPACI_Personal_con Computadora	.897
9	.573	3.182	89.130	CAPACI_Personal_con Internet	.895
10	.462	2.569	91.699	CAPACI_Depto_de_Sistemas	.681
11	.360	2.000	93.699	CAPACI_Remuneraciones posgrado	.639
12	.289	1.605	95.305	CAPACI_Remuneraciones licenciatura	.746
13	.269	1.496	96.801	CAPACI_Remuneraciones técnica	.569
14	.189	1.047	97.848	CAPACI_Capacitación_TIC	.406
15	.178	.987	98.835	USOS_Innovación	.537
16	.152	.843	99.679	Índice_de_internet	.809
17	.056	.312	99.990	Índice_de_Software	.671
18	.002	.010	100.000	Índice_de_Nube	.651

Método de extracción: análisis de componentes principales.  
Fuente: Elaboración propia con datos de este estudio

Para el primer tamaño, el factor que explica la mayor proporción de la varianza (36%) para el conjunto de las variables consideradas, es el de Infraestructura y uso de TIC. Ello indica que existe una asociación en la estructura de datos, que relaciona la disponibilidad de servicios de telefonía (fija y móvil), computadora, internet y software para la realización de algún tipo de proceso de negocio dentro de las organizaciones. La disponibilidad de ese conjunto de herramientas tecnológicas, se encuentra estrechamente relacionada con el uso que las

organizaciones dan, tanto a internet como al software, capturado en las variables de Índice de uso de internet e Índice de uso de software, que miden el grado de avance o sofisticación en el uso de ambas variables.

El segundo factor en términos de volumen de varianza explicada para las organizaciones de 10 a 50 empleados, se encuentra constituido por las capacidades que posee la fuerza laboral, capturadas mediante las variables proxy de remuneraciones por nivel de escolaridad. Para este segmento de empresas, las capacidades de los empleados se constituyen como un factor que explica el 14.7% de la varianza.

En este subconjunto de empresas, la disponibilidad e incorporación de nuevas tecnologías dentro de los procesos de negocio (redes sociales y nube), así como las habilidades para el uso y administración de TIC que los empleados poseen (expresadas en términos de la capacitación y existencia de un departamento especializado al interior de las empresas), constituyen un factor que explica el 12.1% de la varianza conjunta de las variables seleccionadas.

La innovación constituye el último factor en orden de importancia para este conjunto de organizaciones, de acuerdo al porcentaje de la varianza que explica, contribuyendo con el 6.4%. Si bien, existe un segmento de organizaciones de este tamaño que son altamente innovadoras, en promedio, el aporte a la explicación de la varianza de esta variable es relativamente pequeño. Los anteriores resultados, así como los coeficientes factoriales obtenidos, se pueden apreciar en el cuadro 3.16.

**Cuadro.3.18. Análisis factorial, Análisis factorial, Rotación de la matriz de componentes empresas de 10 a 50 empleados.**

Análisis factorial, Tamaño 10 a 50.						
Factor	Porcentaje de varianza explicado	Variables	Matriz de componente rotado <sup>a</sup>			
			1	2	3	4
Factor 1. Infraestructura y usos de TIC	35.90%	Disponibilidad de línea fija	.818	.183	-.050	.006
		Disponibilidad de línea móvil	.694	-.038	.186	-.190
		Disponibilidad de computadora	.926	.017	-.071	.059
		Disponibilidad de internet	.901	.178	.107	.180
		Disponibilidad de software	.859	.195	.066	.208
		Índice de usos de internet	.732	.206	.480	-.023
		Índice de usos de software	.775	.092	.250	.000
Factor 2. Recursos humanos	14.70%	Remuneraciones al personal con posgrado	.083	.942	.051	.018
		Remuneraciones al personal con licenciatura	.090	.939	.062	.011
		Remuneraciones al personal técnico	-.013	.759	.238	.076
		Porcentaje del personal con acceso a Internet	.269	.793	.189	.098
		Porcentaje del personal con acceso a computadora	.280	.683	.098	-.123
Factor 3. Uso de nuevas tecnologías y habilidades TIC	12.10%	Uso de redes sociales	-.179	.138	.640	-.037
		Disponibilidad de nube	.293	.207	.727	.033
		Uso de nube	.295	.234	.715	.166
		Capacitación de TIC al personal	.160	.116	.524	.303
		Existencia de departamento TIC	.204	-.094	.763	-.137
Factor 4. Innovación	6.40%	Existencia de innovación en producto o en proceso	.112	.125	-.272	.660
Método de extracción: análisis de componentes principales.						
Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.						
a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.						
<b>Fuente: Elaboración propia con cálculos de este estudio</b>						

### 3.3.2 Análisis de conglomerados, Tamaño de 10 a 50 empleados

La segunda fase de análisis consiste en realizar un examen del comportamiento de las unidades de estudio, es decir, de los subsectores. Para ello, la técnica

seleccionada es la de análisis de conglomerados, en la modalidad de K-medias. El examen es realizado utilizando los puntajes factoriales obtenidos mediante el análisis de factores.

Para los grupos de actividades del clúster 1 de este segmento, principalmente relacionados con actividades de comercio y algunas industrias, tanto la disponibilidad de TIC, como su uso y las capacidades de la mano de obra y organizacionales, son más bien escasas; ello pudiera ser causa y también consecuencia, de la prácticamente nula vinculación con el exterior; el 96% de los ingresos de las empresas dedicadas a estas actividades, provienen de ventas en el mercado nacional, y solo el 4% se relaciona con ventas en el extranjero. Si bien, en principio no toda la orientación de las actividades puede ser exportadora, es de resaltar que, en este conglomerado, existen un conjunto de subsectores que, dada la naturaleza de su vocación industrial, son más propensas a exportar, pero no lo hacen, como es el caso de las industrias química, textil, minera y otras industrias manufactureras.

La importancia de este conglomerado en términos del número de empresas que lo integran y el empleo que ellas generan, contribuye a explicar la situación de rezago de una parte importante de las organizaciones de este tamaño, ya que es aquí en donde se concentra el 52% del empleo del segmento. Cuando la existencia de las características aquí analizadas, es casi nula, en más de la mitad de las empresas y del empleo, es posible orientar la identificación algunos de los factores de rezago de las empresas de menor tamaño de la muestra.

El conglomerado número 3 se encuentra en más de un sentido, en una situación opuesta al primero, pero ambos comparten la característica de poseer escasas capacidades de la fuerza de trabajo. Dada la naturaleza de las actividades de este grupo, relacionadas con actividades financieras y tecnológicas (otras telecomunicaciones, radio y TV, y procesamiento electrónico de información) se requiere de una alta innovación, infraestructura TIC suficiente y adecuada, tanto nueva como tradicional, y gente que sepa manejarla, por lo que, en esos tres factores, este conglomerado es el más alto. A su vez, el volumen de exportaciones de este grupo de actividades, es mucho mayor en comparación

con el resto; cerca del 20% de sus ventas totales, se realizan fuera del territorio nacional.

La importancia de las capacidades de la fuerza de trabajo, puede analizarse en el conglomerado 4. Se encuentra integrado por un conjunto de servicios, cuya condición de existencia son las capacidades (nivel educativo) de las personas que los realizan, como es el caso de Servicios profesionales, científicos y técnicos y servicios educativos. Este conglomerado a pesar de no contar con niveles altos de las demás características (innovación, infraestructura TIC y uso de nuevas tecnologías), al disponer de capacidades altas de la fuerza de trabajo, tiene una productividad laboral por arriba del promedio.

Entre las principales actividades económicas vinculadas a este conglomerado, se encuentran actividades de comercio al por mayor (abarrotes, textiles y calzado) y al por menor (abarrotes, cuidado de la salud, tiendas de autoservicio), minería y actividades industriales (industrias químicas, del papel, alimentaria, del plástico y el hule y otras industrias manufactureras), entre algunas de las más importantes.

Es de resaltar, que en términos del número de subsectores que lo integran, este conglomerado es el más amplio para el tamaño de 10 a 50 empleados. Cuando es analizada la productividad laboral de este conjunto amplio de actividades, es posible visualizar patrones que, si bien no son concluyentes, sugieren algún vínculo entre la disponibilidad y el uso de TIC con la productividad.

De acuerdo a los datos de la encuesta ENTIC, la productividad laboral de este conjunto de subsectores, es de 762 miles de pesos anuales. Con la finalidad de comparar la productividad de cada conglomerado, con la productividad media de las empresas de cada tamaño (en este caso, de 10 a 50), se elaboró un índice, que divide la productividad del conglomerado, entre la productividad de la totalidad de las empresas pertenecientes a ese tamaño. Un índice igual a 1 muestra una productividad del conglomerado igual a la de los 78 subsectores considerados para cada tamaño; un índice por debajo de 1 indica una productividad del cluster, menor con respecto a la total. Un índice mayor a 1, indica una productividad mayor del cluster con respecto al promedio.

Para el primer conglomerado, el Índice de productividad es de 0.47, lo que indica que la productividad laboral promedio es aproximadamente la mitad de la existente para el conjunto de empresas de 10 a 50 empleados. La conclusión derivada de ello es que, en ausencia de habilidades de la fuerza de trabajo, capacidades TIC de las empresas y un uso de la tecnología ligado a los procesos productivos, las organizaciones tienden a ser menos productivas (a pesar de la existencia de niveles medios de innovación).

Los resultados muestran la conformación de 4 grupos de comportamiento relativamente heterogéneo, analizados a continuación:

**Cuadro.3.19. Análisis de conglomerados, empresas de 10 a 50 empleados.**

Análisis de conglomerados, tamaño de 10 a 50 empleados				
Factores	Clúster			
	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4
1. Infraestructura y usos	- 0.142	0.218	0.248	0.080
2. Recursos Humanos	- 0.344	- 0.196	- 0.420	1.559
3. Uso de nuevas tecnologías y capacidades TIC	- 0.512	0.059	1.509	0.137
4. Innovación	0.258	- 2.237	0.490	0.030
<b>Productividad Laboral</b>	762	699	4,668	1,869
<b>Índice de Prod. Laboral</b>	0.47	0.43	2.90	1.16
<b>Subsectores por Cluster</b>	41	8	13	14

Fuente: Elaboración propia con datos estimados de este estudio

### **Cluster 1. Disponibilidad TIC y capacidades bajas; actividades rezagadas**

El primer conglomerado se encuentra integrado por 41 subsectores<sup>29</sup>; las empresas que integran este conjunto de actividades, generan el 52% del empleo de las organizaciones de 10 a 50 empleados y concentran el 33% de los ingresos

<sup>29</sup> Cabe hacer notar que dos subsectores de este conglomerado fueron eliminados, debido a que, por sus características propias, requieren de amplias inversiones de capital para atender a un mercado masivo; sin embargo, no requieren de una cantidad proporcional de trabajadores, por lo que la relación inversión por trabajador e ingresos por trabajador, tiende a ser muy alta y a distorsionar los datos del resto de subsectores de este conglomerado. Estos subsectores son 1. Comercio al por menor exclusivamente a través de internet, y catálogos impresos, televisión y similares, y 2. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, gas y agua. Tienen una productividad laboral 880% y 760%, respectivamente, más grande en relación al tercer lugar del conglomerado.

del mismo segmento. Este conjunto de empresas, tenía en promedio, 18 años de existencia al momento del levantamiento de la encuesta.

Este clúster de actividades, si bien, tienen un nivel de innovación media alta, no disponen de altos niveles de infraestructura TIC, y los usos que dan a la misma no son avanzados, sino básicos y poco integrados a los procesos productivos y de negocio. Ligado a ello, el uso de nuevas tecnologías de TIC y las habilidades que en ese sentido desarrollan, son igualmente escasas. A su vez, las capacidades que poseen en términos de recursos humanos tienden a ser bajas. Si bien, la información no es concluyente, contribuye a orientar una explicación de la relación entre tecnología, capacidades de la fuerza laboral y la productividad.

### ***Cluster 2. Clúster de infraestructura y usos***

El segundo conglomerado se encuentra integrado por 8 subsectores, que generan el 9.3 % del empleo de las empresas de 10 a 50 empleados, el 5.8% de los ingresos; las empresas que constituyen este grupo de actividades económicas, tienen en promedio 20 años en el mercado.

Este conjunto de subsectores, se caracterizan por tener una disponibilidad media-alta de telefonía (fija y móvil), computadoras con acceso a internet y a software, además de que los usos de esa tecnología se encuentran vinculados a las actividades de negocio. A pesar ello, las habilidades (capacitación, experiencia, escolaridad, etc.) de los trabajadores empleados en este conjunto de actividades, tienden a ser escasas; su nivel de innovación y capacidades para incorporar nuevas tecnologías a sus procesos de producción/distribución, resultan igualmente bajos.

Dentro de las principales actividades económicas desarrolladas por este conjunto de empresas se encuentran: 1. Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias, 2. Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, 3. Industrias metálicas básicas y 4. Industria de bebidas y tabaco.

A pesar de disponer y hacer un uso relativamente eficiente de las TIC, al no disponer de otro conjunto de habilidades de la fuerza laboral, que les permita vincularlo con el uso de TIC para generar innovación y aprovechar nuevas tecnologías, su productividad promedio tiende a ser baja; en promedio, por trabajador producen 699 mil pesos anuales y su índice de productividad es de 0.43, el más bajo para el conjunto de conglomerados, lo que indica que el conglomerado produce por trabajador el 43% de lo que producen en promedio las empresas de 10 a 50 empleados.

Lo anterior sugiere (al menos para este tamaño de empresa) que la disponibilidad y uso de TIC, por si solos, no constituyen factores suficientes para la alta productividad; por el contrario, se requiere de la existencia de un conjunto de factores para generar altos niveles de producción.

### ***Cluster 3. Clúster de alto uso tecnológico sin recursos humanos***

El tercer conglomerado se encuentra integrado por 13 subsectores, que participan tan solo con el 8.7% del empleo de las organizaciones de 10 a 50 empleados, pero generan el 28.8% de los ingresos del mismo segmento. El conjunto de empresas que integran estos subsectores, son empresas añejas, con casi 100 de experiencia en el mercado; en promedio, iniciaron actividades en el año de 1919.

Se caracterizan por tener la más alta disponibilidad de infraestructura de TIC (telefonía fija, móvil, computadoras con acceso a internet y software especializado) y un uso de internet y de software altamente vinculado a sus procesos productivos y de negocio. Adicionalmente, capacitan en aspectos vinculados a ese tipo de tecnologías a su personal y cuentan con departamentos especializados en TIC, lo que les permite aprovechar las nuevas tecnologías (redes sociales y nube) para en un proceso de capacidades vinculado, generar innovación. Las medias de los coeficientes de los factores 1, 3 y 4, asociados al proceso de iteración de k-medias, son los más altos para este conglomerado, por lo que se puede afirmar que en las variables analizadas, este cluster es el más avanzado para el tamaño 10 a 50 empleados (véase cuadro 3).

Las actividades que, tanto por el volumen de ingresos generado, como por la alta productividad asociada, resultan ser las más relevantes para este conglomerado, son: 1. Corporativos, 2. Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera, 3. Intermediación de comercio al por mayor y 4. Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados.

Dentro de este conglomerado se encuentran los subsectores de mayor disponibilidad de infraestructura tecnológica, mayores niveles de capacidades TIC (departamento de sistemas y capacitación a los empleados) y usos más ligados a los procesos productivos y de negocio; ello ligado los mayores niveles de innovación, dan como resultado que la productividad laboral asociada a este conjunto de actividades sea la más alta comparada con el promedio de empresas del mismo tamaño. Los ingresos generados por trabajador son de 4,660 miles de pesos anuales, que, comparados mediante el índice estimado de productividad, resultan ser casi tres veces más altos que el promedio (índice de productividad de 2.90).

#### ***Cluster 4. Clúster de altos recursos humanos***

El cuarto y último conglomerado para este tamaño de empresa, está integrado por 14 subsectores, que aportan poco más del 30% del empleo de este tamaño de organización; generan una proporción muy similar de ingresos (32%); las empresas de este grupo de actividades, en el año 2013 en promedio tenían 18 años de existencia.

Este cluster se caracteriza por tener las más altas cualificaciones en lo que a recursos humanos se refiere; adicionalmente, dispone de niveles medios de infraestructura y usos de TIC e innovación, tanto en el uso de nuevas tecnologías como para generar cambios en los productos y/o procesos. Es el único de los conglomerados de empresas de 10 a 50 empleados para el cual, los centros de cluster de los puntajes factoriales son todos positivos (cuadro 3).

Dentro de las actividades que integran a este conglomerado, se encuentran: 1. Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil, 2. Servicios de

apoyo a los negocios, 3. Compañías de fianzas, seguros y pensiones, 4. Servicios profesionales, científicos y técnicos, entre otras. la productividad laboral promedio de este conjunto de actividades, es de 1,869 miles de pesos anuales, cifra 16% mayor con respecto a la productividad de las empresas de 10 a 50 empleados, como muestra el índice estimado de productividad (1.16).

Las remuneraciones por nivel de escolaridad (utilizadas aquí, como proxy de las habilidades de la fuerza de trabajo) de este conjunto de actividades, son más altas que en el resto de conglomerados, situación que muy probablemente facilita un uso más productivo de la tecnología, permitiendo una productividad laboral más alta que el promedio, a pesar de disponer de niveles de disponibilidad, uso e innovación más bajos en relación a otros conjuntos de actividades.

### **3.4. Tamaño 2; De 51 a 250 empleados**

#### Características del segmento

El segmento representativo de empresas de 51 a 250 empleados, está integrado por 18,921 organizaciones, equivalentes al 12.1% del total de las empresas de la encuesta ENTIC. Este segmento genera un total de 2,088,731 empleos, que representan el 18.6% del empleo total de las organizaciones encuestadas. El tamaño promedio de las compañías de este segmento, es de 110 empleados.

Su participación en los ingresos totales, es muy similar a su participación en el número de empresas (12.2% de los ingresos totales de las empresas consideradas en la muestra) y en el empleo, lo que indica que su productividad promedio es muy similar a la del promedio de la economía.

Si bien, tienden a exportar más en relación al primer tamaño de empresa, su volumen de exportaciones no representa una parte importante de los ingresos totales; para el año 2013, exportaron 149,361.38 millones de pesos, equivalentes al 6.4% de los ingresos generados por el segmento.

Con la finalidad de analizar la estructura, comportamiento y la relación con la productividad de este segmento de organizaciones, nuevamente se realizó un análisis en tres etapas; la primera de ella consiste en un análisis factorial, que permitió la agrupación de las variables analizadas en 4 factores; la segunda consiste en un análisis de conglomerados a partir de los coeficientes factoriales obtenidos, y la tercera en un análisis de regresión. Los resultados se muestran a continuación.

#### 3.4.1 Análisis factorial, tamaños 51 a 250 empleados

El análisis factorial aplicado a este segundo conjunto de empresas, indica la existencia de 4 factores subyacentes a la estructura de los datos; los coeficientes de comunalidad, es decir, la proporción de la proporción de la varianza que puede ser explicada por procesos conjuntos de los factores, es alta en general, excepto para la variable del porcentaje de empresas por subsector que disponen de computadora<sup>30</sup>, por lo que es factible eliminarla. Los 4 factores obtenidos (una vez eliminada la variable) explican el 63.18% de la varianza total. Los resultados pueden observarse en el cuadro 3.20.

---

<sup>30</sup> El hecho de que el coeficiente de comunalidad para esta variable sea bajo, implica que esta variable no puede ser explicada a partir de la existencia de procesos comunes (factores), sino que esta explicada casi en su totalidad por su factor de unicidad (movimientos de la variable en sí misma, pero no en relación a otras variables).

**Cuadro.3.20. Análisis factorial, empresas de 51 a 250 empleados.**

Tamaño 2. De 51 a 250 empleados. Varianza total explicada					
Componente	Autovalores iniciales	% de varianza de cada componente	Sumas de rotación de cargas al	Comunalidades	
	Total		% acumulado	Comunalidades (Extracción)	
1	4.894	27.187	27.187	INFRA_Linea_Fija	.720
2	2.530	14.056	41.243	INFRA_Linea_Movil	.499
3	2.384	13.244	54.487	INFRA_Redes_Sociales	.467
4	1.563	8.683	63.170	INFRA_Computadora	.057
5	1.220	6.777	69.947	INFRA_Internet	.876
6	.971	5.392	75.339	INFRA_Nube	.755
7	.868	4.823	80.162	INFRA_SW	.858
8	.695	3.861	84.024	CAPACI_Personal_con Computadora	.878
9	.637	3.538	87.562	CAPACI_Personal_con Internet	.890
10	.539	2.993	90.555	CAPACI_Depto_de_Sistemas	.698
11	.466	2.590	93.145	CAPACI_Remuneraciones posgrado	.515
12	.355	1.975	95.119	CAPACI_Remuneraciones licenciatura	.596
13	.285	1.581	96.700	CAPACI_Remuneraciones técnico	.469
14	.229	1.273	97.974	CAPACI_Capacitación_TIC	.394
15	.166	.921	98.894	USOS_Innovación	.604
16	.105	.585	99.479	Índice_de_internet	.747
17	.087	.486	99.965	Índice_de_Software	.647
18	.006	.035	100.000	Índice_de_Nube	.702

Método de extracción: análisis de componentes principales.  
Fuente: Elaboración propia con datos de este estudio

El primer factor estimado explica el 27.19% de la varianza total y se encuentra integrado por las variables de disponibilidad de líneas telefónicas fijas, disponibilidad de internet y de software y los índices de uso tanto de internet como de software; por las variables que lo componen, es representativo de la disponibilidad de infraestructura y usos de TIC.

El segundo factor obtenido es nombrado como *factor de recursos humanos* y se constituye por las variables de remuneraciones por nivel de escolaridad

(posgrado, licenciatura y técnico) y el porcentaje de empleados con acceso a computadora e internet; este conjunto de variables explica el 14.08% de la varianza total generada.

El tercer factor se relaciona con el uso de nuevas tecnologías (disponibilidad y uso de nube y redes sociales) y la existencia de cursos de capacitación de TIC al personal. Este conjunto de variables explica el 13.2% de la varianza conjunta y se denomina factor de *uso de nuevas tecnologías y habilidades TIC*.

El último de los factores en términos del porcentaje de la varianza que explica, es el de Innovación y habilidades TIC, constituido por las variables de existencia de un proceso de innovación, la existencia de un departamento especializado en TIC al interior de las organizaciones y disponibilidad de línea móvil. La agrupación de variables en factores, de acuerdo a sus coeficientes, así como el porcentaje explicado de varianza por cada uno de ellos, se sintetiza en el cuadro 3.21.

