



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**LA CONTRIBUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE
INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES A LA CONVERGENCIA
ENTRE PAÍSES.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN ECONOMÍA
APLICADA**

JAVIER GREGORIO AVILA MARTÍNEZ

**PROFESOR GUÍA:
NICOLÁS FIQUEROA GONZÁLEZ**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JORGE RIVERA CAYUPI CO-GUÍA
JOSE MIGUEL BENAVENTE HORMAZÁBAL
JOSÉ LUIS LIMA REINA**

**SANTIAGO DE CHILE
MAYO, 2007**

Agradecimientos

Agradezco de manera especial a Xavier y a Jorge, ya que sin el apoyo de ellos me las dificultades en un período de mi vida me hubieran hecho desistir del objetivo que tenía cuando llegué a Chile.

No puedo olvidar de agradecer a Olga y a Rodrigo, personas que me enseñaron a vivir, comparto con ellos la culminación de esta etapa de mi vida, Chile.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	6
ANTECEDENTES TEORICOS	11
Los determinantes de las diferencias en niveles del crecimiento per capita	11
Los determinantes de las diferencias en convergencia del crecimiento del capital per capita	17
LOS DATOS	20
ANÁLISIS EMPIRICO	22
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFIA	32

RESUMEN

El progreso tecnológico es una de las variables que se consideran más relacionadas al crecimiento económico, en especial es de particular relevancia el proceso de difusión de este progreso tecnológico entre países. Sin embargo, el aporte que tendría este factor sobre el crecimiento económico usualmente no ha sido considerado explícitamente, esto debido a las dificultades que tiene encontrar variables que midan la tecnología, por lo que se caracteriza este factor por el “residuo de Solow” .

El objetivo de este trabajo es analizar el papel que tendría el progreso tecnológico sobre el crecimiento, particularmente en la convergencia entre países. Se utiliza un modelo de crecimiento exógeno donde el progreso tecnológico es dividido en dos factores, el primero considera que parte del progreso tecnológico se transfiere libremente entre países, mientras que el segundo considera la existencia de ciertos cuellos de botella que dificultan el proceso de adopción de conocimientos o tecnologías. Esto permite levantar el supuesto utilizado tradicionalmente de que el progreso tecnológico es igual para todos los países. En este trabajo se utilizan indicadores de adopción de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (ICT) como una aproximación de las diferencias en el progreso tecnológico entre países.

Al incluir las variables relacionadas a la adopción de las ICT en las estimaciones del crecimiento del producto, los efectos de la escolaridad y del capital físico se reducen. El efecto de las ICT sobre el producto resulta cercano a un 2% y la especificación del modelo mejora, cuestión que se ve reflejada en un aumento del R^2 del 26%. Por otro lado, en las estimaciones de convergencia condicional, la inclusión de este tipo de variables pareciera no tener efecto en el impacto de la escolaridad y el capital físico, y aunque resulta estadísticamente significativo, su coeficiente es reducido.

Finalmente, cabe recalcar que la interpretación de estos resultados se debe realizar con cautela ya que estos varían de acuerdo a la implementación de cada uno de los índices utilizados en la medición de las ICT. Este problema es analizado en las recomendaciones realizadas al final de este trabajo.

1.- Introducción

La literatura empírica sobre los determinantes del crecimiento económico ha progresivamente analizado el impacto de factores que se espera contribuyan al crecimiento, además del trabajo y el capital. Bajo este contexto se han hecho interesantes contribuciones, como la revisión del rol del capital humano (Mankiw-Romer-Weil, 1992), del gobierno (Hall-Jones, 1997), de la estabilidad social y política (Alesina-Perotti, 1994), de la corrupción (Mauro, 1995), del capital social (Knack-Keefer, 1997), de los mercados financieros (Pagano, 1993; King-Levine, 1992; Wachtel, 2000) y de la desigualdad en los ingresos (Persson-Tabellini, 1994; Perotti, 1996). Sin embargo, el aporte que tendría el factor tecnología sobre el crecimiento económico no ha sido considerado explícitamente, esto debido a las dificultades que tiene encontrar variables que midan la tecnología y por la facilidad que representa incluir el efecto de esta variable en el “residuo de Solow”¹.

