



DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

**SDT 326**

## **COMPLEMENTARIEDAD ENTRE TIC'S E I+D: UN ANÁLISIS CON PANELES DINÁMICOS**

Pablo Egaña del Sol  
Claudio Bravo-Ortega

Santiago, noviembre 2010

La serie de Documentos de Trabajo (SDT) del Departamento de Economía de la Universidad de Chile en versión PDF puede descargarse en la dirección electrónica [www.econ.uchile.cl/SDT](http://www.econ.uchile.cl/SDT) . Para contactar al editor ejecutivo de SDT remitirse a [sdt@econ.uchile.cl](mailto:sdt@econ.uchile.cl)

# Complementariedad entre TIC's e I+D: Un Análisis con Paneles Dinámicos\*

Pablo Egaña del Sol\*\*Claudio Bravo-Ortega \*\*\*

Noviembre 2010

## Resumen

Este documento examina la complementariedad entre inversiones en I+D y TICs. Teóricamente, se modifica el modelo de Jones y Williams (1997). Empíricamente, se emplea un panel dinámico utilizando la metodología propuesta por Bover y Bond (1995) y Blundell y Bond (1998) denominada *System GMM*, la cual impone condiciones de momento adicionales para generar instrumentos para las variables endógenas del modelo. Finalmente, y luego de varios ejercicios de robustez, se encuentra evidencia de complementariedad entre I+D y TICs.

Clasificación JEL: O, O30. Palabras Claves: Investigación y Desarrollo, Tecnologías de Información y Comunicación, Innovación, Panel Dinámico, System GMM.

---

\*Se agradecen los comentarios a versiones preliminares de José Miguel Benavente, Jorge Katz y Claudio Raddatz.

\*\*Departamento de Economía y Centro de Microdatos, Universidad de Chile. pegana@econ.uchile.cl

\*\*\*Departamento de Economía y Centro Intelis, Universidad de Chile. clbravo@econ.uchile.cl

## 1. Introducción

En la literatura existen varios trabajos que determinan la productividad de Investigación y Desarrollo (I+D) tanto a nivel social como a nivel de firmas (Benavente et al. (2005), Jones (1997), Goto (1991), entre otros). De este modo, se ha determinado lo fructífero que es para un país realizar I+D. Complementario a esto, existen otros trabajos que muestran que las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) afectan positivamente al crecimiento del producto de un país. En consecuencia, en vista que las TIC son positivas para el crecimiento, se puede esperar plausiblemente que tengan un impacto positivo en la I+D. Así toma sentido preguntarse si efectivamente existe una relación significativa entre I+D y TIC, es decir, si las TIC producen una mejora en la performance del proceso innovador que resulta en que este sea más eficiente. No obstante, es necesario tener presente el potencial problema de bi-causalidad existente entre ambos fenómenos, dado que la innovación produce avances tecnológicos en las TIC. Este potencial problema será tratado en la sección empírica.

Es ineludible notar la diferencia entre innovación e I+D. La innovación comprende todo el proceso productivo, su dinámica, su relación con las ideas, I+D, mano de obra e infraestructura<sup>1</sup>. En ese sentido, la I+D es un subconjunto, un ingrediente de la innovación, pero por si sola no genera necesariamente innovación en términos productivos. Un ejemplo recurrente en la literatura es la investigación académica sin fines productivos. Para fines de este trabajo se asumirá que I+D es el ingrediente principal de la innovación y por tanto la variable de interés.

Las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) se pueden entender de diversas formas, pero a modo general pueden ser entendidas como la tecnología empleada en la administración de la información, creándola, modificándola, almacenándola, protegiéndola, etc. Además, son determinantes para explicar la forma de interacción entre agentes o equipos en el proceso productivo. Esta denominación surge principalmente de la fusión de las Tecnologías de la Comunicación (teléfono, radio, etc.) y de las Tecnologías de la Información (informática, interfases, etc.)<sup>2</sup>

Como se muestra anteriormente, los estudios han estado enfocados en el gasto llevado a cabo en I+D pero no en los determinantes que afectan la productividad de este gasto. De este modo, este trabajo pretende mostrar evidencia empírica para USA que relacione las TIC's y la productividad de la I+D. Las TIC se pueden comprender como una infraestructura propicia para la I+D. Así, entre más desarrolladas y profundas sean éstas más se invertirá en I+D ya que su productividad aumentará. Una forma teórica e intuitiva de comprender éste vínculo es pensarlo como una disminución de los costos de transacción. En efecto, este artículo se focalizará en la complementariedad entre ambas categorías de inversión.

---

<sup>1</sup>Benavente (2003).

<sup>2</sup>Katz y Hilbert 2003.

Asimismo, se puede pensar que la I+D tiene tres fases<sup>3</sup>; la primera, el proceso investigativo propiamente tal; la segunda, la etapa de implementación, adaptación y perfeccionamiento y la tercera en la cual se obtienen las ganancias por el desarrollo llevado a cabo. En este sentido, las TIC's impactan principalmente a la segunda etapa, más aún, al estar más desarrolladas las TIC's acortan ésta fase, debido a que la información útil para mejorar el proceso es manipulada más eficientemente.

Lograr determinar aspectos que estén determinando la performance del proceso de I+D es de gran relevancia por estos días en todo el mundo occidental, dado que el nuevo paradigma socio-económico construye sobre la innovación un pilar fundamental para el crecimiento, la competitividad a nivel mundial, y por lo tanto, en la calidad de vida. En este sentido, de encontrar una relación favorable se podría trabajar en el diseño de políticas públicas que estén orientadas a mejorar la penetración de las TICs dado que estarían produciendo un efecto positivo en la eficiencia el proceso innovador que ya se ha demostrado ser beneficioso para la sociedad.

Para el diseño de políticas públicas para países en desarrollo como Chile, hay que tener presente la diferencia idiosincrásica de los países, como el nivel de capital humano general o de los investigadores en I+D, sector formal versus informal, persistencia de la distribución del ingreso, costos de transacción, entre otros<sup>4</sup>.

A la par del desarrollo de políticas públicas, este documento puede contribuir a la literatura empírica, en la medida que a futuro en el modelamiento de economías con procesos de I+D se considere a las TIC como un ingrediente determinante en el modelo, teniendo la correspondencia tanto intuitiva como empírica.

Para testear la hipótesis planteada se empleará un modelo con producción, en donde tanto la I+D como las TICs son consideradas como un insumo más de la producción, y se considerará el efecto conjunto de la I+D con la TIC para estimar la complementariedad entre ellas y su impacto en el crecimiento. Se estimará un panel en forma dinámica y mediante *System GMM*. La metodología será explicada con mayor detalle en una sección aparte.

En síntesis, el aporte del presente documento a la discusión relacionada sobre la Investigación y Desarrollo es que vislumbra nuevos elementos que incrementan su desempeño.

El artículo se ordena como sigue: En la siguiente sección se expone tanto el modelo teórico como el empírico utilizado. En la tercera sección se presenta la metodología y la evidencia empírica relevante relativa a la I+D y TICs. La cuarta exhibe los resultados encontrados. Por último, se concluye.

---

<sup>3</sup>Benavente et al. 2005.

<sup>4</sup>Cimoli y Correa (2007).

## 2. Revisión de la literatura

No existe evidencia en las principales revistas académicas del mundo acerca de la complementariedad entre I+D y TICs a nivel de sectores industriales. Por un lado, esto dificulta el análisis teórico pero, al mismo tiempo, presenta un desafío y una oportunidad para aportar al conocimiento en los tópicos de desarrollo económico. No obstante, la literatura pertinente al presente artículo se puede clasificar en tres áreas: I+D, TICs e I+D más TICs.