**Cuadro.3.21. Análisis factorial, Rotación de la matriz de componentes empresas de 51 a 250 empleados.**

Análisis factorial, Tamaño 51 a 250.						
Factor	Porcentaje de varianza explicado	Variables	Matriz de componente rotado <sup>a</sup>			
			1	2	3	4
Factor 1. Infraestructura y usos de TIC	27.19%	Disponibilidad de línea fija	.843			
		Disponibilidad de internet	.923			
		Disponibilidad de software	.917			
		Índice de usos de internet	.562			
		Índice de usos de software	.564			
Factor 2. Recursos humanos	14.08%	Remuneraciones al personal con posgrado		.630		
		Remuneraciones al personal con licenciatura		.471		
		Remuneraciones al personal técnico		.310		
		Porcentaje del personal con acceso a Internet		.916		
		Porcentaje del personal con acceso a computadora		.916		
Factor 3. Uso de nuevas tecnologías y habilidades TIC	13.20%	Uso de redes sociales			.637	
		Disponibilidad de nube			.842	
		Uso de nube			.806	
		Capacitación de TIC al personal			.533	
Factor 4. Innovación y habilidades TIC	8.68%	Existencia de innovación en producto o en proceso				.731
		Existencia de departamento TIC				.591
		Disponibilidad de línea móvil				.508
Método de extracción: análisis de componentes principales.						
Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.						
a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.						
<b>Fuente: Elaboración propia con cálculos de este estudio</b>						

### 3.4.2 Análisis de conglomerados, tamaño 51 a 250 empleados

De la misma forma en que se analizó el comportamiento de los subsectores para el tamaño de empresa de 10 a 50 empleados, se sigue un procedimiento análogo para encontrar patrones de comportamiento homogéneo en las unidades de

estudio de entre 51 y 250 empleados, mediante la técnica de análisis de conglomerados con *K-Medias*.

Para este tipo de análisis no existe un criterio de optimación en cuanto al número de conglomerados, sino que depende de los objetivos que persiga la investigación. En principio, el análisis se realizó corriendo procesos para la obtención de 3, 4 y 5 conglomerados; sin embargo, para los casos de 3 y 5 clusters, al menos 1 grupo quedaba integrado por menos de 2 subsectores; así la elección final fue la de 4 clusters, integrados como se describe en el cuadro 3.20.

**Cuadro 3.22. Análisis de conglomerados, empresas de 51 a 250 empleados.**

Análisis de conglomerados, de 51 a 250 empleados				
	Clúster			
	1	2	3	4
1. Infraestructura y usos	-3.96806	.07249	.18768	.53665
2. Recursos Humanos	-48408	-.53116	.70787	-1.19437
3. Uso de nuevas tecnologías y capacidades TIC	-.37356	.47965	-.37760	-.31870
4. Capacidades	.60441	-.51204	.13014	2.18226
Productividad laboral (Miles)	1931	710	1588	599
Índice de Productividad Laboral	1.43	0.53	1.17	0.44
Subsectores por clúster	3	33	36	4
Fuente: Elaboración propia con cálculos de este estudio con datos de INEGI				

La conformación de conglomerados en el segundo tamaño de empresa, muestra la existencia de dos conjuntos atípicos (el 1 y el 4), uno de muy alta productividad y el otro, en el extremo opuesto, de muy baja producción por trabajador. Son atípicos, tanto por la productividad que exhiben, como por el número de subsectores que los integran; para el caso del clúster 1, solo 3 actividades, vinculadas a los servicios de transporte (por agua y de pasajeros) son los que lo integran, por lo que, orientar el análisis con un número tan bajo de actividades, podría llevar a conclusiones erróneas.

Algo similar ocurre con el clúster 4, integrado por 4 subsectores, que vinculan actividades de transporte por ductos, mensajería y paquetería e intermediación,

todos de muy baja productividad. De manera adicional, estos dos conglomerados solo generan el 5% del empleo total del segmento, por lo que, de manera razonable, pueden ser excluidos del análisis para evitar realizar conclusiones de clústeres atípicos no representativos del conjunto. Por ello, el análisis de este tamaño debe centrarse en los grupos 2 y 3.

A diferencia de lo que ocurre con subsectores vinculados al comercio al por menor y actividades industriales (clúster 3) en tamaños de empresa menores, aquí, este conjunto de actividades tiene una mayor intensidad tecnológica y capacidades de la fuerza de trabajo, mayores, lo que contribuye a explicar que tengan una productividad más alta que el promedio, tanto si se compara con el resto de los clústers, como si se hace con el mismo conjunto de actividades económicas (comercio e industria) en empresas de menor tamaño. A su vez, la propensión exportadora es mayor (superior al 10% del total de los ingresos), y su aportación al empleo del segmento, es superior al 60%.

**Cuadro 3.23. Análisis de conglomerados, empresas de 51 a 250 empleados.**

Clúster	Ventas Nacionales	Exportaciones	Empleo
1	98%	2%	3.42%
2	92%	8%	32.26%
3	90%	10%	62.52%
4	100%	0%	1.80%
<b>Total</b>	<b>240,467,212</b>	<b>24,368,098</b>	<b>100.00%</b>

Las características particulares de cada clúster, se describen a continuación:

#### **Cluster 1. Clúster de Bajo uso de TIC**

El primer conglomerado para el grupo de empresas de 51 a 250 empleados, concentra un conjunto de 3 subsectores de actividad económica, que se caracterizan por tener una baja participación en el empleo de las empresas de 51 a 250 empleados, con tan solo el 3.4%, y una proporción muy similar en los ingresos (3.3%); son empresas que, en promedio, iniciaron sus actividades en el año de 1991.

En general, disponen de poca infraestructura tecnológica, así como un conjunto de usos básicos de la misma, probablemente, ligado a la poca capacitación que en esa dirección reciben sus empleados. A su vez, su capacidad para aprovechar el conjunto de nuevas tecnologías e incorporarlas en sus procesos de distribución y producción resulta también bajo. Asimismo, sus capacidades en términos de recursos humanos (remuneraciones por nivel de escolaridad) tienden a ser bajas. A pesar de ello, su capacidad de innovación resulta ser de nivel medio.

Si bien, la productividad laboral promedio de este subsector es alta, el hecho de que el número de subsectores que lo integran sea tan solo de 3, sugiere que las conclusiones que pudieran derivarse de su análisis interno, deben ser tomadas con cautela, más aún cuando la productividad laboral de uno de ellos es 4 veces más alta que la del conjunto de empresas de empresas de 51 a 250 empleados.

Los tres subsectores que integran a este cluster son: 1. Servicios inmobiliarios, 2. Transporte por agua y 3. Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril, y tienen una productividad laboral media de 1,931 miles de pesos anuales. En términos del índice de productividad, que compara la productividad laboral de un cluster específico con el conjunto de subsectores que integran el tamaño, este es de 1.43, lo que indica que los ingresos promedio por empleado de este conglomerado son 43% más altos en relación al conjunto de empresas de 51 a 250 empleados.

### ***Cluster 2. Clúster de alto uso de nuevas tecnologías y capacidades TIC***

El segundo cluster se encuentra integrado por 33 subsectores, que generan el 32.3% del empleo de las empresas de 51 a 250 empleados, y concentran el 20.1% de los ingresos del mismo segmento. Las empresas que integran este conjunto de actividades, en el año del levantamiento de la encuesta, tenían en promedio 21 años de existencia.

Las organizaciones pertenecientes a este conglomerado, comparten la característica de tener altos niveles de uso de nuevas tecnologías de la información; sin embargo, su disponibilidad y uso de TIC no son igualmente altos, sino medios y sus capacidades en términos de recursos humanos y

generación de innovación son bajas, dando como resultado que su productividad laboral prácticamente la mitad de la existente en el conjunto de actividades económicas desarrolladas por empresas de 51 a 250 empleados (710 mil pesos anuales e índice de productividad laboral de 0.53).

Dentro de las principales actividades económicas que integran a este conglomerado destacan las siguientes: 1. Transporte aéreo, 2. Comercio al por mayor de productos textiles y calzado, 3. Comercio al por menor de enseres domésticos y Computadoras y 4. Industria alimentaria.

### ***Cluster 3. Clúster de altos recursos humanos***

El tercer conglomerado es el más grande en términos del número de subsectores, empleo e ingresos; lo integran 36 subsectores, que tienen una participación en la generación de empleo de 62.5% y de 73% en términos del ingreso; al igual que en el caso del cluster anterior, las empresas que lo integran tienen una edad promedio de 21 años.

Se caracteriza por poseer las más altas capacidades en términos de recursos humanos y disponer de un nivel medio de infraestructura y uso de tecnología, además de capacidades medias-bajas de innovación.

Es un cluster, cuya productividad laboral promedio se encuentra 17% por arriba del conjunto de organizaciones de 51 a 250 empleados, con un índice de productividad de 1.17, equivalente a 1,588 miles de pesos anuales por trabajador.

Entre las actividades económicas más importantes de este conglomerado (en términos de su productividad laboral) se encuentran: 1. Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón, 2. Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera, 3. Comercio al por mayor de camiones y partes y refacciones nuevas para automóviles y, 4. Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes.

### ***Clúster 4. Clúster de alto uso tecnológico, innovación y capacidades TIC***

El cuarto y último conglomerado de este tamaño de empresas, integrado por 4 subsectores, representa solo el 1.8% del empleo, y el 3.5% de los ingresos del conjunto de organizaciones de 51 a 250 empleados. En promedio, las empresas integrantes iniciaron actividades en 1997.

Este grupo de actividades, se caracteriza por contar con la más alta disponibilidad de infraestructura TIC y tener los usos de la tecnología más avanzados, al tiempo de ser altamente innovadores; sin embargo, sus capacidades en términos de recursos humanos y aprovechamiento de nuevas tecnologías, son bajas.

El hecho de disponer de alta infraestructura tecnológica, pero no tener las capacidades de recursos humanos necesarias para potenciar una mayor productividad, contribuye en la validación de la hipótesis de que si bien, las TIC representan una condición necesaria para la alta productividad, por sí solas resultan insuficientes para alcanzarla.

La productividad laboral promedio de este grupo de actividades es de 599 mil pesos anuales, la más baja de los 4 grupos que componen este tamaño (cifra que, en términos del índice de productividad, equivale a 0.44). Sin embargo, nuevamente el número de subsectores que integran este conglomerado, es bajo, por lo que las anteriores conclusiones deben ser validadas más con otros métodos.

Las principales actividades que integran este grupo de actividades son: 1. Otras telecomunicaciones, 2. Servicios de mensajería y paquetería, 3. Intermediación de comercio al por mayor, todas ellas, dada la naturaleza de sus actividades, con altos requerimientos tecnológicos.

### **3.5. Tamaño 3; Mayor a 250 empleados**

#### **Características del segmento**

El tercer tamaño de empresa analizado en el presente estudio de tesis se encuentra constituido por organizaciones de más de 250 empleados. Está

integrado por 5,301 empresas, que equivalen al 3.4% del conjunto de organizaciones representativas de la muestra. A pesar de representar un porcentaje pequeño del número total de empresas, generan el 60% del empleo de las empresas de la encuesta (6,718,000 empleos). El promedio del número de empleados de este segmento es de 1,267.

Su participación en los ingresos totales es incluso mayor que la correspondiente al número de empleados, generando 12,612,824.6 millones de pesos en 2013, equivalentes al 77.8% de los ingresos de los 3 tamaños de empresa. Son organizaciones con una orientación mucho más exportadora en comparación con los tamaños de 10 a 50 y de 50 a 250 empleados; el 17% de sus ingresos, corresponde a ventas por exportaciones.

Para analizar a este segmento de empresas, se siguió un procedimiento análogo al realizado para los otros tamaños de organización, primero, mediante un análisis factorial, para posteriormente, con los coeficientes factoriales obtenidos, realizar un análisis de conglomerados para analizar patrones de vínculo entre los subsectores; en una tercera etapa de análisis, se estructura el análisis econométrico.

### 3.5.1 Análisis factorial, empresas de más de 250 empleados

El análisis factorial realizado para el conjunto de empresas de más de 250 empleados, indica que las variables pueden ser agrupadas en 4 factores. En conjunto, estos 4 factores explican el 68.2% de la varianza total; los coeficientes de comunalidad son altos para todas las variables, excepto nuevamente para la variable de disponibilidad de computadora. Los resultados pueden apreciarse en el cuadro 4.20.

**Cuadro.3.24. Análisis factorial, empresas de más de 250 empleados.**

Tamaño 3. Mayor a 250 empleados. Varianza total explicada						
Componente	Autovalores iniciales	% de varianza de cada componente	Sumas de rotación de cargas al cuadrado	Comunalidades		
	Total		% acumulado	Comunalidades (Extracción)		
1	4.507	25.041	25.041	INFRA_Linea_Fija	.620	
2	3.369	18.719	43.760	INFRA_Linea_Movil	.409	
3	2.585	14.358	58.118	INFRA_Redes_Sociales	.616	
4	1.819	10.106	68.225	INFRA_Computadora	.037	
5	1.033	5.741	73.965	INFRA_Internet	.916	
6	.892	4.956	78.922	INFRA_Nube	.909	
7	.800	4.443	83.365	INFRA_SW	.806	
8	.667	3.707	87.072	CAPACI_Personal_con Computadora	.845	
9	.564	3.132	90.204	CAPACI_Personal_con Internet	.875	
10	.505	2.805	93.009	CAPACI_Depto_de Sistemas	.383	
11	.402	2.233	95.242	CAPACI_Remuneraciones posgrado	.880	
12	.329	1.827	97.068	CAPACI_Remuneraciones licenciatura	.891	
13	.214	1.187	98.256	CAPACI_Remuneraciones técnico	.929	
14	.124	.691	98.947	CAPACI_Capacitación_TIC	.694	
15	.065	.361	99.308	USOS_Innovación	.567	
16	.052	.291	99.600	Índice de internet	.650	
17	.042	.234	99.833	Índice de Software	.352	
18	.030	.167	100.000	Índice de Nube	.903	

Método de extracción: análisis de componentes principales.  
Fuente: Elaboración propia con datos de este estudio

El factor más importante para explicar la varianza de este grupo de empresas, es el de *recursos humanos*; explica el 25% de la varianza total y se encuentra integrado por las capacidades de la fuerza laboral, a través de las variables proxy de remuneraciones por nivel de escolaridad (posgrado, licenciatura y técnico), así como por el porcentaje del personal con acceso a computadora e internet.

Las variables de disponibilidad líneas fijas y móviles, de computadora con internet y software, así como los usos que las organizaciones dan a los dos

últimos, constituyen un factor que explica el 18.7% de la varianza conjunta; este factor es denominado Infraestructura y usos de TIC.

La existencia de procesos de innovación, la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y las habilidades TIC (existencia de departamento especializado y la capacitación en TIC), conforman un tercer factor, que explica el 14.4% de la varianza común de las variables, mientras que la disponibilidad y usos de la nube, constituyen al cuarto y último factor, que explica poco más del 10% de la varianza. La forma en la que las variables se agrupan en factores en función de sus coeficientes factoriales, y el porcentaje explicado de varianza por cada uno de ellos, se sintetiza en el cuadro 3.23.

**Cuadro.3.25. Análisis factorial, empresas de más de 250 empleados.**

Análisis factorial, Tamaño mayor a 250.						
Factor	Porcentaje de varianza explicado	Variables	Matriz de componente rotado <sup>a</sup>			
			1	2	3	4
Factor 1. Recursos humanos	25.04%	Porcentaje del personal con acceso a computadora	.913			
		Porcentaje del personal con acceso a Internet	.921			
		Remuneraciones al personal con posgrado	.936			
		Remuneraciones al personal con licenciatura	.928			
		Remuneraciones al personal técnico	.946			
Factor 2. Infraestructura y usos de TIC	18.72%	Disponibilidad de línea fija		.771		
		Disponibilidad de línea móvil		.391		
		Disponibilidad de computadora		.132		
		Disponibilidad de internet		.955		
		Disponibilidad de software		.890		
		Índice de usos de internet		.561		
		Índice de usos de software		.507		
Factor 3. Innovación, nuevas tecnologías y habilidades TIC	14.36%	Uso de redes sociales			.723	
		Capacitación de TIC al personal			.821	
		Existencia de departamento TIC			.599	
		Existencia de innovación en producto o en proceso			.701	
Factor 4. Nube	10.10%	Disponibilidad de nube				.946
		Índice de uso de nube				.927
Método de extracción: análisis de componentes principales.						
Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.						
a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.						
Fuente: Elaboración propia con cálculos de este estudio						

### 3.5.2 Análisis de conglomerados, tamaño mayor a 250 empleados

De la misma manera que en el caso de los tamaños de empresa de 10 a 50 y de 51 a 250 empleados, los puntajes factoriales obtenidos para cada uno de los 4 factores y cada unidad de análisis, son utilizados para analizar si existen regularidades en el comportamiento a nivel de subsector para las empresas de más de 250 empleados, mediante el análisis de *cluster* en su modalidad de *k-medias*.

El número de conglomerados seleccionado para trabajar es 4, en virtud de que un número menor agrega a más de 70 subsectores en 1 grupo, mientras que un número mayor arroja al menos 1 conglomerado con un solo subsector. La agregación en clusters en función de los puntajes factoriales se muestra en el cuadro 3.26.

**Cuadro.3.26. Análisis de conglomerados, empresas de más de 250 empleados.**

Análisis de conglomerados, tamaño mayor a 250 empleados				
	Clúster			
	Altos recursos humanos y uso de nube	Alta innovación, nuevas tecnologías y habilidades TIC y recursos humanos medios	Uso medio de nube	Recursos humanos medios y alto uso de TIC
1. Recursos Humanos	.25085	.11540	-.45402	.12878
2. Infraestructura y usos TIC	-.40351	-.30790	-4.92885	.17320
3. Innovación, nuevas tecnologías y habilidades TIC	.54729	1.95419	-.28059	-.30989
4. Nube	2.35815	-1.26366	.51666	-.12182
Productividad Laboral	2,629	999	552	1,690
Índice Prod. Laboral	1.62	0.62	0.34	1.04
Subsectores por Cluster	6	7	2	61

Fuente: Elaboración propia con datos estimados de este estudio

### **Cluster 1. Altos recursos humanos y uso avanzado de nube**

El primer conglomerado para este tamaño de empresa es denominado de altos recursos humanos y uso de nube; está integrado por 6 subsectores de actividad económica, que para el año 2013 generaron 191,149 empleos, equivalentes al 3.6% del empleo total de las empresas de más de 250 empleados. Tienen una participación en los ingresos del segmento de 3.4%, y un promedio de edad de 39 años.

La productividad laboral de este conglomerado es de 2,629 miles pesos anuales, 62% más alta que el promedio de los 76 subsectores (índice de productividad laboral de 1.62). Este conjunto de actividades, se caracteriza por disponer de los más altos niveles de recursos humanos, así como por contar con los usos más avanzados de computo en la nube. En muchos de los casos, estos usos de computo en la nube, pueden representar etapas más avanzadas, tanto del uso

de infraestructura TIC (IAS<sup>31</sup>), como de software como un servicio en la nube (SAS<sup>32</sup>). El hecho de que tanto la disponibilidad de servicios en la nube, como los usos de los mismos sean avanzados, puede contribuir a explicar que la disponibilidad de infraestructura TIC sea baja en relación a otros conglomerados. Por su parte, disponen de procesos de innovación y uso de nuevas tecnologías, medios.

Dentro de las actividades económicas más representativas de este conglomerado, se encuentran: 1. Transporte turístico, 2. Transporte aéreo, 3. Otras telecomunicaciones y 4. Asociaciones y organizaciones.

### ***Cluster 2. Alta innovación, nuevas tecnologías y habilidades TIC***

El segundo cluster<sup>33</sup> de empresas de más de 250 empleados está integrado por 7 subsectores de actividad económica, que se caracterizan por tener altos niveles de innovación, uso de nuevas tecnologías y existencia un departamento especializado de TIC, además de contar con procesos continuos de capacitación tecnológica. Sin embargo, sus capacidades en términos de recursos humanos no tienden a ser tan altas como su innovación, sino medias.

Este conglomerado genera 19,348 empleos, equivalentes al 0.37% del empleo generado en las empresas de más de 250 empleados, y producen un monto equivalente al 0.43% de los ingresos del segmento. En promedio, las organizaciones pertenecientes a este conjunto de actividades, tenían 28 años en el mercado al momento del levantamiento de la encuesta.

---

<sup>31</sup> Por sus siglas en inglés, Infrastructure As a Service. Se refiere a una etapa del cómputo en la nube, en la que una parte de la infraestructura física, típicamente disponible al interior de las organizaciones, es sustituida por servicios en la nube en los cuales, la infraestructura es ofrecida como un servicio en la nube. Uno de los ejemplos característicos de IAS, es la contratación de servidores en la nube o servidores virtuales.

<sup>32</sup> Por sus siglas en inglés, Software As a Service y se refiere a la contratación de software como un servicio en la nube.

<sup>33</sup> Cabe hacer notar que una actividad económica importante en términos de ingresos y generación de empleo, como la de generación y distribución de electricidad, gas y agua, fue eliminada por resultar completamente atípica, tanto en términos de la productividad laboral, como de la inversión por trabajador. La PL de este subsector es más de 5 veces la del segundo lugar, y la inversión por trabajador es 6 veces el tamaño de la inversión registrada en segundo lugar.

Por su parte, la productividad laboral de este segmento de empresas es de 999,000, cifra 38% menor con respecto al promedio (índice de productividad laboral de 0.62). Dentro de las principales actividades económicas de este conglomerado, se encuentra: 1. Compañías de fianzas, seguros y pensiones, 2. Intermediación de comercio al por mayor, 3. Comercio al por menor exclusivamente a través de internet, catálogos impresos y televisión.

### ***Cluster 3. Uso medio de nube***

El tercer cluster de empresas de más de 250 empleados, solo está integrado por dos subsectores, Radio y televisión y Servicios de alquiler de bienes muebles, por lo que las conclusiones derivadas para este conglomerado, deben ser tomadas considerando lo bajo de la muestra. Estas dos actividades muestran un comportamiento atípico en relación a los demás subsectores; las capacidades de su fuerza de trabajo son las más bajas, así como su disponibilidad de infraestructura y uso y aprovechamiento de TIC. Tampoco poseen capacidades que les permitan generar innovación o aprovechar las nuevas tecnologías de comunicación; sin embargo, una parte importante de sus procesos TIC descansan en la nube.

Derivado de lo anterior, su productividad es la más baja de los conglomerados de más de 250 empresas; producen por trabajador un monto equivalente a 552,000 pesos anuales, cifra que representa solo el 34% de lo producido en promedio por este segmento de organizaciones. Este cluster genera 31,251 empleos, e ingresos por 20,952.9 millones de pesos, equivalentes al 0.60% y 0.29%, respectivamente, del empleo e ingresos generados por las empresas de más de 250 empleados.

### ***Cluster 4. Alta infraestructura y uso de TIC***

El conglomerado de Recursos humanos medios y alto uso de TIC, es el más representativo de las empresas de más de 250 empleados, en términos del número de subsectores que lo componen; se encuentra integrado por 61 actividades económicas. Este conjunto de actividades, generan 4,944,886 empleos, equivalentes al 95.3% del empleo generado en las organizaciones de

más de 250 empleados y generan ingresos por 6,913,962.7 millones de pesos (95.2% de los ingresos totales del segmento). En promedio, cada trabajador produce un monto equivalente a 1,690 miles de pesos anuales, cifra que prácticamente corresponde al promedio de empresas de más de 250 empleados (índice de productividad laboral de 1.04).