Un ejemplo de cómo los economistas incluyen el progreso tecnológico en el “residuo de Solow”, es la literatura empírica relacionada con los ciclos económicos reales (RBC)². Esta utiliza el “residuo de Solow” como proxy³ de

¹ Se le conoce como “residuo de Solow” ya que es el efecto sobre el crecimiento de factores no incluidos en la ecuación, muchos autores lo interpretan como la medida de nuestra ignorancia.

² Por sus siglas en inglés, Real Business Cycles. El paradigma de esta teoría es que las fluctuaciones que se observan en la economía son producidas por que los agentes se están ajustando ante cambios tecnológicos, “shocks tecnológicos”.

los shocks tecnológicos que producirían, según esta teoría, las fluctuaciones que observamos en la economía, aunque claramente este residuo no sólo incluya efectos relacionados con el progreso tecnológico.

Pero si el progreso tecnológico puede impulsar a la economía de un país, ¿podría este afectar las diferencias entre las economías de los países?. La respuesta sería posiblemente, pero hasta el momento este efecto ha sido ignorado debido al supuesto de que el progreso tecnológico y el conocimiento que viene asociado a este, puede ser incorporado libremente como si fuera un bien público, disponible sin costo a todos los individuos y en todos los países. (Temple, 1999)

Pero, ¿cuál es la diferencia entre el conocimiento asociado al progreso tecnológico y el conocimiento asociado al capital humano?. Según Quah (2001), existen dos tipos de conocimientos, tácito y codificado. El conocimiento tácito, es aquel que una persona, comunidad, organización o país, tiene incorporado o almacenado en su mente, en su cultura y es difícil de explicar. Este conocimiento puede estar compuesto por ideas, experiencias, destrezas, habilidades, costumbres, valores, historia, creencias, etc...

³ Los shocks tecnológicos se aproximan mediante un proceso autoregresivo del residuo de Solow.

Por otro lado, el conocimiento codificado es aquel que puede ser reducido a información mediante dibujos, formulas, números o palabras y, por ello, su transmisión y acumulación no presenta grandes dificultades.

Quah (2001), separa estos tipos de conocimientos y los asocia, el capital humano al conocimiento tácito y el progreso tecnológico al conocimiento codificado. Basándose en esta clasificación el presente trabajo asocia el tipo de conocimiento codificado al progreso tecnológico con el objetivo de analizar el efecto que tendría este sobre el crecimiento.

Ahora, utilizando el trabajo de Mankiw-Romer-Weil (MRW)⁴, (1992) como punto de referencia, surge la pregunta, ¿qué pasaría si variables que pueden representar el progreso tecnológico resultan significativas y no están siendo consideradas en la especificación del modelo?. La respuesta sería que los parámetros de los otros regresores del modelo⁵ resultarían sesgados en la medida en que ellos estén correlacionados⁶. Además, la especificación omitida del progreso tecnológico estaría sesgando las regresiones de sección cruzada en los determinantes del nivel de ingreso per capita⁷. Esto ocurre porque el progreso tecnológico no puede ser tratado como una constante en sección

⁴ De ahora en adelante se utilizará esta abreviación cuando se haga mención al trabajo de Mankiw-Romer-Weil.

⁵ Trabajo e inversión en capital físico y humano.

⁶ Esta crítica se la conoce como de la variable omitida.

⁷ Esta crítica se la conoce como de la constante en sección cruzada.

cruzada, implícitamente atribuyendo el mismo nivel de tecnología para cada observación (Islam, 1995; Temple, 1999).

Una de las alternativas que se tiene para resolver los problemas que se pueden producir por no considerar el progreso tecnológico es, lógicamente, incluir variables que sean buenos indicadores del progreso tecnológico de cada país.