La literatura sobre I+D en términos de aumentar la productividad tanto a nivel de firmas, industrias o socialmente ha tomado gran relevancia el último tiempo, pero sus inicios se remontan a más de dos décadas atrás. Se ha estimado que es fructífera en los tres niveles, y su argumentación teórica va de la mano con la idea Shumpeteriana de destrucción creativa capitalista, con firmas monopólicas, *spillovers*, bien público, etc. (véase Lederman y Maloney, Griliches (1980), Griliches y Maresse (1985) Jones y Williams (1997), Lichtenberg (1992) entre otros).

Por otro lado, la literatura sobre TICs tiene su piedra angular en la paradoja aparente mostrada por Solow, donde clama que en el único lugar donde no hay computadores es en las estadísticas de crecimiento<sup>5</sup>. Diversos artículos, (Bakos y Brynjolfsson (2000), Brynjolfsson et al. (2007), Brynjolfsson (1993), Edwards (2001), Lester y Willcock (1997), Jorgenson 2001 y 2005, Jorgenson y Stiroh (1999) entre otros.), argumentan que la inexistencia de impacto de la inversión en TICs se debe a que los análisis a nivel macro no pueden identificar correctamente los efectos generados, por ejemplo, a nivel organizacional, cantidad de proyectos realizados, redes de trabajo, externalidades de red, etc. Igualmente, Meijers (2007) establece dos efectos centrales de las TIC. Primero un propósito tecnológico general, en el cual ser más intensivo en TICs induce más innovaciones en otros procesos dentro de las firmas y fuera de ellas. Segundo, las externalidades de redes, donde el uso de cierto hardware, software o mecanismo de manejo de información o comunicación depende de lo que los otros agentes utilicen.

A la par, Jorgenson (2002) compara Japón y Estados Unidos respecto a su utilización de TICs para mejorar la competitividad, en términos de aporte a la productividad total de factores (TFP). Encuentra que para ambos países el impacto es significativo, sin embargo, Japón exhibe una recaída a finales del siglo XX. De la misma manera, Van Ark e Inklaar (2005) realizan un estudio comparativo entre Europa y EEUU, encontrando que Europa no ha logrado todavía explotar la productividad asociada al empleo de TICs en la producción. Asimismo, Stiroh (2002) realiza un meta-análisis de más de 20 artículos que miden el impacto de TICs en productividad

Katz y Hilbert (2003) realizan un análisis extensivo para América Latina entorno a la construcción de una sociedad de la información. Ellos plantean que

---

<sup>5</sup>Frase citada en un vasta cantidad de artículos de este tópico. Por ejemplo, Stiroh (2002).

al implementar TIC a nivel de firmas, gobierno, creación de capital humano, cultural, negocios, entre otros, la sociedad transita hacia un nuevo paradigma de desarrollo económico.

Por último, la escasa literatura que abarca tanto I+D como TICs considera ambas inversiones por separado, dejando de lado el análisis de complementariedad que se examina en el presente documento. A continuación se revisan los principales artículos revisados.

Meijl y Soete (1996) fueron, aparentemente, los primeros en estudiar el impacto de la I+D en conjunto con TIC. Utilizando datos a nivel de firmas para Francia, examinan los efectos sobre TFP de I+D y de industrias tanto TICs y como NO-TICs. Encuentran un impacto pequeño de la I+D, explicado en parte por los *spillovers* de las TICs.

Por otro lado, Gera et al. (1999) examinan el impacto sobre la productividad del trabajo de ambas inversiones tanto para EEUU como para Canadá. Encuentran que el retorno asociado a la I+D es menor que el estimado para las TICs en ambos países, empleando un modelo basado en Jones y Williams (1997), similar al utilizado en este artículo.

Mairese et al. (2001) realizan un análisis descriptivo, mediante correlaciones entre las variables, para cinco tipos de mediciones de TIC e I+D respecto a la productividad de firmas, también para Francia. Concluyen que existe un efecto positivo robusto en productividad como así también en trabajadores administrativos, mientras que encuentran un efecto negativo para trabajadores poco calificados (blue-collar).

Por su parte, ter Weel (1999) usando datos a nivel de país y de regiones, explora la relación el desarrollo de las TICs (medida a partir de la densidad de líneas telefónicas) y la I+D producida dentro del país. El documento argumenta que el desarrollo de las TICs afecta la I+D producida dentro del país dado que se hace más fácil y barato importar (aportar en forma remota, a través de internet por ejemplo) I+D desarrollada fuera. En este sentido, las TICs favorecen el *catch up* de los países en desarrollo hacia aquellos desarrollados.

Por último, Goto y Susuki (1989) revelan una relación más tangencial, pero bastante ilustrativa, entre las dos inversiones. Ellos consideran una relación a nivel de bienes intermedios. Su principal conclusión es que desarrollar I+D en industrias electrónicas y de comunicación presionará a la baja el precio de estos componentes provocando un efecto *spillover* sobre otros sectores en mejoras de productividad. Es menester notar lo visionario que fueron Goto y Susuki, dado que el artículo está escrito en 1989, años antes del despegue informático y comunicacional de los dos primeros tercios de la década de los 90.

En síntesis, la literatura da cuenta tanto de las virtudes como de los problemas en estimar la contribución a la productividad de ambas categorías de inversión. Sin embargo, no ha estudiado la complementariedad entre I+D y TICs.

### 3. Marco Teórico y Empírico

#### 3.1. Modelo de Jones y Williams

Se empleará para estimar la tasa de retorno de la I+D el modelo de Jones y Williams (1997), el cuál se modificará sutilmente para incorporar las TIC's. Los autores sugieren que la I+D se puede incorporar en forma similar al capital físico. Así, la tasa de retorno privado asociado a la I+D se comprende como el aumento de los beneficios producidos por una mayor innovación de la firma. En este sentido, se ignoran todas las fallas de mercado producidas o asociadas a la I+D, como las rentas monopólicas, problemas intertemporales del conocimiento, etc. Asimismo, se modifica el modelo incorporando la existencia de TIC's considerándolas también como alternativa al capital físico. Esto no produce mayores contraindicaciones dado que las TIC's son naturalmente una forma de inversión en capital empleada a lo largo de todas las industrias.

Siguiendo a los autores, se considerará una tecnología de producción tipo Cobb Douglas, la cual emplea capital, trabajo, stock de I+D y stock en TIC's. En efecto, para obtener en este caso la tasa de retorno de la I+D basta realizar la derivada parcial del producto respecto al stock de I+D. Esta tasa de retorno representa las unidades adicionales de producto generada por la I+D. Análogo para las TIC's. Lo anterior puede ser representado por:

$$Y = \exp^{\mu} Z^{\gamma} C^{\theta} K^{\beta} L^{\alpha} \quad (1)$$

$$\dot{Z} = R \quad (2)$$

$$\dot{C} = T \quad (3)$$

Donde Z es la medida de stock de I+D. C es la medida de stock de TIC, K es el stock de capital físico y L es el empleo, donde la ley de movimiento tanto de Z como de C está gobernada por el incremento en gasto de I+D (R) y TIC (T) respectivamente. Además se asumirá que la tasa de depreciación del capital, de las TIC's y de la I+D es cero. Este supuesto es bastante fuerte si se considera que la vida útil de muchas tecnologías de información o comunicación es bastante corta, i.e. típicamente los computadores quedan obsoletos en dos años. Dados estos supuesto, los productos marginales de Z y C se pueden interpretar como la tasa de retorno de la I+D y TIC's,  $r^p$  y  $r^{ti}$  respectivamente.