Las principales actividades en términos de la productividad por trabajador de este conglomerado son: 1. Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario, 2. Industrias metálicas básicas, 3. Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera 4. Servicios de apoyo a los negocios.

### **3.6 Análisis econométrico**

El análisis hasta el momento realizado, permite validar de manera razonablemente sólida, la hipótesis de la asociación entre la disponibilidad de tecnología, el uso que las organizaciones hacen de la misma y las capacidades que las organizaciones poseen para aprovechar esa tecnología e incorporarla en sus procesos productivos.

Sin embargo, aún quedan por validar dos aspectos que son de importancia primaria para los fines que persigue el presente estudio de tesis. El primero de ellos es la confirmación de un vínculo entre los factores estimados (tecnología y uso, capacidades de los recursos humanos y e innovación) y la productividad laboral. Para ello, se propone la realización de un análisis econométrico, adecuado de acuerdo al tipo de variables que se está tratando, que permita validar la existencia de un vínculo, entre nuestra variable de desempeño (productividad laboral) y el conjunto de factores estimados.

El segundo aspecto, independiente, aunque estrechamente vinculado con el anterior, es el de la medición de la fortaleza de ese vínculo (en caso de existir) y su impacto sobre la variable dependiente. Esta medición posibilita, por un lado, la validación de la importancia de los factores estimados como determinantes de la productividad laboral; por el otro, la determinación de la magnitud con la que esa asociación ocurre.

Con la finalidad de cumplir con ambos objetivos, en la presente sección se desarrolla un análisis econométrico por tamaño de empresa. Este análisis parte de los coeficientes estimados para cada uno de los factores, y los utiliza para estimar 3 ecuaciones, una para cada tamaño, con la variable de productividad laboral como dependiente.

Los resultados confirman la existencia de un vínculo diferenciado para cada tamaño, tanto en orden de importancia, como de magnitud de cada uno de ellos, entre los factores estimados y la productividad laboral. El vínculo y la importancia del mismo, no en todos los casos resulta significativo para todos los tamaños; mientras en unos es sólido y con una importancia de primer orden, en otros tamaños pierde importancia para explicar las variaciones a nivel de subsector de la productividad laboral.

Nuevamente, las unidades de observación son los subsectores de actividad económica; se corren 3 regresiones, una para cada tamaño de empresa, utilizando los coeficientes factoriales estimados a nivel de cada subsector. Dado que se trata de datos de sección cruzada, el método econométrico seleccionado es del de Mínimos Cuadrados Ordinarios, aunque en principio es posible la utilización de otras técnicas que pueden ofrecer una representación del fenómeno distinta, como el método de mínimos cuadrados generalizados. La posibilidad de mejorar el ajuste del modelo mediante este tipo de técnica econométrica, en relación a la ofrecida en este apartado, será evaluado un poco más adelante.

### 3.6.1 Tamaño 10 a 50 empleados. Evaluación del impacto de los factores estimados sobre la productividad laboral

El primer ejercicio en la evaluación econométrica corresponde a las empresas de entre 10 y 50 empleados. Para ello, las puntuaciones factoriales obtenidas, fueron guardadas como variables mediante el método de regresión. Estos puntajes factoriales a nivel de subsector, fueron utilizados para evaluar el impacto de cada factor, sobre la productividad laboral.

De manera adicional, se sabe que las variables incluidas en el análisis factorial, no son las únicas asociadas a la determinación de la productividad laboral (Brown y Dominguez (2004) y Brown, Dominguez y Mertens (2007)), por lo que se incluyeron otras variables con la intención de explicar de manera más sólida (tanto teórica, como a nivel del ajuste econométrico) a la variable independiente. Las variables incluidas en esta dirección fueron, inversión por empleado (como proxy del acervo de capital por trabajador), las exportaciones como porcentaje de los ingresos totales (export2), y el año promedio de inicio de actividades de las empresas pertenecientes a un subsector (como variable de antigüedad en el mercado)<sup>34</sup>. Se incluye una constante que mejora el ajuste de la estimación. Los resultados se muestran en el cuadro 3.27.

**Cuadro 3.27. Ecuación tamaño 10 a 50 empleados**

Dependent Variable: LOG(PRODUCTIVIDAD\_LABORAL)

Method: Least Squares

Date: 22/11/16 Time: 19:30

Sample: 1 76

Included observations: 76

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.10351	3.482293	4.337231	0.0000
FAC_1_INFRAESTRUC_Y_US	0.484505	0.110724	4.375792	0.0000
FAC_2_RECURSOS_HUMANOS	0.089036	0.102897	0.865291	0.3899
FAC_3_USO_DE_NUEVAS_TEC	0.218241	0.102877	2.121367	0.0375
FAC_4_INNOVACION	0.166158	0.096924	1.714312	0.0910
EXPOR2	-0.910848	1.514771	-0.601310	0.5496
ANO_DE_INICIO	-0.004631	0.001725	-2.683994	0.0091
LOG(INVERSION_POR_EMPLEAD)	0.270127	0.083127	3.249566	0.0018
R-squared	0.530234	Mean dependent var		6.638207
Adjusted R-squared	0.481875	S.D. dependent var		1.169654
S.E. of regression	0.841927	Akaike info criterion		2.593054
Sum squared resid	48.20118	Schwarz criterion		2.838394
Log likelihood	-90.53604	Hannan-Quinn criter.		2.691103
F-statistic	10.96469	Durbin-Watson stat		1.742015
Prob(F-statistic)	0.000000			

Los resultados muestran que, para el caso de las empresas pequeñas, tanto la constante, como el factor de infraestructura y usos de TIC son estadísticamente

<sup>34</sup> Las pruebas de heteroscedasticidad realizadas se muestran en el apéndice 2.

significativos a un nivel de 1% de confianza. Este primer factor muestra el signo esperado y es el más representativo para explicar la productividad laboral de este segmento de empresas.

El factor de recursos humanos si bien, muestra el signo esperado (positivo), tiene un coeficiente estimado bastante pequeño y no resulta estadísticamente significativo para explicar las variaciones de la productividad laboral entre los subsectores.

Por su parte, el tercer factor, relacionado al uso de nuevas tecnologías y habilidades TIC, es estadísticamente representativo, aunque con un nivel de significancia menor (5%), con respecto al factor 1. Un resultado similar se observa para el caso de la variable de innovación, que, si bien sí resulta estadísticamente significativo, esta significancia resulta serla mínima aceptable (10%). Ambas variables muestran los signos esperados (positivos) y sus coeficientes son robustos, aunque menores en relación al estimado para el factor disponibilidad y usos de TIC.

La variable de exportaciones tampoco resulta relevante para explicar las diferencias en la productividad a nivel de subsector para este segmento de empresas; muestra un signo contrario al esperado, aunque esto no es interpretable debido a que su coeficiente no es estadísticamente significativo. Esto puede atribuirse a que, como se analizó en secciones anteriores, las exportaciones solo representan, en promedio, el 3.4% de los ingresos totales de las empresas de entre 10 y 50 empleados.

La variable de antigüedad en el mercado, también resulta relevante para explicar las diferencias en la productividad laboral de este segmento de organizaciones, si bien, en una proporción pequeña. Tiene un signo negativo, que indica que entre mayor es la antigüedad (año de inicio de actividades como indicador indirecto de la experiencia acumulada a lo largo del tiempo) mayores tienden a ser los ingresos por trabajador; es estadísticamente significativa a un nivel de 1%.

Sin embargo, si se considera la mortandad de las empresas en relación a su tamaño, existe una fuerte correlación entre la edad de las organizaciones y la probabilidad de que sobrevivan (INEGI, 2014a), lo que en otros términos significa que la probabilidad de que un negocio sobreviva, aumenta significativamente a medida que crece su edad en el mercado. Si bien, es necesario considerar que lo anterior pudiera representar un indicador de una especificación sesgada, en virtud de que la estimación solo considera a las empresas que lograron sobrevivir y no considera a aquellas que desaparecieron, la validez de la interpretación se mantiene, ya que entre mayor es el número de años de una empresa en el mercado, se adquiere experiencia y se conoce mejor a los clientes y proveedores, lo que permite mejorar la posición competitiva de las empresas (INEGI, 2014).

Por último, la variable de inversión por trabajador, como variable proxy del capital por trabajador, también es relevante para explicar a la variable independiente. Muestra un signo positivo, que refuerza la idea de que entre mayor es el capital por trabajador, los ingresos asociados a la producción del mismo tienden a ser mayores. Muestra una representatividad estadística del 1%

Las variables estimadas muestran los signos esperados (excepto para la variable de exportaciones que no tiene significancia a nivel estadístico) y el modelo en su conjunto resulta estadísticamente significativo al 1% (estadístico  $F= 10.9$ ). Muestra un coeficiente de bondad de ajuste ( $R^2$ ) de 0.53, que, para el caso de los modelos de sección cruzada, resulta aceptable.

Los resultados indican que, para el tamaño de empresa de 10 a 50 empleados, el factor más relevante para explicar las diferencias en la productividad laboral a nivel de subsector, es la disponibilidad de infraestructura TIC y los usos que las organizaciones dan a la misma. El factor de recursos humanos no juega un papel relevante en la explicación de la variable dependiente para este tamaño de organización. El uso de nuevas tecnologías y la existencia de habilidades TIC, constituyen el segundo factor en orden de importancia para explicar la productividad en las empresas pequeñas. La innovación constituye el tercer factor en orden de importancia para explicar a la productividad del trabajo.

El año de inicio de actividades o antigüedad, representa una variable indirecta de la experiencia en el mercado por parte de las empresas. Esta experiencia puede englobar aspectos no considerados dentro de las otras variables estudiadas aquí, y que tampoco son fácilmente medibles. Esta variable se constituye como la última en términos del tamaño de su coeficiente para explicar a la productividad laboral de las empresas pequeñas. Por su parte, la inversión por empleado, es el único factor que puede ser explicado en términos elasticidad; para este tamaño de empresa, por cada peso que es invertido por trabajador, los ingresos por empleado crecen 27 centavos.

### 3.6.2 Tamaño de 51 a 250 empleados. Evaluación del impacto de los factores estimados sobre la productividad laboral

El segundo segmento sobre el cuál, se realizó un análisis econométrico, se encuentra constituido por empresas medianas (de 51 a 250 empleados). Las mismas variables que en el caso de las empresas pequeñas, fueron incluidas en la regresión, obteniéndose los siguientes resultados:

La constante incluida es estadísticamente significativa a un nivel de 1%; el factor 1, vinculado a la disponibilidad y uso de las herramientas TIC, si bien, muestra el signo esperado, no es estadísticamente significativo para explicar las variaciones sobre la productividad del trabajo.

El factor 2, relacionado con las capacidades y habilidades de los recursos humanos por nivel de escolaridad, adquiere relevancia en comparación con las organizaciones de menor tamaño; para las empresas medianas, resulta ser el factor de mayor impacto para explicar los cambios en la productividad entre los distintos subsectores, con un coeficiente estimado de 0.26; es estadísticamente significativo a un nivel de 5%, y su signo es el esperado de acuerdo a la teoría; entre mayores sean las capacidades de la fuerza de trabajo de las organizaciones, para todos los niveles de escolaridad, mayor tiende a ser la productividad de trabajo.

El tercer factor, constituido por el uso de nuevas tecnologías y las capacidades que en términos de la capacitación en tecnologías de la información se da a los empleados, contribuye a explicar de manera positiva los ingresos por empleado; es estadísticamente representativa a un nivel de 10%, con un coeficiente ligeramente menor que en el caso del factor de recursos humanos.

El cuarto factor se relaciona con la innovación realizada en las empresas medianas, así como con la existencia de un departamento especializado en TI; si bien, muestra un signo que revela la existencia de una relación positiva con la productividad, éste coeficiente no es estadísticamente significativo para explicar las diferencias subsectoriales en la productividad.

Por su parte, la variable de exportaciones (cuyo coeficiente es interpretable en razón del logaritmo asociado, como elasticidad) muestra un signo positivo, que asocia incrementos en las exportaciones con mejoras en la productividad laboral. El coeficiente es estadísticamente significativo a un nivel de 5%.

La variable proxy de acervo de capital por trabajador, también es interpretable como elasticidad, e indica que incrementos en la inversión de 1%, logran mediante los mecanismos de profundización en la relación de capital por trabajador descritos en la sección de revisión de la literatura, incrementos en la productividad de 0.13%. Para finalizar, la variable de antigüedad de la empresa, es estadísticamente representativa a un nivel de 1% y muestra un signo negativo, que indica que a medida que es mayor la antigüedad de la empresa, de desarrollan un conjunto de habilidades que las hacen más productivas.

El modelo es estadísticamente significativo en su conjunto (Prob F=0.00), y no muestra problemas de autocorrelación; sin embargo, la bondad de ajuste medida por el coeficiente de determinación R cuadrado, es bajo ( $R^2= 0.38$ ) en comparación a las estimaciones obtenidas para los otros dos tamaños de empresa. A pesar de ello, dado que se trata de datos de corte transversal, se puede establecer que el ajuste es el mínimamente aceptable. Los resultados pueden apreciarse en el cuadro 3.28.

### Cuadro 3.28. Ecuación estimada, tamaño 51 a 250 empleados

Dependent Variable: LOG(PRODUCTIVIDAD\_LABORAL)  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/16/16 Time: 19:34  
 Sample (adjusted): 1 74  
 Included observations: 58 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	135.5802	42.40407	3.197338	0.0024
INFRAES_Y_USOS_TIC	0.078253	0.129701	0.603330	0.5490
RECURSOS_HUMANOS	0.263649	0.103182	2.555188	0.0137
NUEVAS_TECN_Y_HABIL_TIC	0.170647	0.096447	1.769333	0.0829
INNOVACION_Y_HABIL_TIC	0.466867	0.497257	0.938884	0.3523
LOG(EXPORTACIONES)	0.119655	0.047790	2.503771	0.0156
LOG(INVER__POR_EMPLEAD)	0.127536	0.101894	1.851651	0.0965
ANO_DE_INICIO_DE_ACTIVID	-0.065437	0.021222	-3.083478	0.0033
R-squared	0.380197	Mean dependent var		6.972324
Adjusted R-squared	0.293425	S.D. dependent var		0.843322
S.E. of regression	0.708880	Akaike info criterion		2.277181
Sum squared resid	25.12554	Schwarz criterion		2.561380
Log likelihood	-58.03824	Hannan-Quinn criter.		2.387882
F-statistic	4.381541	Durbin-Watson stat		1.752130
Prob(F-statistic)	0.000744			

#### 3.6.3 Tamaño más de 250 empleados. Evaluación del impacto de los factores estimados sobre la productividad laboral

Las organizaciones mayores a 250 empleados, representan el segmento más pequeño en términos del número de empresas, pero el más importante en cuanto a la generación de ingresos y participación en el empleo. Para el análisis econométrico de este segmento, fueron incluidas las mismas variables que en el caso del análisis de los menores a 250, aunque los factores calculados para este conjunto son distintos, así como los puntajes asociados a cada uno de esos factores para los 78 subsectores; así las variables incluidas son los 4 factores obtenidos mediante el análisis factorial, las variables de exportaciones como proporción de los ingresos totales, la inversión por empleado (utilizada como variable proxy del capital por trabajador) y la antigüedad promedio de las organizaciones pertenecientes a cada subsector.

Los resultados muestran que la constante es significativa a un nivel del 5%. El primer factor estimado, *Recursos Humanos*, muestra signo positivo, lo que indica que entre mayores son las capacidades y habilidades de los recursos humanos (aproximados por las variables de remuneraciones por nivel de escolaridad), la productividad del segmento tiende a aumentar. Para los factores incluidos en el modelo, es la variable más importante, aunque el coeficiente estimado es muy cercano al del segundo factor. El factor es estadísticamente significativo, si bien a un nivel del 10%.

El segundo factor, infraestructura y usos de TIC, muestra un coeficiente estimado tan cercano al del factor de recursos humanos, que pueden ser considerados igualmente importantes para la explicación de las diferencias en la productividad laboral de los subsectores. También muestra un signo que valida lo anticipado en la hipótesis; entre mayor es la disponibilidad de infraestructura TIC y más ligados a los procesos de negocio son los usos que dan las organizaciones a aquellos, la productividad laboral tiende a ser mayor. De la misma manera que en el factor de *Recursos Humanos*, la significancia estadística es la mínima aceptable para considerar que el factor debe ser considerado (significancia del 10%).

Los factores vinculados al uso de nuevas tecnologías y a la disponibilidad y uso de nube, contrario a lo esperado, no resultan ser estadísticamente significativos para este tamaño de empresa, además de que muestran signos contrarios a lo esperado.

La variable de exportaciones como porcentaje de los ingresos totales, es igualmente importante para explicar los cambios en la productividad laboral; muestra signo positivo, en virtud de que un mayor vínculo con el mercado externo, requiere de un conjunto mayor de capacidades desarrolladas por las organizaciones. La capacidad para vender más en mercados externos, puede, en muchos casos, asociarse con mayores capacidades de las empresas para integrar procesos productivos con los estándares de calidad que la competencia internacional demanda. El nivel de significancia estadística de la variable es,

nuevamente, el mínimo requerido para pasar este tipo de pruebas (significancia estadística del 10%).

La inversión por empleado es altamente significativa (al 1%) y debe ser interpretada como elasticidad, en virtud del logaritmo asociado a la estimación. El signo de la variable es positivo, e indica que con un incremento de 1% en la inversión por trabajador, la productividad laboral crece prácticamente la mitad de ese incremento (0.46%). Este resultado resalta la importancia para este segmento de empresas, que el incremento en el capital por trabajador tiene.

La última variable considerada en el análisis de este segmento de organizaciones, es la antigüedad de las organizaciones asociadas a cada subsector. Esta antigüedad es estadísticamente significativa a un nivel de 10%, y muestra el signo esperado; entre mayor se la antigüedad de las organizaciones, mayor tiende a ser la productividad, mediante los mecanismos descritos en el análisis de regresión de empresas de 10 a 50 empleados. Los resultados pueden apreciarse en el cuadro 3.29.

### Cuadro 3.29. Ecuación tamaño mayor a 250 empleados

Dependent Variable: LOG(PRODUCTIVIDAD\_LABORAL)

Method: Least Squares

Date: 23/12/16 Time: 21:06

Sample (adjusted): 2 74

Included observations: 68 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	49.83266	23.19719	2.148219	0.0364
FAC_1_RECursos_HUMANOS	0.235221	0.098024	1.685514	0.0979
FAC_2_INFRAESTRUCTURA_Y_	0.233178	0.144960	1.686935	0.0982
FAC_3_USO_DE_NUEVAS_TECN	-0.034273	0.125654	-0.272761	0.7861
FAC_4_NUBE	-0.095914	0.113861	-0.842374	0.4034
EXPORT2	0.054580	0.032483	1.680277	0.0989
LOG(INVERSION_POR_EMPLEAD)	0.464114	0.087361	5.312567	0.0000
ANO_DE_INICIO_DE_ACTIVIDAD	-0.022912	0.011674	-1.962732	0.0550
R-squared	0.595112	Mean dependent var		6.961314
Adjusted R-squared	0.540608	S.D. dependent var		0.907793
S.E. of regression	0.615288	Akaike info criterion		1.990114
Sum squared resid	19.68614	Schwarz criterion		2.269360
Log likelihood	-51.70342	Hannan-Quinn criter.		2.099343
F-statistic	10.91865	Durbin-Watson stat		1.123105
Prob(F-statistic)	0.000000			

Los anteriores resultados confirman la existencia de una asociación significativa entre los factores estimados mediante el análisis factorial, y la productividad laboral, pero también, que existen diferencias importantes en la determinación de esos factores entre los distintos tamaños de empresa; la fortaleza de dicha asociación cambia a medida que las organizaciones tienden a ser más grandes. Esas diferencias son importantes para entender los determinantes de la productividad en cada tamaño.

A pesar de esas diferencias, se encontró una regularidad importante en la conformación de factores, con independencia del tamaño en el que nos ubiquemos. Esta regularidad ocurre en dos direcciones; por un lado, se puede establecer que, para todos los tamaños de organización analizados, existe un factor que vincula a la disponibilidad de la tecnología con el uso que las organizaciones hacen de ella. Este factor, denominado, *Infraestructura y usos de TIC*, es más importante para las organizaciones de menor tamaño; a medida

que las organizaciones son más grandes, este factor no pierde relevancia, pero las capacidades de los recursos humanos, adquieren mayor importancia.

El segundo factor que se conforma, independientemente del tamaño de organización que se analice, es el factor de *Recursos Humanos*; la importancia que tiene este factor, varía con el tamaño de empresa; para el conjunto de organizaciones de menos de 250 empleados, ocupa el segundo lugar en orden de importancia. A medida que las organizaciones son más grandes, este factor se vuelve más importante y para el caso de las empresas de más de 250 empleados, la relación con respecto al factor de *Infraestructura y usos de TIC*, se invierte y los Recursos Humanos se convierten en el factor más importante.

Para explorar porqué ocurre lo anterior, la argumentación se divide en un aspecto vinculado a la teoría, que se somete a contraste con datos a nivel de subsector.

Teóricamente, en las empresas de menor tamaño, por lo general, los procesos tienden a ser menos complejos que en aquellas de mayor tamaño. Entre más complejos son los procesos, para realizar la integración de los mismos, se requiere de una mayor cantidad de tecnología (Tarutè y Gatautis, 2014). Por mencionar solo un ejemplo, una organización de 10 empleados de una sola sucursal<sup>35</sup> puede mantener comunicación con todos sus empleados sin requerir de herramientas sofisticadas de comunicación<sup>36</sup>, pero para una de 400 empleados multiestablecimiento, la comunicación y coordinación entre empleados y sucursales, difícilmente se concibe sin la existencia de TIC.

Para analizar si lo anterior ocurre para el caso de las organizaciones en México, se realiza un análisis de segmentación por tamaño de empresa del índice de uso de TIC, propuesto en la sección 2.3.3.3.1. El índice permite medir la complejidad de los usos de tres tipos de herramientas TIC en función de las capacidades requeridas para la implementación de cada uso; estas herramientas son

---

<sup>35</sup> De acuerdo con datos del INEGI (2014b), el 97% de las empresas en México son uniestablishment, es decir, tienen una sucursal única.

<sup>36</sup> Si bien, ello no es una regla, ya que pueden existir empresas pequeñas cuyos requerimientos tecnológicos sean muy altos, o bien, organizaciones en las que lo reducido de la plantilla laboral, sea resultado del éxito en la integración de sus procesos y vaya acompañada de alta productividad.

internet, software y la nube. Si la aseveración planteada referente a que la complejidad de los procesos en las organizaciones de menor tamaño, es también menor, se debería de cumplir que las calificaciones del índice para las empresas de 10 a 50 empleados, para cada tecnología, sea menor que aquella existente en las de 51 a 250, y esta a su vez, menor en relación a las empresas de más de 250 empleados.