Diversos estudios como los realizados por Vu (2004), Al-Mutawakkil y Heshati (2006) y Quah (2002) analizan la relación que tiene la Tecnología de la Información y las Comunicaciones (ICT) con el progreso tecnológico y el crecimiento económico y llegan a la conclusión que la adopción de las ICT es un factor relevante que está impulsando el crecimiento de los países.

Luego, incluyendo variables que reflejen el grado de adopción de la ICT para cada uno de los países se podría, en buena medida, aproximar las diferencias en el progreso tecnológico entre países y analizar el impacto que estas tendrían sobre el crecimiento. (Adriani y Becchetti, 2003).

En esencia, la ICT está conformada por productos del conocimiento, como por ejemplo software o bases de datos, los cuales son intangibles, extensibles e infinitamente reproducibles, los cuales crean valor incrementando la

productividad del trabajo o agregando valor a los productos físicos tradicionales o servicios⁸. (Quah, 1999).

De esta manera, si la ICT consistiera sólo de productos del conocimiento, debería ser disponible, casi de inmediato, en todos lados, sin importar el país en la cual ésta fue creada. Esto no ocurre así dado que la difusión y la disponibilidad inmediata de productos del conocimiento es impedida por diversos factores tales como la falta de capacidad de la redes, que no permite transmitir una mayor cantidad de productos de conocimiento, la falta de acceso de los individuos a la red en la cual los productos del conocimiento son transportados e intercambiados y el poder y la disponibilidad de los terminales que procesan, implementan e intercambian los productos de conocimiento sobre la Internet. Entonces usando variables relacionadas a la ICT se podrían modelar las diferencias no conocidas por países en la difusión de tecnología.

El propósito de este trabajo es incluir variables que se relacionen con la ICT para poder modelar las diferencias en el progreso tecnológico entre los países para así generar un considerable incremento en el poder explicativo en las estimaciones de sección cruzada de los determinantes de los niveles de ingreso por trabajador y por lo tanto, reducir significativamente los efectos de la crítica a

⁸ Los productos del conocimiento tienen características similares a las de los bienes públicos, la extensibilidad y reproducibilidad infinita hacen de ellos bienes no rivales en el consumo y la protección contra copia, a diferencia de las patentes, los hace mucho menos excluyentes que otro tipo de innovaciones tales como nuevas drogas.

constante de sección cruzada y de variable omitida. Adicionalmente, el incremento del poder explicativo en la regresión del nivel de PIB por trabajador permite controlar que la heterogeneidad no controlada en niveles de ingreso per capita lleve a una correlación significativa entre el nivel del ingreso per capita rezagado y el término de error en las regresiones de convergencia, lo que viola uno de los supuestos requeridos para consistencia de los estimadores OLS haciendo posible una estimación de sección cruzada de convergencia de tasas de crecimiento.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presentan algunos antecedentes teóricos de la literatura de crecimiento, en la Sección 3 se documenta el origen de los datos utilizados en las estimaciones, en la Sección 4 se presentan el análisis empírico, en la sección 5 se muestran las conclusiones y en las dos últimas secciones presentan algunas recomendaciones para trabajos posteriores enfocados a este tema. Y la bibliografía utilizada.

2.- Antecedentes teóricos

2.1.- Los determinantes de las diferencias en niveles del crecimiento per capita

Las referencias desarrolladas en la introducción sobre el rol de la ICT sobre el crecimiento llevan a formular la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1: factores que determinan la difusión de la ICT son buenas proxies para medir la cantidad de progreso tecnológico que aumenta la productividad laboral en un modelo de crecimiento con capital humano a la MRW.

Considerando el modelo MRW (1992) cuya función de producción toma en consideración el rol del capital humano

$$Y_t = F(K, H, AL) = K_t^\alpha H_t^\beta (A_t L_t)^{1-\alpha-\beta} , \quad (1.1)$$

donde H es e stock de capital humano, mientras que L y K son factores trabajo y capital físico.