Igualmente, se puede calcular la productividad total de factores (TFP) mediante la contabilidad del crecimiento:

$$\Delta \ln(TFP) = \mu + r^p \frac{R}{Y} + r^{ti} \frac{T}{Y} \quad (4)$$

Además, se considera que en el óptimo, las tasas de retorno del capital, la I+D y las TIC's deben ser las mismas, de lo contrario existirían ganancias al sustituir entre los diferentes tipos de inversión. Este resultado teórico no se cumplirá si, por ejemplo, algunos tipos de inversión son complementarios, como plantea la hipótesis de este documento.

$$\frac{r}{I/Y} = \frac{r^p}{R/Y} = \frac{r^{ti}}{T/Y} \quad (5)$$

Donde I representa la inversión en capital.

### 3.2. Modelo Empírico

Al aplicar logaritmo a la ecuación (1) se tiene:

$$\ln Y = \mu + \gamma \ln Z + \theta \ln C + \alpha \ln K + \beta \ln L \quad (6)$$

En efecto, si se multiplican las elasticidades, en este caso, los coeficientes que acompañan a los factores, por el inverso de su participación en el producto, se obtienen las tasas de retorno. Esto, dado el supuesto de que el retorno a un factor es su productividad marginal. No obstante, dado que la información del stock de estos factores son muy difíciles de obtener, se implementará una transformación que relaciona lo anterior pero con flujos de estos factores.

Tomando las primeras diferencias a la ecuación (6), se tiene:

$$\Delta \ln Y = r^p \frac{R}{Y} + r^K \frac{I}{Y} + r^{ti} \frac{T}{Y} + \beta \Delta \ln L \quad (7)$$

donde,

$$\beta \Delta \ln X = \frac{\partial Y}{\partial X} \frac{X}{Y} \frac{\Delta X}{X} = r^X \frac{\Delta X}{X} \quad (8)$$

Como se explica en Benavente et al. (2005), esta especificación difiere de las usadas por Griliches y Lichtenberg (1982) y Goto y Suzuki (1989), dado que ellos se basan en la relación entre la intensidad de uso de la I+D y el crecimiento de la TFP. Una alternativa a ello es la empleada por Lederman y Maloney (2003) cuya relación es producto e I+D.

## 4. Metodología

### 4.1. Causalidad a la Granger

Para lidiar con el problema de bi-causalidad entre las variables de interés de este documento, se realizará un test de No Causalidad a la Granger, del cual se espera que I+D no cause a la Granger a TIC.



Causalidad a la Granger es un concepto econométrico de predicción propuesto por Granger (1969) y popularizado por Sims (1972). Se busca establecer si un escalar  $Y$  puede ayudar a predecir otro escalar  $X$ . Si no puede, se dice que  $Y$  falla en causar a la Granger a  $X$ , o bien,  $Y$  no causa a la Granger a  $X$ . Equivalentemente, se puede decir que  $X$  es exógena con respecto a  $Y$ . En términos econométricos prácticos, para testear si no hay evidencia de causalidad, se realiza un test  $F$ , en el cual se contrasta la regresión de  $X$  incluyendo rezagos de  $Y$  contra la regresión univariada de  $X$ . Finalmente es relevante recalcar la sensibilidad que tiene el test a la elección de la cantidad de rezagos de las variables o para series potencialmente no estacionarias. En este sentido, se pueden transformar las variables diferenciándolas a fin de estacionalizarlas. (Hamilton, 1994.)

De manera ilustrativa, se puede establecer el modelo como:

$$T_t = \alpha_1 T_{t-1} + \alpha_2 T_{t-2} + \dots + \alpha_p T_{t-p} + \beta_1 R_t + \dots + \beta_p R_{t-p} v_t$$

donde  $R$  es la inversión en I+D y  $T$  es la inversión en TIC. Ésta es la especificación para testear si I+D ayuda a predecir a TIC. Una especificación análoga, pero permutando entre sí las variables se realizará para testear la causalidad inversa.

## 4.2. Método de Estimación

$$\Delta \ln(Y)_{i,t} = r^p \left(\frac{R}{Y}\right)_{i,t} + r^K \left(\frac{I}{Y}\right)_{i,t} + r^{ti} \left(\frac{T}{Y}\right)_{i,t} + \beta \Delta \ln(L_{i,t}) + \lambda_i + \phi_{i,t} + v_{i,t}$$

Donde el subíndice  $i$  dice relación con la industria y el subíndice  $t$  con el tiempo. Además,  $Y$  es el valor agregado de la producción,  $r^X$  es el retorno del factor  $X$ ,  $R$  es la inversión en I+D,  $I$  la inversión en capital físico,  $T$  es la inversión en TIC,  $\lambda_i$  mide los no observables idiosincráticos de cada industria. Para evitar que los errores estén autocorrelacionados, se incluye una dummy para cada años.

Sin embargo, la decisión de inversión es endógena a la productividad, por lo que para estimar los parámetros se sigue a Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998), quienes desarrollan el estimador conocido como *System GMM*. Las ventajas de este estimador por sobre los otros existentes en la literatura como Efecto Fijo, Arellano y Bond, entre otros, es que no sesga los parámetros en muestras pequeñas o en presencia de endogeneidad. Para una mayor discusión refiérase a Bond(2002). Ellos proponen una modificación al método generalizado de momentos planteado por Arellano y Bond (1991), dado que éste sesga los parámetros si la variable con su rezago (el instrumento en este caso) está muy

cerca de tener persistencia. Así, postulan que hay que introducir nuevos momentos sobre la correlación de la variable rezagada y el término de error. Se agrega la condición que la covarianza entre la variable dependiente rezagada y la diferencia de los errores, como también el cambio en la variable dependiente rezagada y el nivel de errores sea cero. Es por esto que se denomina estimador *System GMM*, porque usa un conjunto de ecuaciones en diferencias que son instrumentalizadas con los rezagos de las ecuaciones en niveles, relacionado con un conjunto de ecuaciones en niveles que son instrumentalizadas con los rezagos de las ecuaciones en diferencias.

Para implementar esta metodología de manera correcta es necesario establecer si la variable es exógena, predeterminada o endógena<sup>6</sup>. De la misma forma, es preciso especificar la cantidad de rezagos de cada variable. Para la estimación se consideró como exógena, o bien, invariantes en el tiempo, a las variables dummy por año. Como predeterminada se consideró al rezago de la variable dependiente, instrumentalizada independientemente con 1 rezago adicional por GMM. Las variables restantes fueron consideradas endógenas, y por ende, instrumentalizadas por GMM con momentos adicionales. Básicamente, los instrumentos por GMM pueden variar en el tiempo, mientras que los realizados por variables instrumentales son temporalmente invariantes. Además, se considerará el período comprendido entre los años 1990 y 1996, a fin de poder suponer fehacientemente una misma función de producción para el período de análisis. Stiroh (2002a) examina detalladamente el cambio de estructura que se genera en las industrias de EEUU para diversos grupos de años, lo que da robustez a los años considerados en este trabajo.

El problema de los rezagos será abordado con detalle en la próxima sección.