Dado que, el índice permite tener una aproximación indirecta de las capacidades requeridas para implementar cada uso, constituye en esa medida también un indicador de aquellas. Ello abonaría a dar una explicación sólida de los resultados econométricos obtenidos, vinculados a explicar por qué a medida que las empresas son más grandes y productivas, las capacidades se vuelven también más relevantes. Para ello, en el apéndice 1 se incluye información a nivel de subsector, para cada uno de los tamaños de empresas analizados, de los índices de uso y aprovechamiento de internet, software y servicios en la nube.

Para facilitar la lectura de la información, los datos son acompañados de un mapa de calor, que muestra en color rojo los valores bajos del índice, en color amarillo los medios y en tonalidades verdes los resultados más altos; como se puede apreciar para cada tecnología, los valores del índice tienden a ser más altos a medida que las empresas son más grandes, lo que contribuye a explicar los resultados obtenidos mediante el análisis econométrico.

Para el caso específico de internet, los datos muestran que los procesos y las capacidades requeridas para implementar cada uso, son menores en las organizaciones de 10 a 50 empleados que en las de mayor tamaño; a medida que las empresas son más grandes, los procesos, reflejados en cada uso, se van haciendo más complejos por lo que, se requiere de mayores capacidades para realizarlos; ello se cumple en 66 subsectores (de un total de 78) que representan el 85% del total. Las organizaciones de más de 250 empleados son las que tienen los procesos (reflejados en usos) más complejos, por lo que el mapa de calor los muestra en color verde.

En el caso del índice de uso de software, lo anterior es todavía más evidente; en 72 subsectores (92% del total), los procesos (reflejados en usos) en las

organizaciones de mayor tamaño, son más complejos que en el caso de las organizaciones más pequeñas, hecho que contribuye a la validación de los resultados econométricos.

Por último, para el caso de los usos de la nube, los resultados si bien son menos evidentes, se puede apreciar un cierto grado de asociación entre tamaño de empresa y complejidad de los procesos, medida por el índice de uso de nube. Aquí, en el 64% de los subsectores son las empresas de mayor tamaño las que tienen el índice más alto, mientras que en el 25% de las observaciones, este pertenece a las empresas de tamaño medio. Sin embargo, en 10 subsectores (11% del total), la calificación del índice es más alta en las organizaciones más pequeñas, lo que indica que si bien, la hipótesis puede ser considerada como una regularidad, existen no pocas excepciones.

Cuando se consideran de manera agregada los índices de las 3 tecnologías, en el 80% de los casos ocurre que los usos con menores calificaciones son también los de las empresas más pequeñas; los usos de complejidad media corresponden a las empresas de 51 a 250 empleados, mientras que los usos más complejos son los de las organizaciones más grandes.

Los anteriores resultados contribuyen a validar los resultados econométricos obtenidos, pero también, establecen que existen excepciones importantes, si bien pocas, en las cuales los usos más complejos se encuentran en las organizaciones de menor tamaño, particularmente en actividades vinculadas a intermediación y servicios financieros y actividades de alta intensidad tecnológica, como por ejemplo otras telecomunicaciones y servicios de hospedaje y almacenamiento de información electrónica.

El análisis econométrico por tamaño muestra que, en la medida en la que las organizaciones son de mayor tamaño, las capacidades de los recursos humanos adquieren mayor relevancia; esto es así, en principio porque los procesos de producción, comercialización, mercadotecnia, etc., se hacen más complejos en las organizaciones más grandes, por lo que se requiere de mayores capacidades, tanto organizacionales como de la fuerza de trabajo.

Los resultados obtenidos hasta el momento, muestran que la tecnología y las capacidades, tanto de la fuerza de trabajo como las organizacionales, no pueden ser separadas, si se pretenden entender los determinantes de la productividad; disponibilidad de infraestructura y usos de TIC, van estrechamente ligados con las capacidades de la fuerza laboral; si se dispone de infraestructura tecnológica, en la medida en la que las capacidades de los recursos humanos son mayores, los usos de la tecnología tienden a estar más vinculados con los procesos productivos y de negocio, y ello tiende a generar cambios en la productividad.

Este análisis contribuye a fortalecer la hipótesis de presente trabajo, en la dirección de que si bien, la disponibilidad de infraestructura tecnológica (internet, computadoras, software, servicios en la nube y toda la gama de bienes y servicios TIC) constituye una condición necesaria de la alta productividad, por sí sola no es suficiente.

El análisis de conglomerados muestra que, incluso para algunos subsectores, puede darse el caso de una alta disponibilidad de infraestructura tecnológica que, en ausencia de capacidades de los recursos humanos, se traduce en baja productividad. Por el contrario, la combinación de infraestructura TIC y capacidades de la fuerza laboral existe, el resultado es una alta productividad de los subsectores, mayor que con cualquier otra combinación de factores.

El análisis econométrico contribuye a validar los anterior; para el caso de los subsectores que en promedio tienen menor productividad laboral (aquellos del segmento de 10 a 50 empleados), las capacidades de los recursos humanos no son relevantes; a medida que esas capacidades se vuelven importantes, la productividad laboral tiende a ser más alta. Sin embargo, no puede pasarse por alto que existe una gran cantidad de empresas de tamaño pequeño (de 10 a 50 trabajadores) que son altamente productivas, y en donde las capacidades de la fuerza laboral son igualmente altas. Si bien, el análisis revela que el tamaño de empresa es un factor relevante para entender a la productividad, es más importante la combinación de infraestructura tecnológica, usos, y capacidades de los recursos humanos, y estas pueden encontrarse en cualquier tamaño de empresa.

## 3.7 Redes Neuronales Artificiales

El análisis agregado realizado hasta el momento, ha permitido analizar comportamientos, trayectorias y patrones generales, que sería difícil identificar analizando de manera puntual cada una de las unidades de estudio.

Este análisis, ha permitido delimitar algunos de los patrones agregados del vínculo entre la disponibilidad de tecnología y su uso, la relación que ello guarda con las capacidades, la experiencia de las organizaciones, su grado de vinculación con el exterior, la productividad y la manera en la que estas, se relacionan con el tipo de actividad económica y el tamaño de empresa que la realiza.

Ello ha permitido identificar la relación existente entre las variables propuestas, con el tipo de actividad económica a nivel de subsector y el tamaño de empresa. Para realizar este análisis, se requirió agregar la información a nivel de subsector, diferenciando a cada uno en función de su tamaño; sin embargo, cualquier agregación en la información que se realice, corre el riesgo de ocultar diferencias importantes entre las unidades de observación, en este caso, las empresas.

A lo anterior, hay que añadir que, como quedó establecido en la discusión teórica, mientras que la productividad es un concepto agregado, frecuentemente utilizado en estudios macroeconómicos, las decisiones que afectan a algunas de las variables analizadas en el presente estudio de tesis, son tomadas a nivel de empresa, es decir, microeconómico, como, por ejemplo, las decisiones de inversión en TIC, los usos que las organizaciones dan a estas herramientas tecnológicas, así como una parte importante de las decisiones vinculadas con el desarrollo de capacidades.

Considerando los anteriores factores, resulta de interés complementar el examen realizado hasta el momento, con uno que considere como unidad de análisis a la empresa individual, y analizar si los patrones y conclusiones obtenidas a nivel, primero de la economía en su conjunto, y después a nivel de

subsector y tamaño, sigue siendo válidos cuando el análisis se realiza a nivel microeconómico.

Por lo anterior, se propone realizar una evaluación considerando como unidad de análisis, a la empresa. La metodología que es seleccionada para ello, es la de redes neuronales artificiales.

Las ventajas que ofrece este tratamiento de datos, es que, a diferencia de los métodos econométricos, esta técnica tiene la ventaja de que no supone un tipo de relación funcional a priori, sino que el tipo de relación es "descubierto" por el propio entrenamiento de la red. Si la relación entre las variables dependiente e independientes es una relación lineal, los resultados de la red neuronal se aproximarán lo máximo posible a los del modelo de regresión lineal; si una función no lineal es más adecuada para representar esa relación, la red neuronal se aproximará automáticamente a la estructura del modelo "correcta".

Otra de las razones por las cuales, resulta adecuado trabajar con esta técnica, es que la información proveniente de la encuesta ENTIC solo permite trabajar con modelos econométricos de datos de corte transversal; ello representa una limitante en términos del número de modelos que pudieran ser seleccionados para analizar la relación teórica planteada, en relación a aquellos existentes para series de tiempo o datos panel.

Por el contrario, la técnica de RNA no limita su funcionalidad con datos de corte transversal, sino que dicha funcionalidad, depende de contar con suficientes datos para el entrenamiento adecuado de las neuronas en la red. En el caso de los datos disponibles en la encuesta ENTIC, dado que se trabaja directamente en el laboratorio de microdatos, con información a nivel de empresa, se dispone de poco menos de 6,500 observaciones, que resultan suficientes para que la RNA realice adecuadamente el proceso de aprendizaje del tipo de relación existente entre las variables dependiente (capa de salida en la terminología de RNA) y las independientes (capa de entrada). Dado lo anterior, resulta una metodología adecuada para someter a contraste a nivel de empresa, la hipótesis planteada.

### **3.7.1 Estimación del modelo de RNA**

Al igual que en el caso de los modelos econométricos, resulta necesario seleccionar un modelo de RNA adecuado; sin embargo, esta selección no es automática, sino que está sometida a ensayos de prueba y error. Antes de encontrar la RNA adecuada, cuyos resultados se presentan a continuación, fue necesario estimar dos modelos de red, que no fueron adecuados para representar la relación planteada<sup>37</sup>.

La estimación de un modelo de red con dos capas ocultas, con las características que a continuación se muestran, resultó ser la más adecuada en términos de la capacidad para representar y predecir adecuadamente la relación funcional existente entre las variables analizadas en la representación econométrica de la sección anterior, y la productividad laboral.

#### **3.7.1.1 Características de la estimación de RNA**

El tipo de RNA estimada es una Red de Perceptrón Multicapa<sup>38</sup>, que, como se estableció en la sección 3.3.1, se caracteriza por contar con más de una capa oculta. Con la intención de eliminar el sesgo producido por los montos de inversión y exportaciones en valores absolutos más grandes en las empresas de mayor tamaño, dichas variables son divididas entre el número de empleados, de tal manera que la inversión por empleado y las exportaciones por empleado, sean directamente comparables, independientemente del tamaño de organización.

De esta forma, la productividad laboral está en función de las variables de la capa de entrada<sup>39</sup> (obtenidas mediante el análisis factorial a nivel de empresa) de 1. Infraestructura TIC, 2. Capacidades de los recursos humanos, 3. Innovación, 4. Uso de software, 5. Inversión por empleado, 6. Exportaciones por

---

<sup>37</sup> Ambos modelos tenían una capa oculta, mientras que como se verá más adelante, el modelo final consta de dos capas.

<sup>38</sup> La sintaxis específica del modelo estimado, se muestra en el anexo de la presente tesis.

<sup>39</sup> Al tratarse de variables instrumentales, no codificadas ni binarias, todas las variables de la capa de entrada fueron incluidas como factores, y no como covariables.

empleado, y 7. Experiencia de la empresa, medida en años. La capa de salida, está constituida por la productividad laboral.

### **3.7.1.2      *Resumen de procesamiento de casos***

En total, se dispone de 6,210 observaciones, de las cuales, el procedimiento excluyó 1,622. La partición de la RNA, se realizó de la siguiente manera: 70% de las observaciones para entrenamiento de la red, 20% para prueba, y 10% para reserva de verificación.

El proceso de entrenamiento se lleva a cabo dentro de la capa oculta, y sirve para aproximar la relación funcional correcta, como se describe más adelante en la descripción de la capa oculta. Sin embargo, puede ocurrir, que se requiera de un número mayor de datos para el entrenamiento de la neurona, en cuyo caso, el lote de datos de entrenamiento utiliza datos del segmento de pruebas y de reserva, restándolos de esos segmentos. De hecho, eso ocurre en la RNA estimada; del 70% de los datos, destinados originalmente para entrenamiento, el proceso requirió 8% más, mismos son restados de los lotes de datos destinados a pruebas y reserva.

Por su parte, el segmento de prueba, sirve para validar que el proceso de aprendizaje se ha llevado a cabo de la manera adecuada, en términos de minimización del error de la función.

El segmento de la muestra destinado a la reserva, no es considerado dentro del entrenamiento, ni la validación en pruebas, sino que se utiliza para comprobar el grado de cercanía, de los datos estimados de productividad por el modelo de RNA, con respecto a los valores reales, excluyendo la posibilidad de sesgo en la estimación.

Al ser datos que no fueron utilizados para el entrenamiento, constituyen un buen indicador de la capacidad de predicción del modelo, en términos de la cercanía de los valores estimados y los reales. Después del procesamiento de la red, los casos se repartieron como muestra el cuadro 3.30.

**Cuadro 3.30. Datos de procesamiento de la RNA**

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>			
		<b>N</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Muestra</b>	<b>Entrenamiento</b>	<b>3556</b>	<b>78%</b>
	<b>Pruebas</b>	<b>665</b>	<b>14%</b>
	<b>Reserva</b>	<b>367</b>	<b>8%</b>
<b>Válido</b>		<b>4588</b>	<b>100%</b>
<b>Excluido</b>		<b>1622</b>	
<b>Total</b>		<b>6210</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de encuesta ENTIC, laboratorio de microdatos del INEGI

### **3.7.1.3 Capa de entrada**

La capa de entrada está constituida por las variables independientes, que, de acuerdo a una elaboración teórica, son capaces de representar el comportamiento de la variable dependiente o de capa de salida. Lo que se determina al interior de la red (capas ocultas) mediante un proceso de aprendizaje, es la forma que adquiere esa representación. En el caso de la RNA seleccionada, se incluyeron 7 variables, que, de acuerdo a la teoría y a los resultados obtenidos en las secciones 3.1, 3.2 y 3.3 (si bien, con un nivel de agregación distinto), son capaces de explicar razonablemente las variaciones de la productividad. Estas variables, de acuerdo a la terminología de redes, son llamadas factores, y se muestran en el cuadro 3.31.

**Cuadro 3.31. Datos de procesamiento de la capa de entrada de RNA**

Información de red, Capa de entrada			
Capa de entrada	Factores	1	Infraestructura TIC
		2	Capacidades de los Recursos Humanos
		3	Innovación
		4	Uso de software
		5	Inversión por empleado
		6	Exportaciones por empleado
		7	Antigüedad
	Número de unidades <sup>a</sup>		17185

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA. a. Se excluye la unidad de sesgo

#### **3.7.1.4 Capas ocultas**

En las capas ocultas de una RNA, se estima el tipo de relación que existe, entre las variables de entrada y la variable dependiente (en nuestro caso productividad laboral); esta estimación se realiza mediante un proceso de aprendizaje, conocido como “entrenamiento de la neurona”. Para que este proceso se lleve a cabo, es necesario el uso de una cantidad importante de los datos disponibles, a fin de que el entrenamiento neuronal permita aproximar la relación funcional correcta. Como se explicó en el cuadro 4.26, fueron requeridos el 78% de los datos para que el proceso de aprendizaje se llevara a cabo de manera adecuada.

Se determina que un proceso de aprendizaje es “adecuado” cuando se encuentra que el proceso de minimización de errores (mediante el método del descenso del gradiente, explicado en la sección 3.3.1.1) permite encontrar los errores mínimos de la función; en ese momento, el proceso de aprendizaje ocurrido en las capas ocultas se detiene.

Para que ello ocurra, las capas ocultas requieren de un tipo de arquitectura; la arquitectura específica de la RNA seleccionada, se encuentra integrada por 2

capas ocultas<sup>40</sup> (número máximo de capas ocultas), cuya función de activación es una tangente hiperbólica, lo que implica que se realiza una transformación de los valores de entrada, hacia valores que se encuentren en un rango de (-1 y 1), a partir de la función 20. Los resultados de estimación de la red, muestran que la primera capa oculta, consta de 20 unidades, mientras que la segunda de 15.

**Cuadro 3.32. Datos de procesamiento de las capas ocultas, RNA**

<b>Información de Red Neuronal Artificial, Capas Ocultas</b>		
<b>Capas ocultas</b>	<b>Número de capas ocultas</b>	<b>2</b>
	<b>Número de unidades en la capa oculta 1</b>	<b>20</b>
	<b>Número de unidades en la capa oculta 2</b>	<b>15</b>
	<b>Función de activación</b>	<b>Tangente hiperbólica</b>
Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de encuesta ENTIC, laboratorio de microdatos del INEGI		

### **3.7.1.5 Capa de salida**

La capa de salida se encuentra constituida por la variable dependiente, en nuestro caso, la productividad laboral. Esta capa, al igual que la capa de entrada, requiere de una función de activación. Esta función de activación, permite comparar los resultados obtenidos con los considerados como factores explicativos. En el caso de la RNA estimada, la capa de salida es un indicador de dos aspectos:

1. Si la productividad laboral está vinculada con las variables de entrada (infraestructura y uso de TIC, capacidades de los recursos humanos, innovación, uso de software, inversión por empleado, exportaciones por

<sup>40</sup> En este caso, como la red contiene una segunda capa oculta, cada unidad oculta de la segunda capa es una función de la suma ponderada de las unidades de la primera capa oculta. La misma función de activación se utiliza en ambas capas.

empleado, y experiencia de la empresa); ello se lleva a cabo mediante la función de error.

2. La importancia y el orden de importancia, de cada variable independiente sobre la variable dependiente.

El cuadro 3.33, muestra el resumen de la información de la capa de salida.

**Cuadro 3.33. Datos de procesamiento de la capa de salida, RNA**

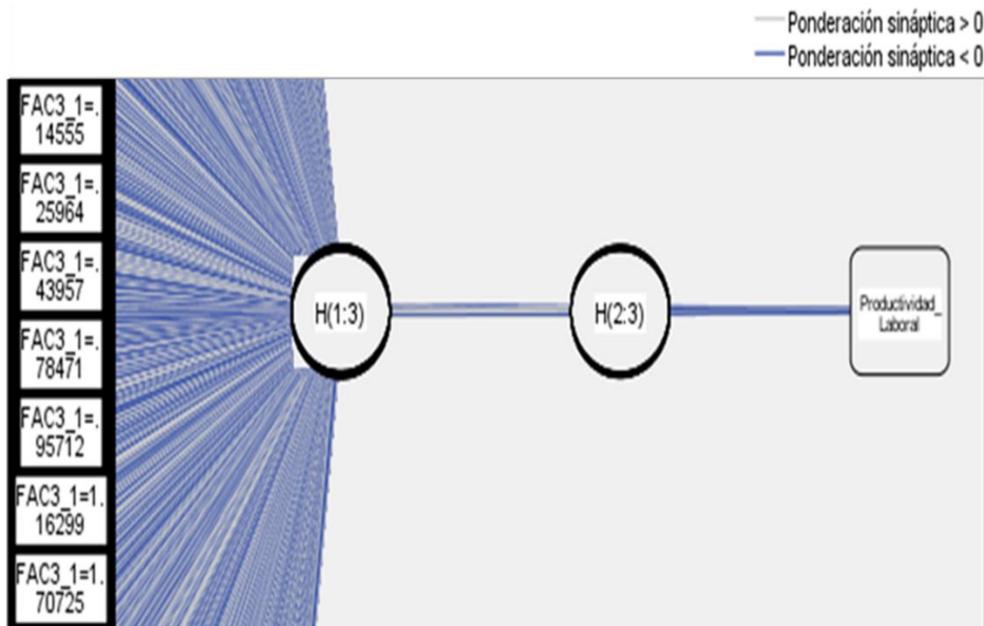
<b>Información de Red Neuronal Artificial, Capa de Salida</b>		
<b>Capa de Salida</b>	<b>Variables dependientes</b>	<b>1 Productividad_Laboral</b>
	<b>Número de unidades</b>	<b>1</b>
	<b>Método de cambio de escala para las dependientes de escala</b>	<b>Corregidos Normalizados</b>
	<b>Función de activación</b>	<b>Tangente hiperbólica</b>
	<b>Función de Error</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>
Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de encuesta ENTIC, laboratorio de microdatos del INEGI		

### **3.7.1.6 Diagrama de RNA**

El diagrama de red de una RNA, nos muestra información relacionada con las conexiones sinápticas de la capa de entrada, las capas ocultas y la capa de salida. Cada conexión puede representar una ponderación de tipo excitativo o inhibitoria, lo que, en otros términos, implica el signo con el cuál, la variable independiente actúa sobre la dependiente, así como la fortaleza de ese impacto. Sin embargo, dado que pueden establecerse cientos de conexiones sinápticas, un diagrama que muestre la arquitectura de una red como la aquí planteada, puede ser extremadamente complicado de leer. El diagrama completo de la arquitectura de la red estimada, se incluye en el anexo 3; aquí, la figura 4.31 muestra una versión acotada del mismo, en donde se muestran algunas de las

unidades de la capa de entrada estimada, las conexiones sinápticas asociadas a ellas, las dos capas ocultas, y la capa de salida.

**Figura 3.34. Acotación del diagrama de RNA estimado**



Fuente: Elaboración propia con resultados de RNA, SPSS 24

### 3.7.1.7 Resultados del modelo de RNA

Los resultados de la estimación del modelo de red, pueden ser analizados en términos de dos elementos; el primero de ellos, es mediante los errores obtenidos en cada una de las etapas. El segundo, mediante el análisis en términos de predicción del modelo; en esta dirección, la validación final de la calidad del modelo de red, se realiza comparando para la muestra reservada, los valores estimados por el modelo, en relación a su cercanía con los valores reales.

Los cuadros 3.36a y 3.36b muestran los resultados del primer elemento. Como se puede apreciar, los errores en cada uno de los procesos (en miles de pesos) son razonablemente bajos, particularmente, para los casos de las muestras de reserva. Ello indica que, en promedio, para las muestras de reserva, se tiene

una diferencia de poco más de 1,900 pesos entre los datos estimados de productividad, y los datos observados de la misma.