Los capitales físico y humano siguen las siguientes leyes de movimiento:

$$\dot{K} = s_k Y - \delta K \quad (1.2)$$

$$\dot{K} = s_k F(K, AL) - \delta K \quad (1.3)$$

$$\dot{H} = s_h Y - \delta H \quad (1.4)$$

$$\dot{H} = s_h F(K, AL) - \delta H, \quad (1.5)$$

donde s_k y s_h son las fracciones de ingreso respectivamente invertidas del capital físico y humano.

El crecimiento exógeno del factor trabajo es expresado por:

$$L_t = L_0 e^{nt} \quad (1.6)$$

A diferencia de MRW (1992), aquí se modela el progreso tecnológico aumentador del factor trabajo asumiendo que la mayoría de este se puede aproximar mediante productos del conocimiento⁹. Estos productos son llevados a los individuos mediante factores tales como el acceso a la red, la capacidad de la red y la habilidad de los “periféricos” los cuales procesan e intercambian los productos del conocimiento.

⁹ Por el Teorema de Uzawa (1961) se tiene que para exista equilibrio estacionario en un modelo neo clásico de crecimiento es necesario que el factor tecnológico sea aumentador de trabajo. En particular para el caso de una función de producción tipo Cobb-Douglas, es equivalente modelar el efecto tecnológico como aumentador de otro tipo de factores o como solamente aumentador de trabajo.

La dinámica del progreso tecnológico es:

$$A_{(t)} = A_{KP(t)} A_{ICT(t)} , \quad (1.7)$$

donde

$$A_{ICT(t)} = A_{ICT(0)} e^{g_{ICT}t} \quad \text{y} \quad A_{KP(t)} = A_{KP(0)} e^{g_{KP}t} . \quad (1.8)$$

A_{ICT} es una medida del stock de factores ICT y g_{ICT} su tasa de crecimiento, donde $A_{KP(t)}$ es la contribución al progreso tecnológico del stock de los productos de conocimiento y g_{kp} su tasa de crecimiento.

Rescribiendo la función de producción en términos de producto por unidades de eficiencia como $y = k^\alpha h^\beta$, se puede obtener las dos ecuaciones estándar de crecimiento:

$$\dot{k}_t = s_k y_t - (n + g + \delta)k_t \quad (1.9)$$

$$\dot{h}_t = s_h y_t - (n + g + \delta)h_t , \quad (1.10)$$

donde

$$g = g_{ICT} + g_{KP} . \quad (1.11)$$

Si se iguala el crecimiento del capital físico y humano igual a cero, entonces el estado estacionario resulta:

$$k^* = \left(\frac{s_k^{1-\phi} + s_h^\phi}{(n+g+\delta)} \right)^{\frac{1}{1-\phi-\phi}} \quad (1.12)$$

$$h^* = \left(\frac{s_k^{1-\phi} + s_h^\phi}{(n+g+\delta)} \right)^{\frac{1}{1-\phi-\phi}}, \quad (1.13)$$

sustituyendo h^* y k^* en la función de producción y tomando logaritmos se obtiene

$$\frac{Y}{L} = Af(k^*, h^*) = Ak^{*\varphi} h^{*\phi} = A_{KP(0)} e^{g_{KP}t} A_{ICT(0)} e^{g_{ICT}t} k^{*\varphi} h^{*\phi} \quad (1.14)$$

y

$$\ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) = c + \ln(A_{ICT(0)}) + g_{ICT}t + \frac{\varphi}{1-\varphi-\phi} \ln(s_k) + \frac{\phi}{1-\varphi-\phi} \ln(s_h) - \frac{\varphi+\phi}{1-\varphi-\phi} \ln(n+g+\delta) \quad (1.15)$$

$$\ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) = c + \ln(A_{ICT(0)}) + g_{ICT}t + \frac{\varphi}{1-\varphi-\phi}[\ln(s_k) - \ln(n+g+\delta)] + \frac{\phi}{1-\varphi-\phi}[\ln(s_h) - \ln(n+g+\delta)] \quad , \quad (1.16)$$

donde $c = \ln(A_{KP(0)}) + g_{KP(0)}$ es el componente de bien público de los productos de conocimiento y por lo tanto se asume constante entre los países.