## 5. Resultados

La base de datos fue construida basándose en una base facilitada por Claudio Raddatz del Banco Mundial<sup>7</sup>, complementándola con datos de I+D recopilados del National Science Foundation, NSF. Se emplean dos bases de datos. La primera a 2-dígitos Standard Industrial Classification (SIC) tiene una serie continua de capital tecnológico, obtenidas del Bureau of Economic Analysis, BEA. En la segunda la fuente es igualmente el BEA, pero de los censos de manufacturas, la cual contiene industrias a 4 dígitos SIC. Ambas están mezcladas con información de la base de datos de productividad del National Bureau of Economic Research, NBER. Además, se construyó el gasto en I+D para 4-dígitos SIC a partir de la base de 2-dígitos SIC, considerando la proporción gastada sobre el valor agregado de cada industria. En efecto, no será útil emplear la base a 4-dígitos para las

<sup>6</sup>En la práctica, se estimará con el comando *Xtabond2* desarrollado por David Roodman. Un análisis exhaustivo sobre el uso del comando se encuentra en Roodman (2006).

<sup>7</sup>Los autores agradecen a Claudio Raddatz por facilitar la base de datos.

estimaciones del panel dinámico, dado que el gasto en I+D sólo variará como proporción del producto en referencia a 2-dígitos. No obstante, para la estadística descriptiva y para las estimaciones que no emplean a la I+D se utilizó los datos a 4-dígitos con el objetivo de tener mayor información. Todas las variables en valores del año 1996.

Primero se mostrará de manera ilustrativa las características de los tipos de inversión por sectores. Seguido a ello, se examinará la causalidad entre TIC e I+D. La causalidad entre producto e I+D ya fue testeada en la literatura, demostrándose que I+D causa a producto. Finalmente se estimará el modelo. Se realizará bajo diferentes metodologías con el propósito de obtener resultados robustos.

## 5.1. Análisis Descriptivo

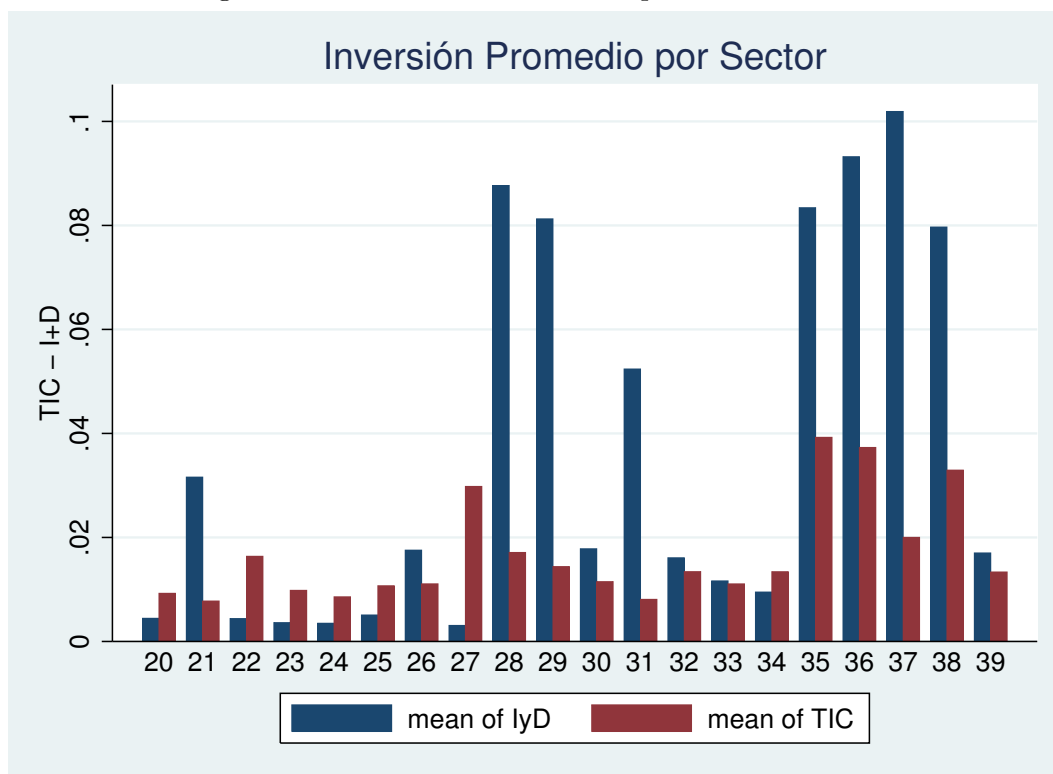
Cuadro 1: Matriz de Correlaciones

	Valor Ag.	Empl.	Capital	I+D	TIC	Rez1.Cap	Rez1.I+D	Rez1.TIC
Valor Ag.	1							
Empl.	0.7851	1						
Capital	0.2036	0.0262	1					
I+D	0.8338	0.5226	0.2759	1				
TIC	0.1611	0.1036	0.515	0.2618	1			
Rez1.Cap	0.2005	0.025	0.9993	0.2708	0.5032	1		
Rez1.I+D	0.8003	0.5227	0.2681	0.9632	0.2473	0.2639	1	
Rez1.TIC	0.1646	0.1119	0.5204	0.2682	0.9943	0.511	0.2569	1

**Fuente:** BEA y NSF.

Se observa que tanto el capital como el empleo tienen una relación positiva con el valor agregado en primeras diferencias. Además, la I+D y las TICs presentan una correlación positiva, vislumbrando cierto indicio de complementariedad entre ambas inversiones. Se estimó la matriz de correlación considerando solamente la I+D y las TICs y los resultados no cambiaron. Al mismo tiempo, se observa claramente la persistencia de I+D y TICs con sus respectivos rezagos. Esto hace sospechar que si una industria invirtió en I+D o en TICs en el pasado, en el presente lo seguirá haciendo.

Figura 1: Inversión en TICs e I+D por sector Industrial



Los gráficos muestran la inversión en I+D y TICs. Se observa claramente los sectores que son más intensivos en tales inversiones. Por ejemplo, para la I+D los sectores 28 (Químicos y productos aliados), 29 (Refinamiento y Extracción de Petróleo), 31 (Cuero y Productos de Cuero), 35 (Maquinaria), 36 (Equipos Eléctricos y Electrónica) y 37 (Equipos para transporte) son los que presentan la mayor inversión promedio proporcional al producto. Mientras que para las TICs los sectores más intensivos en promedio son el 28 (Químicos y productos aliados), 29 (Refinamiento y Extracción de Petróleo), 32 (Arcilla, Piedra, Cristal), 35 (Maquinaria), 36 (Equipos Eléctricos y Electrónica), 37 (Equipos para transporte) y 38 (Instrumentos científicos y profesionales). A partir de esta breve descripción se pueda notar que varios sectores que son intensivos en una categoría de inversión también lo son en la otra. Esto vislumbra una potencial complementariedad entre ambas inversiones. Además, ésta información será utilizada para los posteriores ejercicios de robustez.

## 5.2. Causalidad a la Granger

A continuación se examinará la posibilidad de que un tipo de inversión preceda a otra, en términos de predicción, realizando un test de no causalidad a la Granger.

Cuadro 2: Causalidad a la Granger

	TIC Causa I+D		I+D Causa TIC	
	Coefficiente	$P >  t $	Coefficiente	$P >  t $
Rez.1 I+D	1.02849	0	0.0863	0.04
Rez.2 I+D			-0.0791	0.004
Rez.1 TIC	0.0218947	0.96	1.0959	0
Rez.2 TIC	-0.0745315	0.851		
y1989	-0.0004063	0.651	0.0003	0.639
y1990	0.0012305	0.141	0.0007	0.286
y1991	0.000657	0.617	0.0006	0.389
y1992			-0.0006	0.221
y1993	0.0019561	0.366		
y1994	-0.0000504	0.948	-0.0010	0.133
y1995	0.0009133	0.358	0.0006	0.2
y1996	0.0032732	0.174	0.0018	0.014
constante	0.0000769	0.971	-0.0009	0.35

A-B test for AR(1) in first differences:	$z = -2.09$ Pr $> z = 0.037$	$z = -2.14$ Pr $> z = 0.032$
A-B test for AR(2) in first differences:	$z = 0.22$ Pr $> z = 0.825$	$z = -0.48$ Pr $> z = 0.632$
Hansen test of overid. restrictions:	chi2(7) = 6.71 Prob $>$ chi2 = 0.460	chi2(7) = 10.60 Prob $>$ chi2 = 0.157
No causalidad a la Granger:	F(2,19) = 5.59 Prob $>$ F = 0.0123	F(2,19) = 0.05 Prob $>$ F = 0.9472

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF, BEA y NBER.