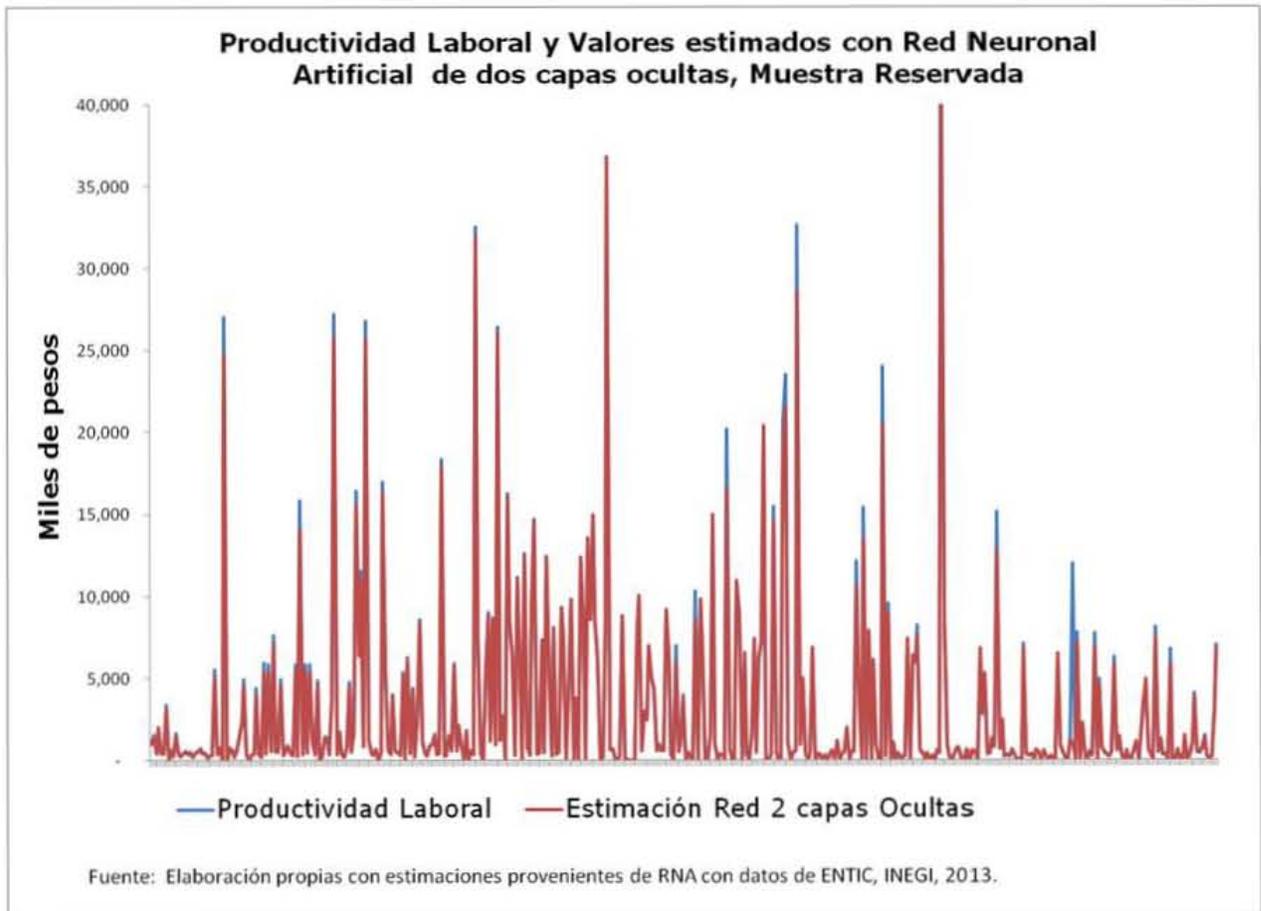
**Cuadro 3.35. Resumen de resultados del modelo de RNA**

<b>Resumen del modelo</b>		
<b>Entrenamiento</b>	Error de suma de cuadrados	2.575
	Error relativo	1.006
	Regla de parada utilizada	Se ha superado el tiempo máximo de entrenamiento (15 minutos)
	Tiempo de entrenamiento	27:48.7
<b>Pruebas</b>	Error de suma de cuadrados	0.001
	Error relativo	1.862
<b>Reserva</b>	Error relativo	1.932
Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA		

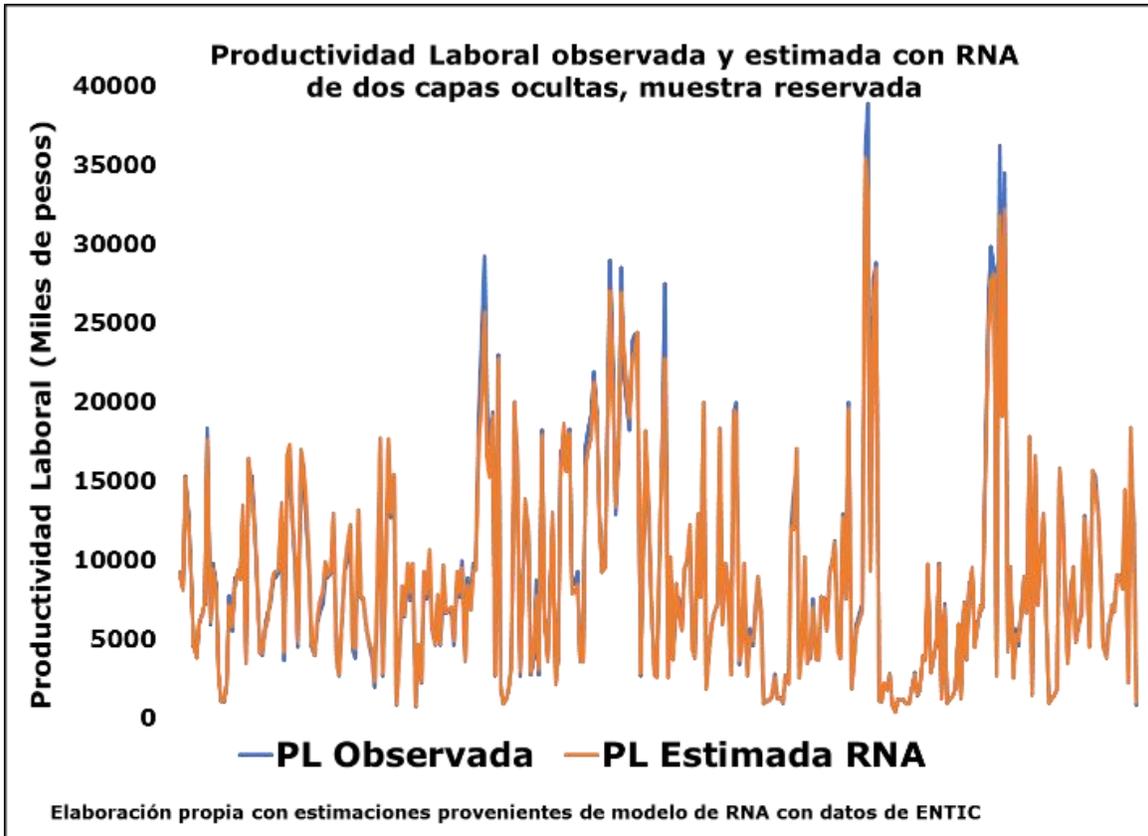
La cercanía de los valores estimados de productividad laboral por el modelo de RNA, con respecto a los valores reales de la misma variable, para el caso de la muestra de reserva, se aprecian en la figura 3.35. Dos aspectos de interés se observan en la figura; el primero es que, en promedio, para el conjunto de la muestra reservada, el modelo de RNA es capaz de predecir razonablemente el comportamiento de la productividad laboral; sin embargo, para aquellas empresas, cuya producción por empleado es mayor a 10,000,000 de pesos, el modelo tiende a subestimar los valores.

Ello, pudiera ser indicativo de que los factores que explican la productividad en empresas de mayores ingresos, son más complejos que las 7 variables incorporadas en el modelo como factores determinantes de la productividad. El conjunto de empresas con productividad laboral superior a 10,000,000 de pesos, representan el 7.3% del total de las 367 organizaciones en la muestra reservada.

**Figura 3.36a. Capacidad de predicción de la RNA, muestra reservada**



**Figura 3.36b. Capacidad de predicción de la RNA, muestra reservada**



### **3.7.1.8 Importancia de las variables y análisis de los resultados**

Los modelos de RNA no permiten observar lo que ocurre dentro de las capas ocultas, en términos de la obtención de coeficientes, como ocurre en el caso de los modelos econométricos; sin embargo, sí permiten obtener información relacionada con la importancia del impacto de las variables independientes sobre la variable dependiente. Ello se lleva a cabo mediante un análisis conocido como análisis de la importancia de las variables. Este análisis se muestra en el cuadro 4.33.

**Cuadro 3.37. Análisis de importancia de las variables de la capa de entrada**

<b>Importancia de las variables independientes</b>		
	<b>Importancia</b>	<b>Importancia normalizada</b>
<b>Innovación</b>	0.133	55.90%
<b>Uso de Software</b>	0.132	55.30%
<b>Disponibilidad y uso de TIC</b>	0.142	59.70%
<b>Capacidades de Recursos humanos</b>	0.146	61.50%
<b>Inversion por empleado</b>	0.128	53.70%
<b>Exportaciones por empleado</b>	0.238	100.00%
<b>Antigüedad</b>	0.08	33.80%

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA

Los resultados del cuadro anterior<sup>41</sup>, muestran que para el modelo de RNA estimado, la variable más importante para explicar la productividad es el grado de vinculación con el exterior, medido aquí como exportaciones por empleado. De manera lejana, las capacidades y la disponibilidad y uso de TIC, respectivamente, son los factores segundo y tercero en orden de importancia para explicar la productividad. La innovación es el factor que ocupa el lugar número 4 en términos de importancia.

Algunos de los factores que determinan a las exportaciones de una empresa, dependen de las propias decisiones de las organizaciones; sin embargo, un conjunto amplio de determinantes, pueden ser considerados, en más de un sentido, ajenos a las empresas. A pesar de ello, no todas las empresas exportan, particularmente, aquellas de menor tamaño.

Los resultados obtenidos a nivel de subsector y tamaño mediante el análisis econométrico, mostraban que las exportaciones por empleado solo eran relevantes en para explicar la productividad de las empresas más grandes (de

<sup>41</sup> La importancia normalizada, se calcula dividiendo el valor de importancia de cada una de las variables, entre el valor más alto de las mismas; el resultado se multiplica por 100. De esta forma, el valor más alto, al ser dividido entre el mismo, será igual a 100.

más de 50 empleados) y no así para el caso de las empresas de menor tamaño. El análisis realizado mediante RNA, indica que, a nivel de empresa individual, se confirma la importancia de la variable de exportaciones, para explicar la productividad laboral.

Cabe resaltar que, para el caso de las metodologías de análisis factorial, análisis de conglomerados, regresión econométrica con MCO y la metodología de RNA, las variables de capacidades y disponibilidad y uso de TIC, no dejan de jugar un papel importante en la determinación de la productividad laboral, tanto si la información es analizada a nivel de subsector, subsector y tamaño o bien, a nivel de empresa. En esta dirección, la capacidad de los recursos humanos y la disponibilidad y uso de TIC, de acuerdo a los coeficientes de análisis de la importancia, se encuentran muy cercanas.

La innovación, constituye otro de los factores que contribuye a explicar la productividad en las empresas mexicanas de más de 10 empleados; sin embargo, las empresas que son más innovadoras, son aquellas de mayor tamaño, con porcentajes de exportaciones con respecto a los ingresos totales, mayores a 20%. Cuando este grupo de empresas (menos del 4% del total de la muestra) son excluidas del análisis, la importancia de las exportaciones y de la innovación, cae a los lugares 4 y 5, respectivamente, mientras que las habilidades de los recursos humanos y la disponibilidad y uso de TIC, pasan a los lugares 1 y 2 en ese orden. La inversión por empleado en este caso, representa el factor tercero en orden de importancia.

Estos resultados son congruentes con los obtenidos mediante técnicas econométricas a nivel de subsector y tamaño. Los factores determinantes de la productividad, así como la importancia de los mismos, varía con el tamaño de empresa. A medida que las organizaciones son más grandes, tienden a tener productividades más altas y la importancia de las capacidades de los recursos humanos, la innovación y el grado de vinculación con el exterior, tiende a ser también mayor.

A nivel de empresa, el análisis de RNA muestra que la combinación de exportaciones, recursos humanos y uso de TIC, parece explicar de manera

adecuada, una parte importante del comportamiento de la productividad, con independencia del tipo de actividad económica, para las organizaciones cuya facturación por trabajador es menor a 10,000,000 de pesos. Para las empresas con productividades laborales superiores, parecen ser otros los factores que explican el comportamiento de la productividad, ya que el modelo de red no permite predecir adecuadamente a la variable de la capa de salida. A pesar de que ese conjunto de organizaciones es poco numeroso, en esos casos, la diferencia entre la estimación y el valor observado de productividad es de 15% en promedio, mientras que para el caso de las empresas con productividades laborales menores a 10,000,000 esa diferencia es, en promedio, de 3%.

En este punto resulta de interés el entender el porqué de los resultados aparentemente divergentes entre ambas metodologías de análisis. Para entender las razones por las cuales, las exportaciones son la variable más relevante cuando el análisis se realiza mediante RNA, primero, es necesario especificar algunas diferencias importantes en torno a las metodologías, para posteriormente, explicar los resultados.

### **1. Diferencias en las unidades de análisis**

La unidad de análisis de cada una de las metodologías es distinta; en el caso de los métodos econométricos utilizados, la unidad de observación es el subsector. Este nivel de agregación resulta extremadamente útil cuando se tratan de entender las diferencias entre actividades económicas, como se pretende en los objetivos del análisis a ese nivel; sin embargo, la agregación subsectorial promedia a grupos de empresas que pueden tener comportamientos radicalmente distintos.

Para el caso del análisis mediante redes neuronales artificiales, en virtud de que el análisis fue realizado con microdatos, la unidad de estudio es la empresa en sí, es decir, aquí no existe agregación de datos que se promedien o ponderen, por lo que los resultados son "más puros".

### **2. Diferencias en las formas funcionales estimadas**

Otra de las diferencias importantes entre ambas metodologías, es que mientras en el caso de la econometría, se establece una forma funcional

a priori que, en el caso de mínimos cuadrados, es una relación lineal. En el caso de la estimación mediante RNA, no se establece una relación funcional de entrada, sino que esta es calculada a partir del entrenamiento de las neuronas; si una relación lineal es la adecuada, los resultados de la red neuronal deben aproximarse lo máximo posible a los del modelo de regresión lineal. Si una relación no lineal es más adecuada, la red neuronal se aproximará automáticamente a la estructura del modelo correcta.

### **3. Número de observaciones utilizadas en cada técnica**

Otra diferencia importante se establece en el número de observaciones utilizado como insumo en cada una de las técnicas; mientras que, para el caso de las regresiones econométricas realizadas, el número de datos usados fue de 78 para cada una, en el caso de la estimación de RNA los datos disponibles fueron de 6,210. Por ello, los resultados obtenidos mediante las técnicas econométricas, más que permitir concluir aseveraciones inamovibles, sugieren un camino de complementariedad en el análisis. Lo que se gana en el análisis econométrico, es amplitud en el entendimiento de los tipos de actividades económicas, mientras que en el análisis de RNA se gana precisión en el entendimiento de los determinantes de la productividad a nivel de empresa.

4. **Interpretación diferenciada de los resultados.** A lo anterior, hay que sumar diferencias importantes en la interpretación de los resultados de cada técnica. Para el caso de las regresiones a nivel de subsector, el ajuste y la importancia de las variables, va cambiando a medida que cambia el tamaño de empresa como, por ejemplo, sucede en el caso de las exportaciones, que son relevantes para explicar el comportamiento de las empresas de más de 250 empleados, pero no para las menores a 50. Como se puede apreciar en el análisis de clúster a nivel de subsector, solo una parte relativamente pequeña del conjunto de organizaciones estudiadas (mismas que representan parte ligeramente mayor del empleo total), son las que exportan; cuando ese conjunto se promedia con el

resto de las empresas pertenecientes a los distintos subsectores, el monto de las exportaciones, así como los factores correlacionados con ellas, tienden a perderse.

Los datos agregados a nivel de subsector, permiten establecer un diagnóstico inicial, que se complementa en la interpretación en la medida en la que otras técnicas permiten hacer pruebas distintas, con un nivel de agregación diferente, y analizar una serie de factores que, a nivel agregado, no es posible observar. En el caso del modelo de RNA con variables introducidas a nivel de empresa (microdatos), se obtiene un nivel de análisis que si bien, no permite distinguir el tipo de actividad económica realizada, permiten entender aspectos relevantes en el nivel en el que la toma de decisiones es realizada (nivel de empresa).

Para entender el impacto de las exportaciones en la productividad utilizando una técnica común, se corrió un nuevo modelo de RNA, con las mismas características que el anterior, pero excluyendo a la variable de exportaciones; los resultados específicos de este segundo modelo se pueden apreciar en el Apéndice 3. Aquí, lo que nos interesa resaltar, son algunas de las diferencias obtenidas entre los modelos de RNA cuando se excluyen las exportaciones.

Una conclusión importante del modelo con exportaciones, es que el ajuste del modelo indica que las variables incluidas son directamente las que afectan a la productividad a nivel de empresa, o bien, expresan variables que se correlacionan de manera estrecha o expresan a las que los hacen.

Es el grado de integración con el exterior, un determinante paralelo del uso de tecnología. Para cumplir con los requisitos técnicos, de registro contable, de comunicación con el exterior, de cumplimiento con las legislaciones nacionales y del lugar al que se exporta, de control de inventarios, etc., que implica el tener ventas en un lugar fuera del territorio nacional, el papel de la tecnología, en particular de las TIC es fundamental.

Si bien existe un conjunto de diferencias entre los dos métodos de estimación, atribuibles a distintos factores, entre los que destacan las diferencias entre las unidades de observación, las relaciones funcionales a partir de las cuales se

estiman los resultados, el número de observaciones utilizadas y la propia capacidad de estimación de cada una de las técnicas, los resultados, cuando son sometidos al análisis, no son divergentes en más de un sentido, sino que ofrecen conclusiones que se complementan. Más allá de las diferencias, atribuibles a los factores especificados, existe un conjunto incluso mayor de convergencias en los resultados y que se especifican a continuación:

Las exportaciones, para el caso de las empresas de los tamaños 1 y 2 (de 10 a 50 y de 51 a 250 empleados, respectivamente) son una variable escasamente presente en ese grupo de empresas; para el caso de las empresas del primer tamaño, aquellas representan tan solo el 3.4% de los ingresos totales, mientras que del segundo representan menos del 7%. No es, sino hasta el conjunto de empresas mayores a 250 empleados, cuando las exportaciones (medidas como porcentaje de los ingresos) comienzan a adquirir relevancia, tanto en el número de empresas, como en el porcentaje de empleo vinculado a aquellas; para el segmento de organizaciones mayores a 250 empleados, los ingresos asociados a las exportaciones, representan el 20%. Debido a que, crece de manera importante, tanto en número de empresas, como el volumen de exportaciones de este segmento, los procesos tienden a hacerse más complejos y las capacidades requeridas para su implementación son mayores, como queda demostrado con los datos del apéndice 1.

Debido a lo anterior, a nivel individual, la presencia de la variable de ventas fuera de los mercados nacionales, es un determinante relevante de la productividad. No obstante, a medida que la productividad tiende a ser mayor, el número de variables involucradas en su determinación tiende también a crecer, como lo demuestra el hecho de que, el modelo de RNA tiende a subestimar las productividades superiores a 25,000,000 de pesos anuales.

Sin embargo, más allá de las diferencias puntuales en los resultados obtenidos con ambas técnicas, la relevancia de las capacidades (tanto organizacionales como de los trabajadores) en conjunción con la disponibilidad y uso de la tecnología, se hace patente; en el caso del análisis de conglomerados, a nivel de subsector se muestra que si bien, existen escenarios de tecnología sin

capacidades, o capacidades si tecnología, en ninguno de los dos la productividad es más alta que cuando ambos factores se conjugan.

En los modelos econométricos establecidos, las capacidades y el uso de TIC representan el 2do y 1er factor (alternativamente en función del tamaño de empresa) en términos del valor de los coeficientes estimados para determinar la productividad laboral.

En el caso de la metodología de redes neuronales, cuando la variable de exportaciones es incluida, las capacidades representan el segundo lugar en el análisis de la importancia de la variable; cuando las exportaciones se excluyen, las capacidades ocupan el primer lugar<sup>42</sup>, mientras que la disponibilidad y uso de TIC ocupa el segundo.

En otros términos, para el caso de tres metodologías utilizadas (clúster, econometría y RNA) para explicar la productividad, los resultados, en términos de la importancia de la asociación entre TIC, capacidades, se hacen patentes en virtud de que, a pesar de ocupar distintas posiciones en función de la metodología, siempre aparecen en posiciones cercanas y de importancia de primer orden.

Cuando se realiza la comparación entre el modelo de RNA con exportaciones y los resultados econométricos obtenidos, los resultados sugieren que, en presencia de empresas exportadoras (caso de las organizaciones de más de 250 empleados), las capacidades y el uso de tecnología, van de la mano con aquellas, tanto para el modelo de RNA como con el econométrico. En cualquier caso, las metodologías no se contraponen, se complementan, ya que permiten analizar, con diferentes niveles de agregación, los factores que determinan la productividad. Sin importar la metodología, cuando la disponibilidad y uso de TIC, son separados de las capacidades, la productividad laboral no se entiende, aunque hay grupos de actividades para los cuales, los determinantes de aquella parecen ser más complejos.

---

<sup>42</sup> Si bien, en este escenario, la capacidad de predicción baja significativamente.

## 3.8 Discusión de los resultados

La literatura analizada al inicio de esta tesis, en torno al papel que las TIC juegan en el crecimiento en general, y sobre la productividad en particular, diverge en más de un sentido, de los resultados presentados en el presente estudio. Por un lado, una cantidad importante de estudios (Brynjolfsson, 1993; Brynjolfsson, 1996; Lichtenberg, 1995; Jorgenson et al., 2000; Nordhaus, 2001; Gordon 2000; Corrado, et., 2006; Bayo-Moriones et al., 2007; Carrera Portugal 2010; World Bank, 2011, 2012; ITU, 2013; UNCTAD, 2003; WEF, 2013; Tödtling, et al., 2012; Peppard et al., 2016) desarrollan la idea de que las herramientas TIC, poseen una característica inherente que vincula su uso con una mayor productividad; como esa característica es inherente, su adopción masiva se hace deseable, tanto más, en la medida en la que representa un camino para reducir las brechas de productividad entre países.

Desde la perspectiva del presente estudio, esa característica es más bien potencial, y depende del tipo de uso que se les dé, y de las capacidades de los usuarios para aprovechar su potencial. Esta hipótesis es explorada para el caso de la economía mexicana en tres niveles de estudio; tamaño de organización, actividad económica y a nivel de empresa.

Los resultados muestran que si bien, existen distintos niveles de adopción de TIC en cada uno de los niveles estudiados, existen actividades económicas con el mismo tamaño, y niveles de adopción de TIC similares, pero que tienen comportamientos en términos de productividad diametralmente opuestos. De manera contraria a las conclusiones de los estudios citados párrafos arriba, distintos niveles de adopción TIC no son capaces de explicar las variaciones en la productividad. Cuando variables que permiten diferenciar las condiciones iniciales de las empresas (como antigüedad, vinculación con el exterior, complejidad de los usos de TIC, escolaridad, etc.), son introducidas en el estudio, la comprensión de cómo influye la tecnología, mejora significativamente.