Primero analicemos el intercepto común, en esta modelación este se interpreta como la parte de los productos de conocimiento que fluyen libremente entre países, similar a la interpretación del intercepto da MRW (1992) en su modelo, pero con la diferencia que aquí no partimos del supuesto que toda la tecnología es libremente trasferida entre países, sino una parte de esta.

Segundo, se aumenta al mismo tiempo dos términos adicionales que dan cuenta del logaritmo del stock de la ICT al nivel inicial del período y de su tasa de crecimiento por unidades de tiempo, por lo tanto, la posibilidad que todos los países tengan el mismo nivel de estado estacionario de ingreso per capita no sólo depende en el nivel del crecimiento de su población y tasas de inversión en capital, esta también se ve afectada por el nivel inicial y la tasa de crecimiento de la ICT.

Finalmente, el crecimiento de la tecnología esta definido como $g = g_{ICT} + g_{KP}$, por lo tanto si g_{ICT} varia entre países, se tiene que la tasa de crecimiento de la tecnología más la depreciación ($g+d$), no es tratada como fija e igual a 0.05 para todos los países, como en el caso del trabajo de MRW (1992).

2.2.- Los determinantes de las diferencias en convergencia del crecimiento del capital per capita.

Bajo la hipótesis 1 es posible mostrar que, en la proximidad de la senda balanceada de crecimiento, y converge a y^* a una tasa $(1-a-b)(n+g)=\lambda$, este resultado puede ser obtenido de la solución a un ecuación diferencial.

$$\frac{d \ln(y)}{dt} = \lambda [\ln(y) - \ln(y^*)] \quad , \quad (2.1)$$

que es

$$\ln(y_t) - \ln(y^*) = e^{\lambda t} [\ln(y_0) - \ln(y^*)] \quad . \quad (2.2)$$

Si se suma $\ln(y^*) - \ln(y_0)$ a ambos lados se obtiene una ecuación explicando la tasa de crecimiento:

$$\ln(y_t) - \ln(y_0) = (1 - e^{-\lambda}) [\ln(y_0) - \ln(y^*)], \quad (2.3)$$

reemplazando $\ln(y^*)$ en la solución se obtiene

$$\ln(y_t) - \ln(y_0) = (1 - e^{-\lambda}) \frac{\varphi}{1 - \varphi - \phi} \ln(s_k) + (1 - e^{-\lambda}) \frac{\phi}{1 - \varphi - \phi} \ln(s_h) + (1 - e^{-\lambda}) \frac{\varphi + \phi}{1 - \varphi - \phi} \ln(n + g + \delta) + (1 - e^{-\lambda}) \ln(y_0) \quad (2.4)$$

o

$$\ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) - \ln\left(\frac{Y_0}{L_0}\right) = c' + g_{ICT}t + (1 - e^{-\lambda}) \frac{\varphi}{1 - \varphi - \phi} \ln(s_k) + (1 - e^{-\lambda}) \frac{\phi}{1 - \varphi - \phi} \ln(s_h) + (1 - e^{-\lambda}) \frac{\varphi + \phi}{1 - \varphi - \phi} \ln(n + g + \delta) + (1 - e^{-\lambda}) \ln\left(\frac{Y_0}{L_0}\right) + (1 - e^{-\lambda}) \ln(A_{ICT(0)}) \quad (2.5)$$

$$\text{donde } c' = g_{kpt} + (1 - e^{-\lambda}) \ln(A_{KP(0)}). \quad (2.6)$$

A diferencia con el enfoque MRW (1992) tradicional el intercepto, en esta modelación, se interpreta sólo la porción de la tecnología que efectivamente es libremente transferida entre países y por lo tanto sería correcto que esta variable sea igual entre países.