El Cuadro (2) muestra claramente que TIC no aporta información para predecir I+D. Por el contrario, I+D si causa en el sentido de Granger a TIC. Este resultado es contrario al expuesto en la hipótesis sobre la dirección de la causalidad. La hipótesis planteaba, de manera simple, la intuición que al estar más tecnologizada la industria se facilitarían la innovación e implementación de nuevas tecnologías, dada una estructura más horizontal de las organizaciones, la cual hipotéticamente, favorece la innovación y otorga más flexibilidad para enfrentar los posibles cambios<sup>8</sup>. No obstante, la relación es solamente en términos de predicción, no de causalidad económica. En consecuencia, no se descarta en absoluto la complementariedad ente ambos tipos de inversión, la cual es capturada por

<sup>8</sup>Diversos autores, como Brynjolfsson et al 2007 arguyen en esta dirección. Ver la sección sobre la literatura en el tema.

la interacción en un mismo período. La significancia estadística de ésta relación será vista en la siguiente sub-sección.

### 5.3. Resultados del Modelo

La literatura no posee una metodología de consenso para elegir algunos elementos claves en la estimación del modelo, por ende, la decisión final recae en la significancia y coherencia teórica de la elección, como así también, en ciertas *rule's of thumb* empíricas que son de consenso. Por un lado, la cantidad de rezagos de la variable dependiente, es decir, la elección de la parte dinámica del panel es necesaria estimarla aisladamente. Para esto se estimó un AR(1) y un AR(2) para la variables dependiente, controlando sólo por shocks temporales horizontales, mediante Pooled OLS, Efecto Fijo y por GMM en diferencias. Así, se determinó que emplear un rezago para la variables dependiente es suficiente estadísticamente para capturar la relación dinámica, o bien, el grado de persistencia en dicha variable. Las estimaciones se encuentran en el apéndice.

Por otro lado, la elección de los rezagos de los regresores se encauzó en dos aristas, una empírica y otra teórica. Las consideraciones empíricas tienen relación con dos aspectos: el tamaño y la cantidad de grupos del panel. Particularmente a esta investigación, el tamaño en tiempo asciende a 7 años, mientras que los grupos son 20. La cantidad de instrumentos que evitan la sobre identificación del modelo no está exenta de discusión. No obstante, como *rule of thumb* deben ser menores a la cantidad de grupos, en este caso sectores industriales, que presenta la economía. De la misma manera, al tener pocos períodos y considerar una vasta cantidad de rezagos, esto provoca una pérdida de grados de libertad para la estimación de los parámetros. En efecto, estos aspectos limitan considerablemente la cantidad de rezagos para los regresores del modelo<sup>9</sup>. Asimismo, la arista teórica tiene relación con el período de introducción e implementación de una nueva tecnología en el proceso productivo. Al tiempo que una firma implementa una nueva tecnología, los cambios a nivel organizacionales, jerárquicos, técnica de producción, etc. conllevan un proceso de aprendizaje para todos los agentes involucrados lo que evita, en un principio, explotar las ventajas en productividad de la nueva tecnología<sup>10</sup>. En consecuencia, se consideraron tanto la I+D como las TICs rezagadas un período. Rezagarlas más períodos se escapa de las ventajas de usar System GMM y haría necesario estimar mediante VAR (Vectores Auto-Regresivos) u otra metodología pertinente. En resumen, dada las restricciones y las consideraciones teóricas, se consideró sólo un rezago para las variables de interés, con el propósito de examinar el proceso dinámico, a mismo tiempo que se mitigan los potenciales efectos negativos asociados a una mayor cantidad de rezagos.

---

<sup>9</sup>Véase Roodman(2006) o Arellano y Bond (1998)

<sup>10</sup>Véase la sección 2 que revisa la literatura.

Cuadro 3: Crecimiento del Producto, I+D y TICs

Dynamic panel-data estimation, two-step system GMM			
Group variable: sic2	Number of obs	=	118
Time variable : year	Number of groups	=	20
Number of instruments = 20	Obs per group: min	=	5
F(15, 19) = 902.65	avg	=	5.9
Prob > F = 0.000	max	=	6
d.Log VA	Coficiente	t	P >  t
Rez.1 LogVA	0.981	4.05	0.001
Dif. LogEmp	-0.100	-0.11	0.91
Capital	-0.058	-1.14	0.268
Rez.1 TIC	-10.603	-0.89	0.384
Rez.1 IyD	-5.922	-3.36	0.003
Rez.1 TICxIyD	125.058	1.88	0.075

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences:  $z = -1.85$   $\Pr > z = 0.065$

Arellano-Bond test for AR(2) in first differences:  $z = -1.17$   $\Pr > z = 0.242$

Hansen test of overid. restrictions:  $\chi^2(4) = 4.99$   $\text{Prob} > \chi^2 = 0.288$

El Cuadro (3) muestra los resultados para el modelo estimado por *System Gmm*<sup>11</sup>. Específicamente, se estimó en dos etapas, corrigiendo los errores de dos etapas en muestras pequeñas utilizando lo sugerido por Windmeijer (2005). Asimismo, se consideraron los errores robustos a heterocedasticidad y autocorrelación. Además, se instrumentalizó con dos rezagos como máximo para cada variable. Es menester advertir que los efectos pueden estar subestimados dado porque se consideran sectores que su I+D es desarrollar TICs.

El parámetro asociado a las TICs no es significativo, mientras que el relativo a la I+D es significativo al 1%, lo cual es consistente con lo típicamente encontrado en la literatura<sup>12</sup>. La variable que mide la complementariedad de la I+D y las TICs es significativa al 10%. Es decir, la hipótesis de complementariedad entre ambas inversiones es demostrada estadísticamente. Al mismo tiempo, se estimó por efectos fijos y por GMM en diferencias (Arellano y Bond), los cuales arrojaron resultados que también son favorables a la significancia de la variable de interés de este documento. Para mayor detalle de las estimaciones revisar el apéndice. Del mismo modo, tanto los test de No autocorrelación de 2 orden de Arellano y Bond como el de Hansen de correcto uso de los instrumentos se aceptan, reflejando la correcta implementación de la metodología.

<sup>11</sup>Se emplea la misma matriz para la varianza empleada por DPD98 para el Software Gauss. Arellano y Bond(1998).

<sup>12</sup>Véase los documentos de I+D en la sección 2 sobre el compendio de la literatura existente.

## 5.4. Variaciones al Modelo Seleccionado: Ejercicios de Robustez

Esta sección realiza dos ejercicios que resultan muy informativos. Por un lado, se realiza la estimación del panel dinámico sin considerar los sectores más intensivos en ambos tipos de inversión. Por otro lado, se realiza la estimación sólo para los sectores marginados en el primer ejercicio.