Una parte importante de las características atribuidas a las TIC, se relacionan más con aspectos cuantitativos (como la profundización del capital por

trabajador), que con aspectos cualitativos, como su capacidad transformar procesos de negocio (mediante la generación y análisis de la información, por mencionar solo un ejemplo). Autores como (Bresnahan, 1997; Gurbaxani et al., 1991; Malone, et al., 1989; Hollenstein, 2004; Capel and Bosch, 2004; Inklaar, et al, 2005), encuentran un vínculo directo y casi automático, entre las empresas que usan TIC, y los cambios y reestructuraciones en los procesos productivos; sin embargo, no logran explicar porqué algunas organizaciones son más exitosas en la implementación de cambios de esos procesos, incluso con menores niveles menores de adopción de TIC. Por el contrario, la presente tesis permite entender aquellos elementos que facilitan que una empresa, o conjunto de ellas, adopten con diferentes niveles de éxito, las TIC, partiendo de la base de que si bien aquellas constituyen una condición necesaria de la transformación de los procesos productivos, por sí solas resultan insuficientes.

Por su parte, Dewan et al., (2000) y Pohjola (2001), encuentran diferencias en el impacto sobre la productividad, que las TIC han tenido en los países desarrollados y los países en desarrollo, pero las atribuyen a diferencias en los costos de la mano de obra; en los países en vías de desarrollo, los costos laborales tienden a ser bajos, mientras que los costos de acceso a capital son altos, lo que hace relativamente más costoso la sustitución de capital por trabajo. Lo contrario ocurre en el caso de los países desarrollados, lo que ha permitido una mayor y más rápida difusión en el uso de TIC en los últimos.

Esta es una idea que, sin embargo, no se sostiene a la luz de lo ocurrido en años recientes, en donde la cobertura de bienes y servicios TIC, en países desarrollados y en desarrollo, ha tendido a igualarse, pero las diferencias en la productividad se han mantenido.

Los resultados del presente estudio de tesis muestran, si bien con un nivel de agregación distinto (tamaño de organización, tipo de actividad económica y a nivel de empresa), al analizado por Dewan et al., (2000) y Pohjola (2001), que no es el grado de difusión (permitido por los costos relativos de sustitución de capital por trabajo), sino la combinación de capacidades de la mano de obra y tecnología, la que posibilita la existencia de condiciones de alta productividad.

La ausencia del binomio capacidades - uso de TIC, si bien permite, bajo circunstancias diferenciadas, obtener distintos niveles de productividad, en ninguno de los casos resulta más alta que cuando la conjunción existe.

El papel de organismos económicos, financieros y de cooperación internacional, en la promoción del uso de TIC en los últimos 10 años, ha sido de la mayor relevancia, tanto desde el punto de vista teórico, al apoyar la visión de que un uso mayor de TIC tiene incidencia sobre la competitividad y el crecimiento económico, como desde la perspectiva práctica, mediante la orientación de políticas públicas orientadas a la difusión de su uso. De manera muy particular, resalta el papel de Foro Económico Mundial, con la publicación anual del Reporte mundial sobre tecnología (2008; 2010; 2011; 2012; 2013; 2015); en él, si bien se hace mención del término de capacidades de gobiernos, empresas e individuos, no se establece una relación entre éstas y la manera en la que las TIC son utilizadas, ni tampoco en la forma en la que ambas interactúan; más bien, el vínculo del uso de TIC y competitividad “fundamento de la productividad” (WEF, 2013, p. 39), aparece a pesar de las capacidades.

Si bien, se reconoce la existencia de diferencias en la competitividad entre los países, estas no son atribuidas a las diferencias en las capacidades, sino más bien a factores relacionados con la rigidez de las economías, y la solución recomendada por parte del Foro Económico Mundial, coincide con las recomendaciones del Banco Mundial y Fondo Monetario Internacional desde hace 30 años; “en los países en los que las nuevas tecnologías no han impulsado una transformación significativa de la estructura de producción, hace la creación de las condiciones generales para un crecimiento elevado y sostenido: apertura al comercio y a los flujos de capital, un marco institucional y legal adecuado, flexibilidad en la estructura productiva y mercados eficientes” WEF (2013), pp., 138.

Si bien, la presente tesis doctoral analiza el caso de una sola economía, los resultados indican que las capacidades en general y las remuneraciones por nivel de escolaridad son una pieza fundamental para entender el vínculo entre disponibilidad de tecnología y productividad.

BID, CEPAL, OEA., (2011), afirman que, a nivel de las empresas, se requiere de un proceso de maduración en el uso de TICs, que pasa de la simple utilización con impactos productivos no significativos, hasta el uso y aprovechamiento que transforma sus procesos productivos, de negocio y de toma de decisiones. Desde esta perspectiva, la incorporación de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la dinámica de las empresas se realiza de manera secuencial y mediante un proceso, relacionado íntimamente con el tamaño y madurez de las empresas. En esta dirección, se puede argumentar que los resultados obtenidos, en términos de la antigüedad de las empresas y variables que permiten aproximar la madurez (índices de usos), aportan evidencia que contribuye a fortalecer esa hipótesis para el caso de México.

En la misma línea, se resalta que una de las contribuciones del presente estudio de tesis, es que si bien, los estudios que analizan el papel de las TIC a nivel de América Latina, son escasos, para el caso de México el problema es aún mayor. Practicamente no existen estudios que analicen el papel que las TIC han tenido en el desempeño económico en México.

Por otra parte, a diferencia de los estudios analizados en el capítulo segundo (Baelo 2013; Cobo Romaní, 2009; Telefónica Movistar, 2009; OCDE, 2002), la construcción del concepto de TIC elaborada en el presente estudio de tesis, permite captar, por un lado, la complejidad del conjunto de herramientas tecnológicas que lo integran, pero, además, establecer en sí misma, que una parte importante de su integración a los procesos de negocio, depende de un conjunto de capacidades de las organizaciones para su correcta implementación. Esta construcción conceptual abarca no solo la característica disponibilidad de infraestructura tecnológica, presente en la mayoría de los estudios analizados, sino también, permite visualizar el conjunto de habilidades y capacidades, capturadas en el **índice de usos**, en función del grado de madurez requerido por parte de las empresas para implementar cada uno de esos usos, permitiendo captar de mejor manera la complejidad de las tecnologías contenidas en los conceptos.

El hecho de realizar el análisis del presente estudio con 3 niveles de agregación distinto (subsector, subsector/tamaño y empresa), permite contrastar las diferencias que existen, no solo en las condiciones de acceso a la tecnología de las unidades de estudio, diferentes en cada caso, sino también, las condiciones que rodean a esa adopción tecnológica. Ello permite obtener evidencia, relacionada con el hecho de que la determinación de la productividad es un fenómeno complejo, cuyos factores determinantes cambian con las capacidades de las organizaciones, el tipo de actividad, el tamaño de empresa y un conjunto de factores no contemplados en la mayor parte de los estudios analizados en el capítulo 1.

Lo anterior evidencia que, para el caso de la economía mexicana, si bien las TIC cumplen con una función innegablemente importante en los procesos productivos y en la explicación de la productividad, por sí solas no son capaces de explicar las variaciones en aquella; para ello, se requiere de un conjunto de factores adicionales, dentro de los cuales, las capacidades de las empresas y los recursos humanos que las utilizan, juegan un papel fundamental.

La tesis realizada, aporta evidencia en relación a que no solo es tecnología, también son factores como la educación y la madurez organizacional, los que permiten dinamizar los procesos de producción y establecer los cimientos de la alta productividad. Lo anterior, apenas insinúa una dirección de política pública relacionada, y esa dirección debe apuntar a que, al lado de una política de fomento del uso de TIC, se debe desarrollar una política que busque incrementar las capacidades de los recursos humanos, tanto en términos educativos, como de capacidades específicas en el aprovechamiento de TIC.

En la medida en la que ello se logre, una cantidad mayor de empresas será capaz de aprovechar los beneficios que las nuevas tecnologías de información y comunicación brindan a los procesos organizativos, de producción, venta, distribución y de negocio, tan ampliamente difundidos.

Los resultados obtenidos apuntan a señalar la importancia de las capacidades como factor determinante del aprovechamiento tecnológico, lo que, desde el punto de vista de los estudios revisados, representa un faltante en la discusión

teórica; sin embargo, estos resultados no son ajenos a interpretaciones teóricas vigentes, como por ejemplo, la teoría de crecimiento endógeno, que apunta como factor de complementariedad de las inversiones en capital físico (dentro del cual, las TIC han jugado un papel creciente), a las inversiones en capital humano, lo que desde el punto de vista del análisis aquí realizado, encuentra su variable proxy en el concepto de capacidades, tanto de la fuerza de trabajo como de las organizaciones.

Los resultados diferenciados del análisis econométrico que fueron obtenidos indican que, a medida que las organizaciones son más grandes, sus procesos tienden a hacerse más complejos, por lo que la importancia de las capacidades, aumenta; ello se corrobora con el cálculo del índice de usos para diferentes tecnologías (internet, software y nube), que indica que los usos tecnológicos se hacen más complejos a medida que las empresas son más grandes. Este resultado puede ser interpretado desde el punto de vista de la teoría evolutiva de las empresas; las organizaciones no nacen siendo grandes, sino que van creciendo a medida que sus capacidades de adaptación al entorno competitivo son mayores. El signo y representatividad estadística de la variable antigüedad de la empresa, es una manera de corroborar lo anterior. Con independencia del tamaño de empresa, la variable antigüedad siempre es significativa y muestra signo esperado, que indica que entre mayor es la antigüedad de una organización, mayor es su productividad, resultado de esa mayor adaptación.

Una manera distinta de reflejar esa mayor adaptación, además de la antigüedad, es a través de la productividad; existe una estrecha relación entre tamaño de empresa y productividad y esa relación indica el grado de éxito en la adaptación competitiva al entorno, de acuerdo con la teoría evolutiva. Lo anterior, a la luz de dicha teoría, sugiere una estrecha relación entre antigüedad, tamaño y productividad, que es validada con los resultados obtenidos a nivel econométrico para los distintos tamaños.

En el caso del análisis de clúster, la configuración de distintas combinaciones de factores (capacidades, disponibilidad y uso de TIC, Innovación y nuevas tecnologías) se asocian con distintos niveles de productividad; pero, con

independencia del tamaño de organización, cuando la combinación tecnología-capacidades está presente, la productividad es más alta que en cualquier otro tipo de combinación. Para el caso de la econometría, se observa que a medida que las empresas son más productivas, la importancia de las capacidades es mayor y cuando el análisis adquiere dimensiones microeconómicas (RNA), las capacidades ocupan el segundo lugar como factor determinante de la productividad; cuando las exportaciones son excluidas, las capacidades ocupan el lugar más importante.

Los tres resultados apuntan a resaltar la importancia de las capacidades como factor de acompañamiento de la tecnología, y con ello, a la teoría de crecimiento endógeno como teoría capaz de explicar la importancia que las TIC han jugado en el crecimiento (o falta del mismo) de la productividad.

## **Limitantes del estudio**

La investigación desarrollada permite entender los factores que, ligados a la disponibilidad de tecnología, determinan su impacto en la productividad. La hipótesis desarrollada en el presente estudio, es que las capacidades, tanto de las organizaciones, como de la fuerza de trabajo, son importantes al momento de determinar el impacto de la tecnología en los negocios, y este hecho ha sido soslayado por una parte importante (al menos la de mayor difusión) de la teoría económica que la estudia. Por las razones expuestas, la hipótesis sometida a contraste puede considerarse dentro de ciertos límites, validada mediante el uso técnicas de naturaleza diversa y con distintos niveles de agregación. Sin embargo, la investigación desarrollada aquí presenta una serie de limitantes, que es necesario hacer explícitas para que las conclusiones derivadas del estudio consideren las aristas, excepciones y restricciones inherentes a la investigación y los métodos usados. Dentro de este conjunto de limitantes, las más importantes son:

### **1. Periodo de recabo de información**

La encuesta ENTIC de INEGI, representa la fuente principal de información utilizada como insumo en este estudio. En sí misma, representa

información valiosa de la disponibilidad y uso de tecnología en las organizaciones; sin embargo, solo se dispone de un año<sup>43</sup> (2013, con fecha de levantamiento 2012), y tanto la difusión como la adopción y uso de tecnología en las empresas ha cambiado de manera importante desde ese momento. Incluso, se ha dado un fenómeno de masificación de tecnologías que, si bien no son nuevas, no estaban en el radar de la encuesta en el año de su levantamiento, por lo que, podría ser cuando menos probable, que el uso de la tecnología y el desarrollo de capacidades vinculadas, haya cambiado en alguna proporción al interior de las empresas. El hecho de no contar con información más reciente, representa una limitante importante que, sin embargo, no es posible subsanar.

## **2. Tipo de organizaciones entrevistadas**

Relacionado con lo anterior, el propio marco muestral diseñado para el levantamiento de la encuesta ENTIC, excluye de entrada a las organizaciones de menor tamaño, muchas de ellas, las más rezagadas en términos de capacidades, adopción de TIC y productividad. En la encuesta solo se considera a empresas de más de 10 empleados, cuya situación en términos de las variables analizadas es, en más de un sentido, mucho menos rezagada que para la gran mayoría de empresas de menos de 10 empleados. Dentro de las conclusiones ofrecidas, debe considerarse que las organizaciones de mayor rezago en términos de capacidades, productividad y uso de tecnología, no están consideradas en el análisis, sino solo un segmento, importante en términos de aportación al producto y al empleo, pero menor en relación al número de empresas existentes. Ello da como resultado, que la fotografía mostrada establezca un escenario mejor que el existente si se considera a la totalidad de empresas.

---

<sup>43</sup> En realidad, la primera versión de la encuesta fue levantada en 2009 bajo la administración y supervisión de CONACYT; sin embargo, aquella versión indaga cosas distintas, con tipos de preguntas que no son las mismas, así como presenta un marco muestral diferente, por lo que la comparación de la información puede presentar importantes problemas.

### 3. **La dimensión temporal.**

Ligado con lo anterior, el hecho de contar con un solo año de información para el estudio no permite analizar la evolución de las variables utilizadas y, por lo tanto, el papel que la dimensión temporal juega sobre el fenómeno analizado. Sin embargo, como quedó establecido en el capítulo 2, del conjunto de fuentes de información disponibles, ninguna analiza el tema de la disponibilidad y uso de las TIC con la profundidad que lo hace la encuesta ENTIC.

### 4. **Cálculo de la productividad.**

La manera en la que fue calculada la productividad laboral en este estudio (ingresos/empleados), si bien, permite arrojar cierta evidencia entorno a patrones generales de desempeño de las empresas, tiene limitaciones importantes que es necesario entender. La primera de ellas es que, cuando se consideran los ingresos totales, cierto tipo de actividades económicas, principalmente aquellas vinculadas a la comercialización de bienes (subsectores 469, 431, 432, 434, 435, 436, 462, 463, 466) tiende a mostrar productividades excesivamente altas, que no reflejan la generación de valor de ese conjunto de actividades. Por mencionar solo un ejemplo, los almacenes de venta de aparatos electrónicos (computadoras, teléfonos, etc), correspondientes al subsector 466 tienen ingresos altos y pocos empleados, producto de la venta al consumidor final de los valores monetarios de ese conjunto de bienes; sin embargo, su participación en el proceso de producción/venta, se limita a un pequeño porcentaje del valor total de esa cadena. Lo anterior da como resultado, ingresos totales del sector muy por arriba del valor agregado generado por el mismo, y por lo tanto, productividades laborales que no reflejan el valor generado en esos sectores.

Por el contrario, existen grupos de actividades en las que los ingresos totales se corresponden de manera estrecha con la generación de valor agregado, como es el caso de servicios profesionales, científicos y técnicos (subsector 541).

Por lo anterior, queda claro que una mejor medida de la productividad sería el valor agregado por empleado; sin embargo, no es una variable que se encuentre disponible en la encuesta ENTIC, y dados los niveles de agregación utilizados en el estudio, no fue posible traerlos de alguna otra fuente de información. Dada la naturaleza de esas actividades y de los datos utilizados, existe un conjunto de actividades para las cuales, la fortaleza de las conclusiones puede resultar menor, por lo que habría que considerarlas con mayor cautela.

#### 5. **Generalidad vs Especificidad.**

El estudio de tesis somete a contraste la hipótesis de la importancia de las capacidades como factor determinante del aprovechamiento tecnológico; si bien, a nivel general la hipótesis se comprueba de manera razonable, hay conjuntos de actividades para los cuáles, la fortaleza del vínculo TIC-Capacidades-Productividad es menos sólida que en otros, e incluso, algunas actividades para las cuales, los determinantes de la productividad parecieran ser radicalmente distintos que en otros. En el análisis realizado a nivel de empresa, organizaciones del mismo tamaño, dedicadas a la misma actividad, con niveles de disponibilidad tecnológica y capacidades laborales similares, muestran tener productividades muy distintas; es ahí en donde la importancia de la inclusión de otras variables (como inversión o exportaciones) se justifica. En aquellos casos, se ha encontrado evidencia (no explorada con la suficiente profundidad en este estudio, dados los alcances del mismo) de la importancia del vínculo con el sector externo como determinante de la productividad.

Lo anterior, da cuenta de la amplia variedad de factores que influyen en la determinación de la productividad de una empresa, y obliga a denotar que el carácter general de la investigación si bien, permite establecer lineamientos generales y trayectorias gruesas que señalan a los determinantes de la productividad, el carácter específico de las actividades determina variaciones importantes en el impacto de cada uno de los factores generales, por lo que, aquellas actividades que denoten comportamientos diametralmente distintos, merecen una profundización

particular que escapa de los fines que persigue el presente estudio de tesis, pero que, una vez señalados, pueden establecerse como objetos de estudio para investigaciones futuras.

## **Futuras agendas de investigación.**

Sin duda alguna, la disponibilidad de fuentes de información nacionales que permitan concentrar y analizar información relevante para evaluar el impacto de las TIC en la productividad, aún está en ciernes. El esfuerzo realizado por INEGI, para desarrollar la encuesta ENTIC resulta importante, dada la limitante de recursos para generar información, pero es en más de un sentido, insuficiente. Podría resultar útil, aprovechar los esfuerzos realizados por los organismos públicos para generar información sobre el particular, con aquellos realizados por empresas privadas, la mayoría de ellas consultoras especializadas en TIC, que frecuentemente realizan estudios para evaluar ese impacto (IDC, Gartner, Select). En la medida en la que se disponga de una mayor cantidad de información, la calidad de las investigaciones, y el número de técnicas disponibles para realizarlas, puede crecer de manera importante.

Por lo pronto, se puede esperar a que la versión 2017 de la encuesta ENTIC sea publicada, para comparar el crecimiento de la adopción de TIC en las organizaciones, analizar si los usos y la integración a sus procesos productivos y las capacidades han cambiado, y medir los efectos de esos cambios mediante técnicas dentro de las cuáles, un panel cointegrado (comparando los efectos fijos vs los efectos aleatorios) puede resultar útil para entender la dinámica de cambio tecnológico en México y contrastar, con una metodología, algunos de los resultados obtenidos en el presente estudio.

Para evaluar la importancia de las capacidades en el impacto de la tecnología en la productividad, el uso de técnicas cointegradas de panel con información disponible a nivel nacional, puede complementarse con datos de países distintos a México. En principio, una disponibilidad de infraestructura TIC similar entre los

países, con capacidades y productividad diferenciadas, puede constituir evidencia de que el determinante del aprovechamiento tecnológico y su impacto en la productividad son las capacidades (organizacionales y de la fuerza de trabajo). En esa dirección, el contraste de los resultados obtenidos para México con algún otro país o conjunto de ellos, puede representar una veta de investigación inmediata para aportar evidencia más sólida de la hipótesis aquí planteada.

Para aquellos casos (subsectores o tamaños) en los que se encontró que la evidencia es menos sólida, se pueden realizar exploraciones particulares para analizar cuáles son los factores que ahí, determinan la productividad, utilizando variables que distorsionen menos el cálculo de la productividad como, por ejemplo, el valor agregado por empleado o el margen de valor agregado (valor agregado/ingresos totales). En principio, ello posibilita dar un seguimiento más puntual a aquellas actividades relevantes en términos de generación de valor.

De manera adicional, el uso de técnicas hasta ahora poco utilizadas en estudios económicos, pueden ser aprovechadas en la evaluación de cómo cada tecnología en lo individual y su interacción con las capacidades, son determinantes del impacto en la productividad, como es el caso de *Big Data*, que permite analizar conjuntos de datos que, por su volumen, complejidad y variabilidad, no es posible analizar con técnicas estadísticas y/o econométricas convencionales.

## Conclusiones

El presente estudio representa una contribución teórica y empírica en términos de medición, que busca abonar a la discusión del impacto de las tecnologías de la información y comunicación en el desempeño de las organizaciones en México. Por un lado, busca minar la difundida visión de la teoría económica y de los organismos internacionales de vinculación y cooperación económica y política, en el sentido de que por sí sola la disponibilidad de infraestructura TIC (computadoras, internet, software, nube, móvil, etc.) es capaz de generar

cambios en la eficiencia productiva de las empresas. En este sentido, el caso de México resulta paradigmático, en virtud de que, como muestran los datos de la ENTIC, a pesar la difundida adopción de TIC por parte de las empresas, la eficiencia productiva, medida por la productividad laboral, pareciera ir en dirección opuesta al crecimiento de la infraestructura TIC.

Por otra parte, busca contribuir con la determinación de factores que ayudan a explicar ese patrón de comportamiento. La hipótesis, aceptablemente corroborada a nivel general con los datos y técnicas utilizadas, es que al lado de la infraestructura TIC, existen un conjunto de capacidades de las organizaciones, determinadas entre otros aspectos por la escolaridad, la capacitación de la mano de obra y de las organizaciones para integrar a la tecnología a los procesos productivos y de negocio que, en conjunción con aquella, determina el nivel de uso y aprovechamiento de la tecnología.

Si bien, en términos generales la relación TIC – Capacidades – Productividad es una guía general de la forma en la que ocurre el impacto de las TIC, en última instancia, los factores específicos que determinan el impacto de las variables sobre la productividad, varían con el tipo de actividad y el tamaño de empresa. Para el caso de algunos conjuntos de actividades, la robustez de la hipótesis general parece ser mucho menos sólida, lo que indica que, puede haber otros determinantes del impacto de las TIC no contemplados en este estudio. No obstante, una conclusión, válida en cualquier caso, es que el uso de TIC representa una condición necesaria, pero no suficiente, del cambio en la eficiencia productiva de las organizaciones.