El Cuadro (12) que se encuentra en el apéndice para facilitar la lectura, muestra la estimación sin considerar los sectores más intensivos en I+D y TICs, a saber: 29, 35, 35 y 38. La estimación se realizó utilizando *System GMM*, y todos los parámetros se volvieron estadísticamente no significativos. Del mismo modo, tanto los test de No autocorrelación de 2 orden de Arellano y Bond como el de Hansen de correcto uso de los instrumentos se aceptan, reflejando la correcta implementación de la metodología. Por el contrario, el Cuadro (13) muestra los resultados sólo para los sectores excluidos anteriormente. Se estimó a través de GMM en diferencias, propuesto por Arellano y Bond (1991), dado que al considerar 4 sectores solamente, los instrumentos generados sobre-identificaban el modelo bajo *System GMM*. Los resultados son similares a los obtenidos en el modelo original, no obstante, es preciso notar que la variable que mide la complementariedad entre I+D y TICs es negativa, lo que sería evidencia a favor de sustitutos más que complementos. Estos resultados anormales eran de esperar, dado que los sectores fueron elegidos arbitrariamente, más aún, considerando su alta intensidad en ambas inversiones. Es decir, se crea un problema de identificación de los efectos, dado que la I+D, por ejemplo en el sector 36 (Equipos Eléctricos y Electrónica) genera nuevas TICs, que a su vez son usadas para generar la I+D. En conclusión, el resultado encontrado no es considerablemente robusto frente a alteraciones en los sectores. Esto no debiera extrañar considerando la heterogeneidad entre sectores, y en efecto, los diversos usos y aplicaciones que otorgan tanto a la I+D como a las TICs.

## 6. Conclusiones

Este trabajo examinó la complementariedad entre I+D y TICs. Se modificó el modelo de Jones y Williams (1997) añadiéndole inversión en TICs como un factor productivo adicional. Bajo el supuesto que la depreciación es total por período, la inversión, tanto de I+D como de TICs es idéntica al stock que presenta la industria de cada tipo de inversión.

Se estimó un panel dinámico utilizando la metodología propuesta por Bover y Bond (1995) y Blundell y Bond (1998) denominada *System GMM*, la cual impone condiciones de momento adicionales para generar instrumentos. Para esto se empleó el comando para el software *STATA* desarrollado por Roodman (2006) `xtabond2`, especificando la matriz de los errores de igual forma que el programa *DPD98* para *Gauss* desarrollado por Arellano y Bond (1998).



El primer indicio de complementariedad se obtuvo estimando un simple matriz de correlaciones entre las variables, donde se estableció claramente una relación positiva entre I+D y TICs.

Luego, se testeó la no causalidad en el sentido de Granger entre ambas categorías de inversión. Se concluyó que I+D aporta información para predecir a las TICs. Esto demuestra que la idea esbozada en un comienzo sobre la causalidad desde TICs hacia I+D no se ve reflejada en los datos, lo cual es evidencia suficiente para rechazar tal hipótesis. Es posible que una vez que las firmas emprenden actividades de I+D descubran o prefieran optimizar los procesos y manejo de la información dentro de la organización, a fin de aprovechar el mayor volumen de ideas para nuevos productos, tecnologías o procesos.

Se estableció que la cantidad de rezagos óptima para la parte dinámica del panel, es decir, para la variable dependiente, es de un rezago. Luego, se estimó el modelo considerando un rezago para las inversiones, bajo el supuesto que no existe relación contemporánea debido al período de implementación de las nuevas tecnologías. Todas las variables, menos la inversión en TICs, son significativas para explicar el crecimiento del producto. Específicamente, la variable compuesta por la interacción entre I+D y TICs además de significativa es positiva, comprobando nuevamente la hipótesis de complementariedad.

Luego, se realizaron dos variaciones al modelo a fin de establecer algún grado de robustez de las estimaciones previas. Por un lado, se estimó sin considerar los sectores más intensivos en ambas inversiones y por el otro, un modelo que sólo contenía los sectores excluidos. Para el primer caso, las variables resultaron ser no significativas, mientras que para el segundo caso, si bien algunas variables de interés resultaron ser significativas, sus magnitudes son poco plausibles. En consecuencia, existe una alta heterogeneidad entre las industrias, pese a que en las estimaciones del modelo general se incluyeron variables dummy por sector para captarla.

Finalmente, algunas críticas al documento. Al realizar un análisis agregado es muy difícil, dadas las metodologías existentes, considerar de manera óptima e informativa la idiosincrasia de cada sector industrial, lo que es muy perjudicial al momento de sacar conclusiones de política públicas pro-desarrollo económico. Por otro lado, las magnitudes de las estimaciones son bastante inverosímiles si se piensa que son el efecto marginal, es decir, el retorno productivo del factor. No obstante la realización de transformaciones algebraicas al modelo de Jones y Williams (1997) para lograr efectos marginales más admisibles, es necesario ahondar más en la especificación de las variables, así como del efecto que produce la transformación logarítmica llevada a cabo en la ecuación (8).

En breve, existe cierto grado de evidencia para comprobar la hipótesis de complementariedad entre I+D y TICs.

## 7. Bibliografía

1. Arellano, M. y S. Bond (1991) "Some Test of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employments Equations", *The Review of Economic Studies*, Vol. 58, N°2, pp.277-297.
2. Arellano, M., S. Bond (1998) "Dynamic Panel Data Estimation Using DPD98 for GAUSS: A Guide for Users", *Institute for Fiscal Studies*, London.
3. Arellano, M. y O. Bover (1995) "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error Component Models", *Journal of Econometrics* 68(1), pp. 29-52.
4. Bakos, Y. y Brynjolfsson, E. (2000) "Bundling and Competition on the Internet: Aggregation Strategies for Information Goods", *Marketing science*, Vol. 19, No. 1 pp. 63-82.
5. Benavente, J. M., De Gregorio, J. y Núñez, M. (2005) "Rates of Return for Industrial R+D in Chile", Departamento Economía Universidad de Chile y Banco Central de Chile.
6. Benavente, (2002) "The Rol of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile", Departamento Economía, Universidad de Chile.
7. Benavente (2003): "Análisis de la tercera encuesta sobre Innovación Tecnológica."
8. Brynjolfsson, E. (1993) "The Productivity Paradox of Information Technology", *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 12 pp. 67-77.
9. Brynjolfsson, E., S. Aral, M. Van Alstyne (2007) "Information, Technology and Information Worker Productivity: Task Level Evidence", NBER WP N° 13712.
10. Bond, S., Blundell, R., Windmeijer, F. (2000) "Estimation in Dynamics Panel Data Models: Improving on the performance of the standard GMM Estimators", *The Institute for Fiscal Studies*, WP 00/12.
11. Blundell, R. y S. Bond (1998) "Initial conditions and moments restriction in dynamic panel data models", *Journal of Econometrics*, N° 87, 11-143.
12. Cimoli, J. y N. Correa (2007) "ICT, Learning and Growth: An evolutionary perspective". Presentación ECLAC, Santiago de Chile, Marzo 29-30.
13. Commonwealth of Australia (2006) "The economic impact of ICT R+D: a literature review and some Australian estimates", Department of Communications. Information Technology and the Arts, Occasional Economic Paper (online).
14. Edwards, S. (2001). "Information Technologies and Economic Growth in the Emerging Economies", Presentado en conferencia BBVA-ECLAC.  
[http://www.anderson.ucla.edu/faculty/sebastian.edwards/NewEcoEdwards\\_new1.pdf](http://www.anderson.ucla.edu/faculty/sebastian.edwards/NewEcoEdwards_new1.pdf)
15. Gera, S., Gu, W. y Lee, F. C. (1999), "Information technology and labour productivity growth: an empirical analysis for Canada and United States", *Canadian Journal of Economics*, vol. 32, No. 2, pp. 384-407.

16. Goto, A. y Suzuki, K., (1989), "R+D Capital, Rate of Return on R+D Investment and Spillover of R+D in Japanese Manufacturing Industries", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 71, No. 4. pp. 555-564
17. Griliches. Zvi. "Issues in Assessing the Contribution of R+D to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics* (1979). 92-116.
18. Griliches. Zvi. "R+D and Productivity Slowdown" *The American Economic Review* 70 (1980), 343-348.
19. Griliches, Zvi, and Jacques Mairesse. "R+D and Productivity Growth: Comparing Japanese and U.S. Manufacturing Firms," NBER Working Paper No. 1778 (Dec 1985)
20. Hamilton, J. (1994) "Times Series Analysis", Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
21. Jones, C. y Williams, J. (1997), "Measuring The Social Return To R+D", *The Quarterly Journal of Economics*, 113, pp.1119-1135.
22. Jones, C. y Williams, J. (1999) "Too much of a good thing? The Economics of investment in R+D", *NBER Working Paper*, 4161.
23. Jorgenson, D. (2001) "Information Technology and the U.S. Economy", *American Economic Review*, Vol. 91, No. 1, pp. 1-32.
24. Jorgenson, D. y K. Motohashi (2005) "Information Technology and the Japan Economy", NBER WP 1801.
25. Jorgenson, D. y K. Stiroh (1999) "Information Technology and Growth", *American Economic Review*, Vol. 89, No. 2.
26. Katz, J. y M. Hilbert (2003) "Building an Information Society", ECLAC, United Nations.
27. Lederman, D. y W. Maloney (2003) "R+D and Development", World Bank, WP 3024
28. Lester, S. y LP Willcocks (1997) "In search of information technology productivity: Assessment issues", *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 48, No. 11. pp. 1082-1094.
29. Lichtenberg, F (1992) "R+D Investment and International Productivity Differences", *NBER Working Paper*, 4161.
30. Mairesse, Jacques, Nathalie Greenan y Agnes Topiol-Bensaid (2001). "Information Technology and Research and Development Impacts on Productivity and Skills: Looking for Correlations on French Firm Level Data." *NBER Working Paper*, 8075.
31. Meijl van H. y Soete, L. (1996) "IT spillovers and productivity growth: an empirical application to France", paper presentado en el OECD Workshop on the Economics of the Information Society, Workshop No. 1, Toronto.
32. Meijers, H. (2007) "ICT Externalities: Evidence from cross country data", United Nations University - Maastricht, Working Paper n° 21.

33. Roodman, D.(2006) “How to Do xtabond2: An Introduction to “Difference” and “System” GMM in Stata”, *Center for Global Development*, Working Paper n°103.
34. Stiroh, K. (2002) “Reassessing the Impact of IT in the Production Function: a meta analysis”, Federal Reserve Bank of New York, Working paper.
35. Stiroh, K. (2002a) “Information Technology and the U.S. Productivity Revival: What Do the Industry Data Say?” *American Economic Review*, vol. 92(5), 1559-1576.
36. Van Ark, B. y R. Inklaar (2005) “Catching Up or Getting Stuck? Europe’s Troubles to exploit ICT’s Productivity Potential”,
37. Windmeijer, F. (2005) “A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators”, *Journal of Econometrics*, 126: 25-51.

## 8. Apéndice

### 8.1. Datos

- Tasa de crecimiento del producto: Corresponde a la diferencia logarítmica del valor agregado de la producción. Fuente: BEA, Bureau of Economics Analysis.
- Inversión en capital físico: Corresponde a la inversión agregada en capital físico, es decir, es la suma de las inversiones en terrenos, maquinarias, vehículos y edificios. Esta medida como proporción del valor bruto de la producción. Fuente: Annual Capital Expenditure, US Census Bureau.
- Crecimiento del empleo: Es la tasa de crecimiento del empleo total. El número total de trabajadores es la suma de obreros y empleados. Fuente: BEA, Bureau of Economics Analysis.
- I y D Corresponde al monto invertido en actividades de ciencia y tecnología. Esta medido como proporción del valor bruto de la producción. Fuente: NSF, National Science Foundations

## 8.2. Cuadros Complementarios

### 8.2.1. Estimación del rezago óptimo para el Producto

Cuadro 4: Estimación Pooled OLS con 2 Rezagos

Pooled OLS			
	F( 12, 416)	=	.
	Prob > F	=	0
Number of obs =	4167	R-squared	= 0.9997
Number of clusters (sic) =	417	Root MSE	= 0.13678

Log VA	Coefficiente	Correct. Std.Err.	t	$P >  t $	(95 % Interv. Confia.)	
Rez.1 LogVA	0.94237	0.053170	17.72	0.000	0.837857	1.046886
Rez.2 LogVA	0.05933	0.052138	1.14	0.256	-0.043159	0.161813
constante	0.11001	0.019880	5.53	0.000	0.070936	0.149090

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omiten las dummies por año.

Cuadro 5: Estimación con Efecto Fijo con 2 Rezagos

Fixed-effects (within) regression			
Group variable: sic	Number of obs	=	4167
R-sq: within = 0.6041	Number of groups	=	417
between = 0.9989	Obs per group: min	=	7
overall = 0.9839	avg	=	10
$corr(u_i, Xb) = 0.9771$	max	=	10
(Std. Err. adjusted for 417 clusters in sic)	F(11,3739)	=	217.65
	Prob > F	=	0

Log VA	Coefficiente	Correct. Std.Err.	t	$P >  t $	(95 % Interv. Confia.)	
Rez.1 LogVA	0.682810	0.063345	10.78	0.000	0.558294	0.807326
Rez.2 LogVA	-0.051471	0.042215	-1.22	0.223	-0.134452	0.031511
constante	2.789490	0.322472	8.65	0.000	2.155614	3.423367
sigma u	0.442372					
sigma e	0.125963					
rho	0.925002					

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omiten las dummies por año.

Cuadro 6: Estimación Arellano y Bond con 2 Rezagos

Dynamic panel-data estimation, two-step difference GMM						
Group variable:	sic	Number of obs	=	3750		
Time variable:	year	Number of groups	=	417		
Number of instruments	= 63	Obs per group: min	=	6		
Wald chi2(10)	= 1244.36	avg	=	8.99		
Prob > chi2	= 0.000	max	=	9		

Log VA	Coficiente	Correct. Std.Err.	t	$P >  t $	(95 % Interv. Confia.)	
Rez.1 LogVA	0.466682	0.108193	4.31	0.000	0.254629	0.678736
Rez.2 LogVA	-0.014313	0.034143	-0.42	0.675	-0.081231	0.052606

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences:	$z = -3.92$	Pr > z	0
Arellano-Bond test for AR(2) in first differences:	$z = 0.67$	Pr > z	0.505
Hansen test of overid. restrictions:	$\chi^2(52) = 102.02$	Prob > $\chi^2$	0

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omiten las dummies por año.

Cuadro 7: Estimación Pooled OLS con 1 Rezago

Pooled OLS						
				F( 11, 416)	=	23050.93
				Prob > F	=	0
	Number of obs = 4584			R-squared	=	0.987
	Number of clusters (sic) = 417			Root MSE	=	0.13619

Log VA	Coficiente	Correct. Std.Err.	t	$P >  t $	(95 % Interv. Confia.)	
Rez.1 LogVA	1.001615	0.002335	428.97	0.000	0.997025	1.006204
constante	0.008637	0.018860	0.46	0.647	-0.028437	0.045710

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omiten las dummies por año.