Esta hipótesis es sometida a la validación empírica con datos de la ENTIC de INEGI en tres distintos niveles de agregación; micro, industrial y macroeconómico, mediante las técnicas de análisis factorial, análisis de conglomerados, análisis econométrico y análisis de redes neuronales artificiales. Si bien, los resultados obtenidos en el presente estudio pudieran ser complementados en función de los temas establecidos en la agenda de futuras

investigaciones, tanto con más estudios y con técnicas distintas y complementarias (como, por ejemplo, analizando de manera específica conjuntos de actividades para los cuáles la validación de la hipótesis es más débil) los anteriores resultados parecen, al menos insinuar, la necesidad de replantear el discurso sobre los beneficios de la utilización de TIC, tanto en el ámbito de la teoría económica, como a nivel de políticas públicas, que deben no solo fomentar una mayor utilización de TIC, sino acompañarla de inversiones en educación y capacitación. Cuando ello no ocurre, la infraestructura TIC tiende a tener un impacto limitado sobre la eficiencia productiva.

Si bien, la validación general de la hipótesis permite establecer la necesidad de replantear la manera en la que el impacto de las TIC es estudiado, uno de los resultados, tal vez más ricos de este estudio, es que se encuentra evidencia relacionada con que los factores determinantes de la productividad tienden a impactar con mayor o menor fuerza en función de los tipos de actividad económica y tamaño de empresa que los realiza. Si esto es así, necesariamente la política pública vinculada debe ser también diferenciada.

Existen conjuntos de actividades que, dada su naturaleza, tienen una productividad aparentemente alta, derivada de una automatización avanzada de procesos, que permite que un cantidad importante del empleo que utilizan, no requiera de capacidades amplias para la realización de los procesos de producción; en estos casos particulares, las capacidades de la fuerza de trabajo (sin dejar de ser importantes) son menos relevantes para explicar esa productividad (tal es el caso de algunas actividades de comercio e industriales, como la de los subsectores 469, 431, 432, 434, 435, 436, 462, 463, 466) en donde los ingresos son altos, pero la generación de valor agregado es poca.

Es esos casos, las capacidades requeridas en términos de capital humano, se encuentran determinadas por la posición en la cadena de valor que ocupan. Ahí, una estrategia de política industrial que fortalezca los encadenamientos productivos e incremente la generación de valor agregado (particularmente de

actividades industriales, que generan mayores encadenamientos productivos hacia adelante y hacia atrás) pareciera ser lo adecuado.

Lo anterior, muestra la importancia de la posición en la cadena de valor que ocupan las empresas (y las actividades a las que se dedican), para entender los determinantes de la productividad; si bien, en términos generales, la hipótesis general presentada en este estudio de tesis es válida, una manera de puntualizar, explicar y entender las diferencias encontradas entre los sectores, en términos de la importancia de los factores analizados, es analizando la posición en la cadena de valor. Aquellas actividades en las que se requiere de menores capacidades de los recursos humanos, tienden a coincidir con posiciones en la cadena de valor ligadas a la comercialización, o bien, algunas actividades industriales cuyos procesos se encuentran ampliamente automatizados (y por lo tanto, tienen un alto uso de TIC).

En ese conjunto de actividades, si bien, las capacidades no dejan de ser importantes, ocupan un lugar mucho menos relevante para entender el vínculo TIC-productividad. Una posible veta de investigación derivada de los hallazgos de este estudio, pudiera constituirse en utilizar a la posición de la cadena de valor, como un determinante adicional de las variables analizadas.

En algunos otros casos, el vínculo con el sector externo, más allá del uso de TIC y las capacidades, es el factor más importante para determinar la eficiencia productiva; en estos casos, se requiere de una política pública específica que promueva ese vínculo, más que una de diseminación del uso de TIC.

En cualquier caso, más allá de los efectos directos sobre el vínculo entre disponibilidad y uso de TIC – Capacidades – Productividad, no hay desperdicio en la inversión en las capacidades de la fuerza de trabajo de un país; por el contrario, representa una condición necesaria del crecimiento de largo plazo. Estos resultados traen de vuelta a la teoría de crecimiento endógeno, en el sentido al menos de reconsiderar la importancia de la inversión en capital

humano como fuente creadora de riqueza y crecimiento. En la medida en la que inversiones de este tipo de encuentren ausentes, tanto del discurso como de la práctica de política económica en México, los resultados de las inversiones en TIC, tan potencialmente generadores de crecimiento, continuarán siendo lo que hasta ahora han sido... un discurso muy lejano de cambiar la realidad de la economía mexicana.

## Referencias bibliográficas

- América Móvil. (2014). *REPORTE FINANCIERO Y OPERATIVO DEL CUARTO TRIMESTRE DE 2013*. México DF.: América Móvil, S.A.B. de C.V.
- Aravena, C., Cavada, C., & Mulder, N. (2012). Contribución al crecimiento económico de las tecnologías de la información y las comunicaciones y de la productividad en la Argentina, el Brasil, Chile y México. *Estudios estadísticos y prospectivos, CEPAL*.
- Argandoña, A. (2001). Dimensiones económicas de la Nueva Economía. *La Revolución digital: Nueva economía e integración social*. Madrid: Cátedra Economía y Ética del IESE.
- Argandoña, A. (2001). La nueva economía y el crecimiento económico. *Economía y ética, IESE, Universidad de Navarra*, 1-17.
- Avgerou, C. (2003). *The link between ICT and economic growth in the discourse of development*. London: London School of Economics.
- Avgerou, C. (2010). Discourses on ICT and Development. USC Annenberg School for Communication & Journalism, 1-18.
- Axtel. (2014). *Resultados auditados del trimestre terminado el 31 de diciembre de 2013*. San Pedro Garza García, México: Axtel, S.A.B. de C.V. Obtenido de <http://www.axtel.mx/sites/default/files/q4-2013-espanol.pdf>
- Baelo Álvarez, R. (Noviembre de 2009). Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación superior. *Revista Iberoamericana de Educación*(50/7), 1-12.
- Balboni, M., Rovira, S., & Vergara, S. (2011). ICT in Latin America: a microdata analysis. United Nations, June 2011
- Basu, S., & Fernald, J. (2006). Information and Communications technology as a general purpose technology: evidence from US industry data. *Working paper, Federal Reserve Bank of San Francisco*.
- Bates, D., (2001). The Continuing Evolution of ICT Capacity: The Implications. The changing faces of virtual education, *The Commonwealth of Learning Vancouver, Canada*, 29.
- Baumol, W., Panzar, J., & Willing, R. (1982). *Contestable Market and the Theory of Industry Structure*. EUA: Harcourt.

- Bayo-Moriones, A. & Lera-López, F., (2007). A firm-level analysis of determinants of ICT adoption in Spain. *Technovation*, 27(6): 352-366.
- Bechara, J. E. A., Cruz, J. C. T., & Ceballos, H. V. (2009). Predicciones de modelos econométricos y redes neuronales: el caso de la acción de SURAMINV. *Semestre Económico Universidad de Medellín*, 12(25), 95-109.
- Becker, G. (1994). Human capital revisited. In *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education (3rd Edition)* (pp. 15-28). *The University of Chicago Press*.
- Benhabib, J., & Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary economics*, 34(2), 143-173.
- BID, CEPAL, OEA. (2011). *Experiencias exitosas en innovación, inserción internacional e inclusión social. Una mirada desde las PyMES*. Santiago de Chile.: Banco Interamericano de Desarrollo, Comisión Económica para América Latina, Organización de Estados Americanos.
- Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford university press.
- Bresnahan, T. (1997). Computerization and wage dispersion: An analytical reinterpretation. *J. Royal Econ. Soc*, 109(56), 390-415.
- Bresnahan, T., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies, "Engines of growth"? *Journal of Econometrics*, 83-108.
- Brown, F., & Domínguez, L. (2004). Measuring technological capabilities in Mexican industry. *CEPAL Review*.
- Brown, F., Domínguez, L. y L. Mertens, (2007). "El papel del capital social en la productividad". *Revista Mexicana de Sociología*, junio-septiembre 2007.
- Brynjolfsson, E. (1993). The productivity paradox of information technology. *Commun. ACM*, 36(12), 66-77.
- Brynjolfsson, E. (1996). The contribution of information technology to consumer welfare. *Inform. Syst. Res.*, 7(3), 281-300.
- Brynjolfsson, E., & Hitt, L. (2000). Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance. *J. Econ. Perspect*, 14(4), 23-48.
- Bureau of Labor Statistics. (2000). Productivity and Costs. *Department of Labor. Third Quarter*.
- Capel, L. & Bosch, J., (2004). El districte industrial de Technologies de la Informació i la Comunicació (TIC) a Barcelona Comparació amb altres

- ciutats europees. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. 8, num. 170(9).
- Carrera Portugal, A. 2010. Las TIC como parámetro de competitividad urbana: un escenario para las economías emergentes. *Biblioteca Universitaria*, 13(2): 17.
- Carmel, E. (2003). The New Software Exporting Nations: Success Factors. *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries*, 13(4), 1-12.
- CEPAL. (2004). *El estado de las estadísticas sobre Sociedad de la Información en los Institutos Nacionales de Estadística de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Observatorio para la Sociedad de la Información.
- CEPAL. (2013). *Una iniciativa sectorial para la difusión de las TIC en las empresas: la experiencia del Uruguay*. Santiago de Chile: CEPAL, Documentos de Proyectos e Investigaciones.
- Ceruzzi, P. (1998). *A history of modern computing*. Cambridge: MIT Press.
- Cimoli, M., Dosi, G., & Stiglitz, J. (2009). *The Political Economy of Capabilities Accumulation: The Past and Future of Policies for Industrial Development*. New York: Oxford University Press.
- Cobo Romani, J. C. (2009). El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento. *ZER*, 14(27), 295-318.
- Cohen, S., & Bradford DeLong, J. (1999). *An E-conomy?* Obtenido de Berkeley Edu: [http://www.berkeley.edu/OpEd/virtual/technet/an\\_E-conomy.htm](http://www.berkeley.edu/OpEd/virtual/technet/an_E-conomy.htm)
- Colle, R., & Yonggong, L. (2002). ICT-capacity building for development and poverty alleviation. In Third Asian Conference for Information Technology in Agriculture, Beijing.
- Corrado , C., Lengermann, P., Bartelsman, E., & Beaulieu, J. (2006). Sectoral productivity in the United States: Recent developments and the role of IT. *German Economic Review.*, 1-27.
- Council of Economic Advisors. (2001). The annual report of the council of economic advisors. En T. E. President. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Crook, T., Todd, S., Combs, J., Woehr, D. & Ketchen Jr, D. (2011). Does human capital matter? A meta-analysis of the relationship between human capital and firm performance. *Journal of business venturing*, 26(3), 341-358.
- Cuadras, C. M. (2007). *Nuevos métodos de análisis multivariante*. CMC Editions.

- Currie, J., & Almond, D. (2011). Human capital development before age five. *Handbook of labor economics*, 4, 1315-1486.
- Daveri, F. (2000). Is growth an information technology story in Europe too? Working paper. Universita di Parma, Parma, Italy.
- Dedrick, J., Gurbaxani, V., & Kraemer, K. (2003). Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence. *ACM Computing Surveys*, 35(1), 1-28.
- Department of Justice and the Federal trade Commision. (2010). *Horizontal Merger Guidelines* . Whashington DC.: Deparment of Justice.
- Dewan, S., & Kraemer, K. (2000). Information technology and productivity: Preliminary evidence from country-level data. *Manage. Sci.*, 46(4), 548–562.
- Diario Oficial de la Federación. (1995). *Ley Federal de Telecomunicaciones Publicada en el Diario Oficial de la Federación de 7 de junio de 1995*. México.: Diario Oficial de la Federación.
- Dosi, G. (2008). *La interpretación evolucionista de las dinámicas económicas*. Consultado en: Las nuevas economías: de la economía evolucionista a la economía cognitiva: más allá de las fallas de la teoría neoclásica. Flacso. México.
- Fernandez Muñoz, R. (2009). *Marco conceptual de las nuevas tecnologías aplicadas a la educación*. España: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Fundación Telefónica. (2009). *Preguntas más frecuentes sobre la Sociedad de la Iinformación: ¿Qué son las TIC y qué beneficios aportan a la sociedad?* Madrid: Fundación Telefónica. Obtenido de [http://info.telefonica.es/sociedaddelainformacion/html/faq\_home.shtml
- Gordon, R. (2000). Does the “New Economy” Measure Up to the Great Inventions of the Past?(Digest Summary). *Journal of economic perspectives*, 14(4), 49-74.
- Greenan, N., & Topiol-Bensaid, A. (2001). Information technology and research and development impacts on productivity and skills: Looking for correlations on French firm level data. In *Information Technology, Productivity and Economic Growth: International Evidence and Implications for Economic Development*. Ed. Oxford University Press, UK, 119–148.
- Guerrero, L. (2009). *Las concesiones en materia de telecomunicaciones*. México DF.: Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM.
- Gurbaxani, V., & Whang, S. (1991). The impact of information systems on organizations and markets. *Commun. ACM*, 34(1), 59-73.

- Harvey, G., Jas, P., & Walshe, K. (2014). Analysing organisational context: case studies on the contribution of absorptive capacity theory to understanding inter-organisational variation in performance improvement. *BMJ Qual Saf, bmjqs*.
- Haykin, S. (1999). *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*, Prentice-hall.
- Hilbert, M., López, P., & Vásquez, C. (2010). Information societies or "ICT equipment societies?" Measuring the digital information-processing capacity of a society in bits and bytes. *The Information Society, 26(3)*, 157-178.
- Hollenstein, H., (2004). Determinants of the adoption of Information and Communication Technologies (ICT): An empirical analysis based on firm-level data for the Swiss business sector. *Structural change and economic dynamics, 15(3)*: 315-342.
- Hullmann, A. (2006). The economic development of nanotechnology-An indicators based analysis. EU report.
- Hunter, R. (2004). Is Globalization Reducing Poverty and Inequality? *World Development, 32(4)*, 567-589. Obtenido de [www.elsevier.com/locate/worlddev](http://www.elsevier.com/locate/worlddev)
- IFT. (2014). *Sistema de información estadística de mercados de telecomunicaciones*. México.: Instituto Federal de Telecomunicaciones.
- INEGI (2014a). Esperanza de vida de los negocios en México, Censos Económicos, México.
- INEGI (2014b). Censos Económicos, Resultados Definitivos, INEGI, México.
- INEGI. (2013). Productividad Total de los Factores 1990-2011. *Sistema de cuentas Nacionales de México* , 167p.
- INEI, (2002). Guía para la aplicación del análisis multivariado a las encuestas de hogares. Dirección de técnica de demografía y estudios sociales, INEI.
- Inkelaar, R., O'Mahony, M., & Timmer, M. (2005). ICT and Europe's Productivity Performance: Industry-Level Growth Account Comparisons with The United States. *Review of Income and Wealth, 51(4)*: 505-536.
- ITU. (2013). *The State of Broadband 2013: Universalizing Broadband*. Paris: The Broadband Commission, UNESCO.
- Jorgenson, D. (2001). Information technology and the U.S. economy (Presidential address to the American Economic Association). *American Econ. Rev, 91(1)*, 1-32.
- Jorgenson, D., & Stiroh, J. (2000). Raising the speed limit: US economic growth in the information age. *Brookings papers on economic activity*.

- Jorgenson, D., Ho, M., & Stiroh, K. (2006). Productivity growth in the new millennium and its industry origins. *Presentation to the 2006 Intermediate Input-output Meeting*.
- Katz, R. (2009). *El papel de las TICs en el desarrollo. Propuesta de América Latina a los retos económicos actuales*. Barcelona, España.: Editorial Ariel y Fundación Telefónica.
- Kozma, R. (2005). National policies that connect ICT-based education reform to economic and social development. *Human Technology: An interdisciplinary journal on humans in ICT environments*.
- Kraemer, K., & Dewan, S. (2000). Information technology and productivity: Preliminary evidence from country-level data. *Manage. Sci.*, 46(4), 548-562.
- Kraemer, K., & Dewan, S. (2003). Information technology and productivity: Preliminary evidence from country-level data. En J. Dedrick, V. Gurbaxani, & K. Kraemer, *Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence* (Vols. 35 - 1, pág. pp. 19). California: ACM Computing Surveys,.
- Lal, K. (2001). The determinants of the adoption of information technology: A case study of the Indian garments industry. In *Information Technology Productivity, and Economic Growth: International Evidence and Implications for Economic Development*. Ed. Oxford University Press, Cambridge, U.K., 149-174.
- Larrañaga, P., Inza, I., & Moujahid, A. (2003). Modelos Probabilísticos para la Inteligencia Artificial y la Minería de Datos: Selección de Variables. Curso de Doctorado.
- Lichtenberg, F. (1995). The output contributions of computer equipment and personnel: A firm level analysis. *Econ. Innov. New Techn*, 3(4), 201-217.
- MacKay, D. J. (2003). *Information theory, inference and learning algorithms*. Cambridge university press.
- Malone, T., Yates, W., & Benjamin, R. (1989). The logic of electronic markets. *Harvard Bus. Rev.*, 67(3), 166-172.
- Mariscal, J., & Rivera, E. (2007). Regulación y competencia en las telecomunicaciones mexicanas. *Serie Estudios y perspectivas, CEPAL*.
- Maxwell, K. (1999). *Residential Broadband*. New York: John Wiley and Sons.
- Megacable. (2014). *Informe anual 2013*. Guadalajara: Megacable. Obtenido de [http://inversionistas.megacable.com.mx/reportesES\\_pdf/Anual2013.pdf](http://inversionistas.megacable.com.mx/reportesES_pdf/Anual2013.pdf)

- Melville, N. (2001). Information technology investment impact and industry structure: Evidence from firms and industries. Ph. D. dissertation, University of California, Irvine, Irvine, CA.
- Moon, J. (2013). Reflection in learning and professional development: *Theory and practice*. Routledge.
- Ngwenyama, O., Bollou, F., Andoh-Baidoo, F., & Morawczynski, O. (2006). Is there a relationship between ICT, Health, Education and Development? An empirical analysis of five west African Countries from 1997-2003. *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries*, 1-11.
- NII HOLDINGS. (2014). *FOURTH QUARTER 2013 RESULTS*. Virginia US.: NII HOLDINGS.
- Nordhaus, W. (2001). *Technology, Economic Growth, and the New Economy*. Boston: NBER.
- Novales, A. (1993). *Econometría*. MacGraw-Hill.
- OCDE. (2000). *Measuring the ICT Sector*. Paris: OCDE.
- OCDE. (2002). *Reviewing the ICT sector definition: Issues for discussion*. Geneve: OCDE. Obtenido de <http://www.oecd.org/internet/ieconomy/20627293.pdf>
- OCDE. (2012). *Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México*. Ginebra: OECD Publishing.
- Oliner, S., & Sichel, D. (2000). The resurgence of growth in the late 1990s: Is the information technology the Story? *Journal of Economic Perspectives*.
- ONTSI. (2013). *Plan Avanza 2*. España: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España.
- Pack, H., & Saggi, K. (2006). The Case for Industrial Policy: A Critical Survey. *World Bank Policy Research Working Paper 3839, February*. Obtenido de <http://elibrary.worldbank.org/content/workingpaper/10.1596/1813-9450-3839>
- Paulré, B. (2000). Is the New Economy a Useful Concept? *Matisse UMT CNRS*, nº 8595.
- Peppard, J. y Ward, J. (2016)., *The Strategic Managment of nformation Systems:Building a Digital Strategy*. John Wiley and Sons.
- Pitarque, A., Roy, J. F., & Ruiz, J. C. (1998). Redes neuronales vs modelos estadísticos: Simulaciones sobre tareas de predicción y clasificación. *Psicológica*, 19, 387-400.

- Pohjola, M. (2001). Information technology and economic growth: A cross-country analysis. En M. Pohjola, *Information Technology and Economic Development* (págs. 242–256). Cambridge, U.K: Oxford University Press.
- Rampersad, G., Quester, P., & Troshani, I. (2010). Managing innovation networks: Exploratory evidence from ICT, biotechnology and nanotechnology networks. *Industrial Marketing Management*, 39(5), 793-805.
- Rivera, E. (2003). Teorías de la regulación en la perspectiva de las políticas públicas. *Gestión y Política Pública Vol XIII, número 2.*, 309-372.
- Rodrik, D. (2011). *Política industrial para el siglo XXI. Una economía, muchas recetas*. México: FCE.
- Romer, P. (1987). Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. *American Economic Review*, 77.
- Romer, P. (1990). Human capital and growth: theory and evidence. *Carnegie-Rochester conference series on public policy (Vol. 32, pp. 251-286)*. North-Holland.
- Rugman, A., Verbeke, A., & Nguyen, Q. (2011). Fifty years of international business theory and beyond. *Management International Review*, 51(6), 755-786.
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Antoni Bosch Editor.
- Schreyer, P. (1999). The contribution of information and communication technology to output growth. Statistical Working Paper No. 99:4. OECD, Paris, France.
- SCT. (1990). *Modificación al título de concesión de Teléfonos de México S.A. de C.V.* México DF.: Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Obtenido de [http://www.cofetel.gob.mx/work/models/Cofetel\\_2008/Resource/9698/1/images/telmex1990.pdf](http://www.cofetel.gob.mx/work/models/Cofetel_2008/Resource/9698/1/images/telmex1990.pdf)
- SCT. (1990). *Modificación al Título de Concesión de Teléfonos de México, S.A. de C.V.* México, DF.: Secretaría de Comunicaciones y transportes.
- SCT. (2010). *La licitación 21 (banda de 1.7GHz)*. México: SCT. Obtenido de <http://www.sct.gob.mx/uploads/media/FolletoL21.pdf>
- SCT. (2010a). *Folleto Licitación 21*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- SCT. (2012). *Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública 2006-2012*. México DF.: SCT.

- SCT. (2014). *Comunicado 015, Licitación comercial para la Red NIBA*. México, DF.: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Obtenido de <http://www.sct.gob.mx/uploads/media/COMUNICADO-015-2014.pdf>
- Secretaría de Economía. (2014). *Agenda sectorial para el desarrollo de las tecnologías de la información en México, 2014-2024*. México.
- Select. (2013). *Modelo de la oferta de servicios de voz 4T13*. México DF.: Select.
- Select. (2013). *Taxonomía del modelo de la oferta TIC*. México: Select.
- Silva, E., & Teixeira, A. (2011). Does structure influence growth? A panel data econometric assessment of "relatively less developed" countries, 1979–2003. *Industrial and Corporate Change*. Volume 20, Number 2, 457–510.
- Solow, R. (12 de Julio de 1987). We'd Better Watch Out. *New York Times Book Review*, July 12, Number 36.
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics* (39).
- Spiezia, V. (2011). *Are ICT Users More Innovative? An Analysis of ICT-Enabled Innovation An Analysis of ICT-Enabled Innovation*. OECD Journal Economic Studies. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1787/19952856>
- Tarutè, A., & Gatautis, R. (2014). ICT impact on SMEs performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 110, 1218-1225.
- Telefónica. (2014). *Resultados de Telefónica enero-diciembre 2013*. Madrid, España: Relaciones con Inversores, Telefónica, S.A. Obtenido de <http://www.telefonica.com/es/shareholders-investors/pdf/rdos13t4-esp.pdf>
- Televisa. (2014). *RESULTADOS DEL CUARTO TRIMESTRE Y AÑO COMPLETO 2013*. México DF.: Televisa. Obtenido de <http://i2.esmas.com/documents/2014/02/20/3191/resultados-del-cuarto-trimestre-y-ano-completo-2013.pdf>
- The Economist. (2002). Reaping the Benefits of ICT: Europe's Productivity Challenge. *The Economist Intelligence Unit*.
- Thompson, M. (2004). ICT, Power and Developmental Discourse: A Critical Analysis. *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries*, 20(4), 1-26.
- Thurstone, L. L. (1947). *Multiple factor analysis*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Tödting, F., Grillitsch, M. y Höglinger, C., (2012), Knowledge sourcing and innovation in Austrian ICT Companies—How does geography matters. *Industry and Innovation*. vol. 19, issue 4: 327-348.