Cuadro 8: Estimación con Efecto Fijo con 1 Rezago

<b>Fixed-effects (within) regression</b>						
	Group variable (i): sic		Number of obs	=	4584	
	R-sq: within = 0.6671		Number of groups	=	417	
	between = 0.9989		Obs per group: min	=	8	
	overall = 0.9846		avg	=	11	
	$corr(u_i, Xb) = 0.9731$		max	=	11	
			F(11,3739)	=	390.36	
	(Std. Err. adjusted for 417 clusters in sic)		Prob > F	=	0	

Log VA	Coefficiente	Correct. Std.Err.	t	$P >  t $	(95 % Interv. Confia.)	
Rez.1 LogVA	0.689352	0.042976	16.04	0.000	0.604875	0.773830
constante	2.348745	0.322902	7.27	0.000	1.714023	2.983468
sigma u	0.374324					
sigma e	0.127076					
rho	0.896661					

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omiten las dummies por año.

Cuadro 9: Estimación Arellano y Bond con 1 Rezago

<b>Dynamic panel-data estimation, two-step difference GMM</b>						
	Group variable	sic	Number of obs	=	3750	
	Time variable	year	Number of groups	=	417	
	Number of instruments	= 63	Obs per group: min	=	6	
	Wald chi2(10)	= 1244.36	avg	=	8.99	
	Prob > chi2	= 0.000	max	=	9	

Log VA	Coefficiente	Correct. Std.Err.	t	$P >  t $	(95 % Interv. Confia.)	
Rez.1 LogVA	-0.053407	0.0557712	-0.96	0.338	-0.1627166	0.0559026

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences: z = 0.13	Pr > z	= 0.898
Arellano-Bond test for AR(2) in first differences: z = -1.74	Pr > z	= 0.082
Hansen test of overid. restrictions: chi2(64) = 120.92	Prob > chi2	= 0

Warning: Sargan/Hansen tests are weak when instruments are many.

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omiten las dummies por año.

## 8.2.2. Resultados del Modelo

Cuadro 10: Estimación Arellano y Bond

Arellano-Bond dynamic panel-data estimation			
	Number of obs	=	96
Group variable (i): sic2	Number of grou	ps	= 20
	Wald chi2(10)	=	217
Time variable (t): year	Obs per group:	min	= 3
		avg	= 4.8
		max	= 5

d.Log VA	Coefficiente	t	$P >  t $
d.Rez.1 LogVA	0.3989099	2.34	0.019
Dif(2). LogEmp	0.4567486	2.3	0.021
d.Capital	-0.4326883	-3.71	0
d.Rez.1 TIC	15.1718	2.7	0.007
d.Rez.1 IyD	4.927718	2.63	0.008
d.Rez.1 TICxIyD	-116.0079	-2.6	0.009

Arellano-Bond test that average autocovariance in residuals of order 1 is 0:

H0: no autocorrelation  $z = -0.94$   $\Pr > z = 0.3497$

Arellano-Bond test that average autocovariance in residuals of order 2 is 0:

H0: no autocorrelation  $z = -0.81$   $\Pr > z = 0.4185$

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omiten las dummies por año y por sectores intensivos.

Cuadro 11: Estimación por Efectos Fijos

Fixed-effects (within) regression		Number of obs	=	118
Group variable (i): sic2		Number of groups	=	20
R-sq: within = 0.5787		Obs per group: min	=	5
between = 0.2002		avg	=	5.9
overall = 0.0024		max	=	6
$corr(u_i, Xb) = -0.9952$		F(11,87)	=	15
(Std. Err. Adj. for sic2)		Prob > F	=	0

d.Log VA	Coefficiente	t	$P >  t $
Rez.1 LogVA	-0.5692232	-4.92	0
Dif. LogEmp	0.942415	5.48	0
Capital	-0.1454188	-0.19	0.853
.Rez.1 TIC	-0.6058175	-0.22	0.826
Rez.1 IyD	-3.583671	-4.13	0.001
Rez.1 TICxIyD	71.04365	2.1	0.049
sigma u	0.53526464		
sigma e	0.04803725		
rho	0.99201021	(fraction of variance due to $u_i$ )	

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omiten las dummies por año y por sectores intensivos.



### 8.2.3. Variaciones al Modelo: Ejercicios de Robustez

Cuadro 12: Estimación System Gmm sin considerar los sectores más intensivos en I+D y TICS

Dynamic panel-data estimation, two-step system GMM						
Group variable: sic2		Number of obs		=	94	
Time variable : year		Number of groups		=	16	
Number of instruments = 16		Obs per group: min		=	5	
F(11, 15) = 387.94		avg		=	5.88	
Prob > F = 0.000		max		=	6	

Log VA	Coefficiente	Correct. Std.Err.	t	$P >  t $	(95 % Interv. Confia.)	
Rez.1 LogVA	0.7920753	0.1272773	6.22	0	0.5207902	1.06336
Dif. LogEmp	0.8666342	2.53591	0.34	0.737	-4.53853	6.271799
Capital	0.0587641	0.1418894	0.41	0.685	-0.243666	0.3611941
Rez.1 TIC	-3.086425	13.05093	-0.24	0.816	-30.90381	24.73096
Rez.1 IyD	-5.592497	11.1921	-0.5	0.625	-29.44789	18.2629
Rez.1 TICxIyD	302.1694	388.8254	0.78	0.449	-526.5924	1130.931

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences:  $z = -1.67$   $\text{Pr} > z = 0.095$

Arellano-Bond test for AR(2) in first differences:  $z = -0.68$   $\text{Pr} > z = 0.495$

Hansen test of overid. restrictions:  $\text{chi2}(4) = 3.35$   $\text{Prob} > \text{chi2} = 0.501$

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omitieron los sectores 29, 35 36 y 39. Se omiten las dummies por año.

Cuadro 13: Estimación Arellano y Bond considerando exclusivamente los sectores más intensivos en I+D y TICS

Arellano-Bond dynamic panel-data estimation						
		Number of obs	=			20
Group variable (i): sic2		Number of groups	=			4
		Wald chi2(4)	=		5.17E+09	
Time variable (t): year		Obs per group: min	=			5
		avg	=			5
		max	=			5

Log VA	Coefficiente	Correct. Std.Err.	t	$P >  t $	(95 % Interv. Confia.)	
d.Rez.1 LogVA	0.640242	0.083628	7.66	0	0.4763342	0.8041499
Dif(2). LogEmp	0.8270616	0.0951998	8.69	0	0.6404735	1.01365
d.Capital	-0.3743971	0.0503072	-7.44	0	-0.4729975	-0.2757968
d.Rez.1 TIC	4.95509	4.957428	1	0.318	-4.761292	14.67147
d.Rez.1 IyD	6.077811	0.9283879	6.55	0	4.258205	7.897418
d.Rez.1 TICxIyD	-124.5669	18.32309	-6.8	0	-160.4795	-88.65427

Arellano-Bond test that average autocovariance in residuals of order 1 is 0:

H0: no autocorrelation  $z = -1.92$   $\Pr > z = 0.0550$

Arellano-Bond test that average autocovariance in residuals of order 2 is 0:

H0: no autocorrelation  $z = -0.75$   $\Pr > z = 0.4527$

**Fuente:** Contrucción Propia, en base a NSF y BD C. Raddatz (BEA y NBER).

**Nota:** Se omitieron los sectores 29, 35 36 y 39. Se omiten las dummies por año.