- UNCTAD. (2003). *Information and communication technology development indices*. New York and Geneva: United Nations Conference on Trade and Development, ONU.
- WEF. (2009). *The Global Information Technology Report 2008*. Geneva: WEF.
- WEF. (2011). *The Global Information Technology Report 2010*. Geneva: WEF.
- WEF. (2012). *The Global Information Technology Report 2011*. Geneva: WEF.
- WEF. (2013). *The Global Information Technology Report 2012*. Geneva: WEF.
- WEF. (2014). *The Global Information Technology Report 2013*. Geneva: WEF.
- WEF. (2016). *The Global Information Technology Report 2015*. Geneva: WEF.
- Whelan, K. (2000). Computers, obsolescence, and productivity. Finance and Economic Discussions Services, 2000-06. Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Wimble, M., & Singh, H. (2015). A Multilevel Examination of Information Technology and Firm Performance: The Interaction of Industry and Firm Effects.
- World Bank. (2011). *Little Data Book on Information and Communication Technology*. Washington: World Bank. Obtenido de [http://siteresources.worldbank.org/INFORMATIONANDCOMMUNICATIONANDTECHNOLOGIES/Resources/ICT\\_Little\\_Data2011.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INFORMATIONANDCOMMUNICATIONANDTECHNOLOGIES/Resources/ICT_Little_Data2011.pdf)
- World Bank. (2012). *Information and Communications for Development*. Washington DC: World Bank.
- Wolf, J., & Egelhoff, W. (2011). Network or matrix? How information-processing theory can help MNCs answer this question, *Collaborative communities of firms - Purpose, process, and design*. Springer Science: Business Media.
- Wolf, J., Dunemann, T., & Egelhoff, W. (2008) Economic, psychological, and sociological theories for the explanation of home-region oriented MNCs. *The best paper proceedings of the annual conference of the academy of management, Anaheim*
- Zucker, L. G., & Darby, M. R. (2005). Socio-economic impact of nanoscale science: Initial results and nanobank (No. w11181). National Bureau of Economic Research.

## **Apéndice 1. Comparación de integración de TIC por tamaño de empresa**

Indice de uso de Internet				
Clave	Subsector	Tamaño 1 (de 10 a 50)	Tamaño 2 (de 51 a 250)	Tamaño 3 (mayor a 250)
21	Minería	5.43	8.10	8.33
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, agua y gas	5.65	6.00	8.65
23	Construcción	6.17	8.30	9.54
311	Industria alimentaria	3.92	7.50	9.18
312	Industria de las bebidas y del tabaco	4.48	7.10	9.47
313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	6.56	6.90	8.32
314	Fabricación de prendas textiles, excepto prendas de vestir	6.39	7.30	8.48
315	Fabricación de prendas de vestir	5.91	6.80	7.19
316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y productos sucedáneos	4.23	6.80	7.70
321	Industria de la madera	4.92	7.70	9.35
322	Industria del papel	6.29	8.10	9.35
323	Impresión e industrias conexas	7.03	7.70	8.69
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	7.58	8.40	9.77
325	Industria química	7.58	8.20	9.27
326	Industria del plástico y del hule	7.43	8.00	8.92
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	4.89	7.00	8.78
331	Industrias metálicas básicas	6.85	8.10	9.31
332	Fabricación de productos metálicos	6.77	8.00	9.22
333	Fabricación de maquinaria y equipo	6.78	9.10	9.29
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	7.55	7.90	8.71
335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	7.16	8.80	9.22
336	Fabricación de equipo de transporte	5.72	8.20	9.09
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	6.08	8.00	8.57
339	Otras industrias manufactureras	5.77	7.10	8.93
431	Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	6.61	7.50	9.10
432	Comercio al por mayor de productos textiles y calzado	6.52	7.80	8.98
433	Comercio al por mayor de productos farmacéuticos	5.83	8.50	8.56
434	Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales	7.50	7.90	9.05
435	Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario	7.54	9.10	9.84
436	Comercio al por mayor de camiones y partes y refacciones nuevas para automóviles	7.35	9.30	10.60
437	Intermediación de comercio al por mayor	6.03	8.50	10.50
461	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	5.32	6.70	10.40
462	Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales	2.64	6.30	9.15
463	Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado	3.44	7.40	7.42
464	Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud	5.59	7.60	8.98
465	Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento	5.18	7.00	9.63
466	Comercio al por menor de enseres domésticos, Computadoras	6.83	8.00	9.16
467	Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios	6.05	8.40	8.11
468	Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	5.69	9.20	8.99
469	Comercio al por menor exclusivamente a través de internet	4.20	5.10	11.00
481	Transporte aéreo	5.90	8.00	10.00
483	Transporte por agua	1.65	7.10	10.72
484	Autotransporte de carga	4.03	7.40	8.46
485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	1.87	3.20	7.80
486	Transporte por ductos	9.53	9.00	9.60
487	Transporte turístico	5.45	7.10	8.53
488	Servicios relacionados con el transporte	7.28	9.40	8.94
492	Servicios de mensajería y paquetería	6.79	8.40	10.13
493	Servicios de almacenamiento	5.43	8.00	9.85
511	Edición de periódicos, revistas, libros, software y otros materiales	7.91	8.90	9.58
512	Industria filmica y del video, e industria del sonido	7.79	7.60	7.62
515	Radio y televisión	7.87	9.20	8.55
517	Otras telecomunicaciones	7.08	9.00	8.81
518	Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados	10.05	8.10	8.84
519	Otros servicios de información	5.44	9.20	9.20
522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	8.33	7.60	9.18
523	Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera	7.77	9.90	8.50
524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	7.26	8.60	9.40
531	Servicios inmobiliarios	5.96	7.30	5.75
532	Servicios de alquiler de bienes muebles	8.68	9.80	7.78
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	8.87	11.00	9.40
541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	7.99	9.10	9.08
551	Corporativos	4.54	8.70	9.29
561	Servicios de apoyo a los negocios	5.82	7.70	8.61
562	Manejo de desechos y servicios de remediación	6.07	7.60	8.97
611	Servicios educativos	5.58	7.90	10.31
621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	5.22	6.70	9.23
622	Hospitales	3.87	7.80	9.36
623	Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	3.89	5.80	11.00
711	Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados	4.72	7.70	9.57
712	Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	3.97	8.30	10.33
713	Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	5.66	7.50	8.97
721	Servicios de alojamiento temporal	5.69	9.30	9.41
722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	3.66	7.40	8.85
811	Servicios de reparación y mantenimiento	4.65	6.80	7.83
812	Servicios personales	4.11	6.20	10.33
813	Asociaciones y organizaciones	5.22	5.90	8.40

Indice de uso de Software				
Clave	Subsector	Tamaño 1 (de 10 a 50)	Tamaño 2 (de 51 a 250)	Tamaño 3 (mayor a 250)
21	Minería	5.56	8.70	9.20
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, agua y gas	5.73	8.00	10.32
23	Construcción	6.33	8.50	10.15
311	Industria alimentaria	5.39	8.60	10.86
312	Industria de las bebidas y del tabaco	4.73	8.00	11.73
313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	6.68	9.50	10.95
314	Fabricación de prendas textiles, excepto prendas de vestir	6.35	7.40	10.86
315	Fabricación de prendas de vestir	5.33	7.70	9.58
316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y productos sucedáneos	5.58	7.90	10.31
321	Industria de la madera	5.35	7.60	10.91
322	Industria del papel	7.65	10.00	11.26
323	Impresión e industrias conexas	9.50	10.80	11.27
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	6.70	10.40	12.86
325	Industria química	7.72	10.30	12.06
326	Industria del plástico y del hule	9.41	9.30	10.63
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	6.13	8.50	11.73
331	Industrias metálicas básicas	8.02	10.80	11.76
332	Fabricación de productos metálicos	7.34	8.70	11.46
333	Fabricación de maquinaria y equipo	7.65	10.90	12.00
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	7.25	10.60	11.14
335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	4.87	9.60	11.78
336	Fabricación de equipo de transporte	7.02	10.10	11.69
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	7.81	10.00	11.42
339	Otras industrias manufactureras	6.79	9.80	11.56
431	Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	7.66	8.30	10.54
432	Comercio al por mayor de productos textiles y calzado	6.18	9.10	10.26
433	Comercio al por mayor de productos farmacéuticos	7.94	9.00	9.96
434	Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales	8.26	9.20	9.78
435	Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario	7.74	9.40	10.74
436	Comercio al por mayor de camiones y partes y refacciones nuevas para automóviles	7.38	9.20	10.03
437	Intermediación de comercio al por mayor	6.88	7.40	12.50
461	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	4.42	8.70	11.28
462	Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales	3.95	8.80	10.54
463	Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado	4.63	7.30	7.93
464	Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud	6.87	8.10	9.51
465	Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento	5.85	8.10	8.93
466	Comercio al por menor de enseres domésticos, Computadoras	6.63	8.40	9.84
467	Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios	5.80	7.90	9.41
468	Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	5.88	8.60	9.36
469	Comercio al por menor exclusivamente a través de internet	4.75	8.40	10.33
481	Transporte aéreo	3.52	6.00	10.46
483	Transporte por agua	1.71	6.20	9.03
484	Autotransporte de carga	5.14	8.60	9.97
485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	2.60	4.10	8.65
486	Transporte por ductos	9.44	13.20	13.17
487	Transporte turístico	4.73	6.30	7.33
488	Servicios relacionados con el transporte	5.50	8.60	10.11
492	Servicios de mensajería y paquetería	7.93	7.90	9.61
493	Servicios de almacenamiento	4.67	9.20	10.26
511	Edición de periódicos, revistas, libros, software y otros materiales	8.08	10.10	12.06
512	Industria fílmica y del video, e industria del sonido	6.23	6.80	8.32
515	Radio y televisión	7.60	8.70	8.85
517	Otras telecomunicaciones	6.68	9.60	10.51
518	Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados	8.50	9.60	10.28
519	Otros servicios de información	4.97	8.60	11.89
522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	7.67	7.50	9.27
523	Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera	6.98	8.40	9.95
524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	6.06	7.20	9.33
531	Servicios inmobiliarios	6.39	6.90	5.02
532	Servicios de alquiler de bienes muebles	4.37	8.80	9.93
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	7.03	9.30	10.50
541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	6.59	7.70	9.85
551	Corporativos	3.82	8.30	10.57
561	Servicios de apoyo a los negocios	6.81	7.60	8.66
562	Manejo de desechos y servicios de remediación	5.57	9.00	7.64
611	Servicios educativos	6.58	6.90	10.00
621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	6.07	6.90	8.06
622	Hospitales	2.97	7.60	8.81
623	Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	4.42	5.40	4.83
711	Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados	4.31	6.70	11.26
712	Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	6.50	8.30	6.78
713	Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	6.03	7.10	8.63
721	Servicios de alojamiento temporal	5.54	9.30	9.95
722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	5.12	7.60	9.31
811	Servicios de reparación y mantenimiento	6.92	6.40	8.04
812	Servicios personales	5.10	7.00	7.78
813	Asociaciones y organizaciones	5.04	5.50	10.33

Índice de uso de nube				
Clave	Subsector	Tamaño 1 (de 10 a 50)	Tamaño 2 (de 51 a 250)	Tamaño 3 (mayor a 250)
21	Minería	-	0.20	0.67
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, agua y gas	-	0.90	-
23	Construcción	0.33	0.80	0.43
311	Industria alimentaria	0.08	0.50	0.56
312	Industria de las bebidas y del tabaco	-	0.30	0.51
313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	-	0.20	0.16
314	Fabricación de prendas textiles, excepto prendas de vestir	-	0.10	-
315	Fabricación de prendas de vestir	-	0.30	0.13
316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y productos sucedáneos	0.06	0.20	0.26
321	Industria de la madera	0.03	0.20	0.24
322	Industria del papel	0.01	-	0.83
323	Impresión e industrias conexas	0.37	0.10	0.49
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	0.63	1.00	2.28
325	Industria química	0.30	0.30	0.42
326	Industria del plástico y del hule	0.26	0.20	0.65
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	0.03	-	0.54
331	Industrias metálicas básicas	0.92	-	0.62
332	Fabricación de productos metálicos	0.13	0.30	0.59
333	Fabricación de maquinaria y equipo	-	0.40	0.59
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	0.49	0.40	0.57
335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	0.19	0.30	0.71
336	Fabricación de equipo de transporte	1.46	0.40	0.50
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	0.57	0.30	0.58
339	Otras industrias manufactureras	0.39	0.20	0.44
431	Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	0.32	0.10	0.64
432	Comercio al por mayor de productos textiles y calzado	-	0.60	0.08
433	Comercio al por mayor de productos farmacéuticos	-	0.60	0.82
434	Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales	0.33	0.20	0.68
435	Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario	0.38	0.10	0.91
436	Comercio al por mayor de camiones y partes y refacciones nuevas para automóviles	0.27	0.20	2.20
437	Intermediación de comercio al por mayor	0.88	-	-
461	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	-	-	0.78
462	Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales	-	0.30	0.59
463	Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado	0.05	0.30	0.01
464	Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud	0.63	0.30	0.82
465	Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento	-	0.10	1.44
466	Comercio al por menor de enseres domésticos, Computadoras	-	0.80	0.65
467	Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios	0.49	0.70	0.56
468	Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	0.39	0.90	0.40
469	Comercio al por menor exclusivamente a través de internet	-	-	-
481	Transporte aéreo	-	0.30	2.59
483	Transporte por agua	-	0.30	1.93
484	Autotransporte de carga	0.33	0.40	0.56
485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	0.19	0.20	0.40
486	Transporte por ductos	0.17	-	5.00
487	Transporte turístico	0.01	0.30	1.00
488	Servicios relacionados con el transporte	0.44	0.60	0.35
492	Servicios de mensajería y paquetería	-	0.10	0.67
493	Servicios de almacenamiento	-	0.20	1.25
511	Edición de periódicos, revistas, libros, software y otros materiales	0.25	0.40	1.17
512	Industria filmica y del video, e industria del sonido	0.46	0.50	0.91
515	Radio y televisión	0.07	1.20	1.64
517	Otras telecomunicaciones	1.13	0.20	0.73
518	Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados	2.92	0.80	0.77
519	Otros servicios de información	0.67	2.00	-
522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	0.33	0.20	0.59
523	Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera	0.46	0.20	0.20
524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	0.55	0.50	0.32
531	Servicios inmobiliarios	0.35	0.20	0.21
532	Servicios de alquiler de bienes muebles	0.12	0.60	0.48
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	1.36	-	-
541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.19	1.00	0.90
551	Corporativos	0.51	1.70	0.93
561	Servicios de apoyo a los negocios	0.08	0.30	0.55
562	Manejo de desechos y servicios de remediación	0.18	0.60	0.71
611	Servicios educativos	-	0.50	1.04
621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	0.07	0.30	0.96
622	Hospitales	0.02	0.50	0.71
623	Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	0.15	0.30	-
711	Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados	-	1.00	-
712	Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	-	0.30	-
713	Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	0.20	0.50	0.82
721	Servicios de alojamiento temporal	0.09	0.20	1.16
722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	0.04	0.50	0.41
811	Servicios de reparación y mantenimiento	-	0.30	0.71
812	Servicios personales	0.30	0.10	0.78
813	Asociaciones y organizaciones	0.36	0.80	2.50

## Apéndice 2. Heteroscedasticidad.

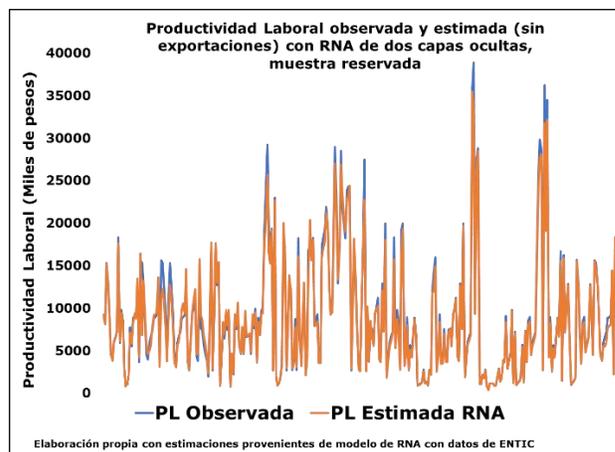
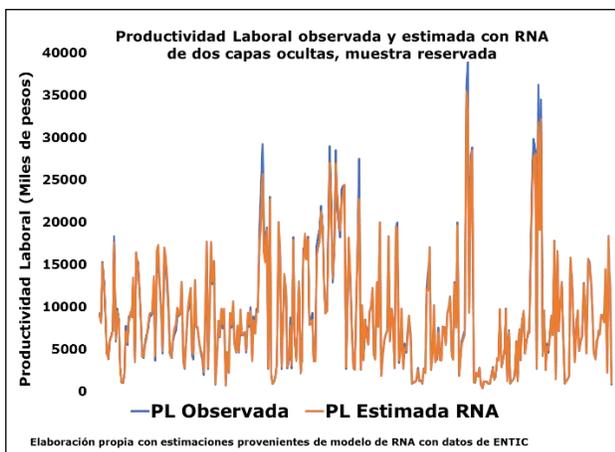
La utilización de modelos cross section como el aquí presentado, se asocia a diferentes tamaños de las unidades de observación, en nuestro caso, empresas, por lo que, en principio es posible que se presenten diferencias significativas entre las variables analizadas y la productividad de, por ejemplo, una empresa de 50 empleados y una de 10,000. Cabe suponer que la productividad, inversión por empleado, exportaciones, etc., sean radicalmente distintas en valores absolutos y ello arroje como resultado problemas de heteroscedasticidad.

El modelo inicialmente estimado en variables absolutas, si bien no se reporta en los resultados, mostraba algunos signos de varianza inconstante entre las observaciones (prueba White Heteroskedasticity efectuada para los residuos cuadráticos en función de las variables exógenas, sus cuadrados y productos cruzados arrojaron valores de Prob: 0.00537, lo que se traduce en existencia de heteroscedasticidad). Para reducir la presencia de heteroscedasticidad, se realizaron dos acciones que comprimen la varianza:

1. Segmentar los tamaños de empresa en tres distintos; ello en principio, hace que se trabaje las regresiones con empresas más similares entre sí, y reduce la probabilidad de una varianza elevada.
2. Dividir las variables entre el número de empleados; ello genera que se comprima aún más la escala de las variables, reduciendo la varianza.

Con las acciones realizadas para corregir los problemas de heteroscedasticidad, se estimaron 3 modelos, 1 para cada tamaño con los resultados reportados en la sección 3.6. La prueba White Heteroskedasticity aplicada a cada modelo estimado, indica que si bien la heteroscedasticidad no desaparece del todo (Prob. White Heteroskedasticity = 0.0472, 0.0354, 0.0489, respectivamente), en buena medida debido a las características de la muestra, se reduce en relación a la mostrada inicialmente; los parámetros obtenidos en las regresiones subsecuentes no difieren significativamente de los iniciales, pero sí lo hace su error estándar (Std. Error) y por lo tanto, sus estadísticos de significancia individual.

## Apéndice 3. Comparación de modelo de RNA con y sin exportaciones



Resumen de procesamiento de casos			
		N	Porcentaje
Muestra	Entrenamiento	3556	78%
	Pruebas	665	14%
	Reserva	367	8%
Válido		4588	100%
Excluido		1622	
Total		6210	

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de encuesta ENTIC, laboratorio de microdatos del INEGI

Resumen de procesamiento de casos			
		N	Porcentaje
Muestra	Entrenamiento	3574	76%
	Pruebas	714	15%
	Reserva	433	9%
Válido		4721	100%
Excluido		1489	
Total		6210	

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de encuesta ENTIC, laboratorio de microdatos del INEGI

Información de Red Neuronal Artificial, Capas Ocultas			
Capas ocultas	Número de capas ocultas	2	
	Número de unidades en la capa oculta 1	20	
	Número de unidades en la capa oculta 2	15	
	Función de activación	Tangente hiperbólica	

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de encuesta ENTIC, laboratorio de microdatos del INEGI

Información de Red Neuronal Artificial, Capas Ocultas			
Capas ocultas	Número de capas ocultas	2	
	Número de unidades en la capa oculta 1	22	
	Número de unidades en la capa oculta 2	14	
	Función de activación	Tangente hiperbólica	

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de encuesta ENTIC, laboratorio de microdatos del INEGI

Resumen del modelo		
Entrenamiento	Error de suma de cuadrados	2.575
	Error relativo	1.006
	Regla de parada utilizada	Se ha superado el tiempo máximo de entrenamiento (15 minutos)
	Tiempo de entrenamiento	27:48.7
Pruebas	Error de suma de cuadrados	0.001
	Error relativo	1.862
Reserva	Error relativo	1.932

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de INEGI

Resumen del modelo		
Entrenamiento	Error de suma de cuadrados	2.728
	Error relativo	1.0149
	Regla de parada utilizada	Se ha superado el tiempo máximo de entrenamiento (15 minutos)
	Tiempo de entrenamiento	23:39.9
Pruebas	Error de suma de cuadrados	0.026
	Error relativo	2.011
Reserva	Error relativo	2.119

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de INEGI

<b>Importancia de las variables independientes</b>		
	<b>Importancia</b>	<b>Importancia normalizada</b>
Innovación	0.133	55.90%
Uso de Software	0.132	55.30%
Disponibilidad y uso de TIC	0.142	59.70%
Capacidades de Recursos Humanos	0.146	61.50%
Inversión por empleado	0.128	53.70%
Exportaciones por empleado	0.238	100.00%
Antigüedad	0.08	33.80%

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de INEGI

<b>Importancia de las variables independientes</b>		
	<b>Importancia</b>	<b>Importancia normalizada</b>
Innovación	0.175	91.10%
Uso de Software	0.168	87.67%
Disponibilidad y uso de TIC	0.187	97.26%
Capacidades de Recursos Humanos	0.192	100.00%
Inversión por empleado	0.173	90.41%
Antigüedad	0.105	54.79%

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de RNA, con datos de INEGI