Tanto la velocidad de convergencia como la convergencia misma, se ven afectadas para cada uno de los países, debido a que ahora el crecimiento tecnológico incluye un término que varía de país en país (g_{ict}). Por lo tanto, dependiendo del signo de esta variable se puede afectar positiva o negativamente la convergencia y su velocidad.

Adicionalmente, la convergencia entre países incluye el término que incorpora las diferencias en el stock inicial de ICT, lo cual podría resultar en un aumento en las diferencias entre países con alta inversión en este tipo de variables y el resto de países.

En este artículo se estima el sistema de ecuaciones formado por (1.16) y (2.5) mediante un modelo de sección cruzada, siguiendo la metodología utilizada por Adriani y Becchetti (2003). Además, para abordar la crítica de la constante de la sección cruzada se estima la ecuación (1.16) mediante un panel con efecto fijo.

3.- Los Datos

Los datos utilizados para realizar las estimaciones provienen de diferentes bases de datos. De la base del Centro de Comparaciones Internacionales se utilizó el producto interno bruto real por trabajador (Y/L), considerando el grupo etario comprendido entre 15 y 64 años, la inversión real como porcentaje del pib (s_k) y el crecimiento de la fuerza laboral (n). De la base de datos publicada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) se tomaron las variables de Tecnología de Información y telecomunicaciones (ICT), mientras que de la base Barro-Lee (actualizada) se utilizaron las medidas de escolaridad, con el fin de ser una aproximación al capital humano (sh). La periodicidad de los datos en las bases es anual, excepto para la escolaridad que está medida cada cinco años.

Con respecto a las variables ICT se utilizaron cuatro indicadores de tecnología que reflejan la calidad y/o capacidad de un país para transmitir información, las variables en mención son: número de líneas telefónicas fijas por cada 1000 habitantes (ICT 1), número de usuarios de internet por cada 1000 habitantes (ICT 2), teléfonos móviles por cada 1000 habitantes (ICT 3) y número de computadores por cada 1000 habitantes (ICT 4). Adicionalmente se construyó un índice ICT compuesto¹⁰, que está construido como la suma ponderada¹¹ de

¹⁰ La elaboración de los índices tecnológicos por parte de Andretti y Bechetti (2003) se basa en promedios simples. No consideran efectos de escala ni de importancia o madurez de una tecnología. Por ejemplo, el uso de la Internet o el computador permite de varias maneras

los índices individuales¹², utilizado para evaluar el impacto de las 4 tecnologías en conjunto sobre producción y crecimiento.

Es evidente que la información de las variables ICT no tiene la misma longitud para cada una de estas tecnologías debido a que han aparecido en momentos distintos. Este hecho per se no tendría mayor efecto en las estimaciones. El problema que presenta la metodología de cálculo del índice compuesto es que sobreestima las posibles diferencias tecnológicas entre países durante el período de introducción de una tecnología. Por ejemplo, si la introducción¹³ de una tecnología en el país A se produce antes que en el país B, el índice compuesto sobreestimaré el efecto de esta tecnología salvo el caso en que el año de introducción de la tecnología en el país A, esta se haya masificado o por lo menos alcanzado un nivel de penetración considerable. A medida que la tecnología es introducida en la mayoría de países este problema disminuye y el índice compuesto permitiría realizar comparaciones a través del tiempo entre países.

procesar y almacenar mucha más información de lo que permitiera una línea telefónica convencional, por lo tanto realizar un promedio simple sobreestimando este índice para países que todavía siguen en la fase de masificación de tecnologías menos eficientes.

¹¹ Las ponderaciones se utilizaron para dar más peso a las tecnologías que permiten una mayor transmisión y/o almacenamiento de información.

¹² Para calcular los índices individuales se normaliza cada uno de las variables para obtener un índice que se encuentra entre 0 y 1, apaleando un poco el problema de comparación entre escalas.

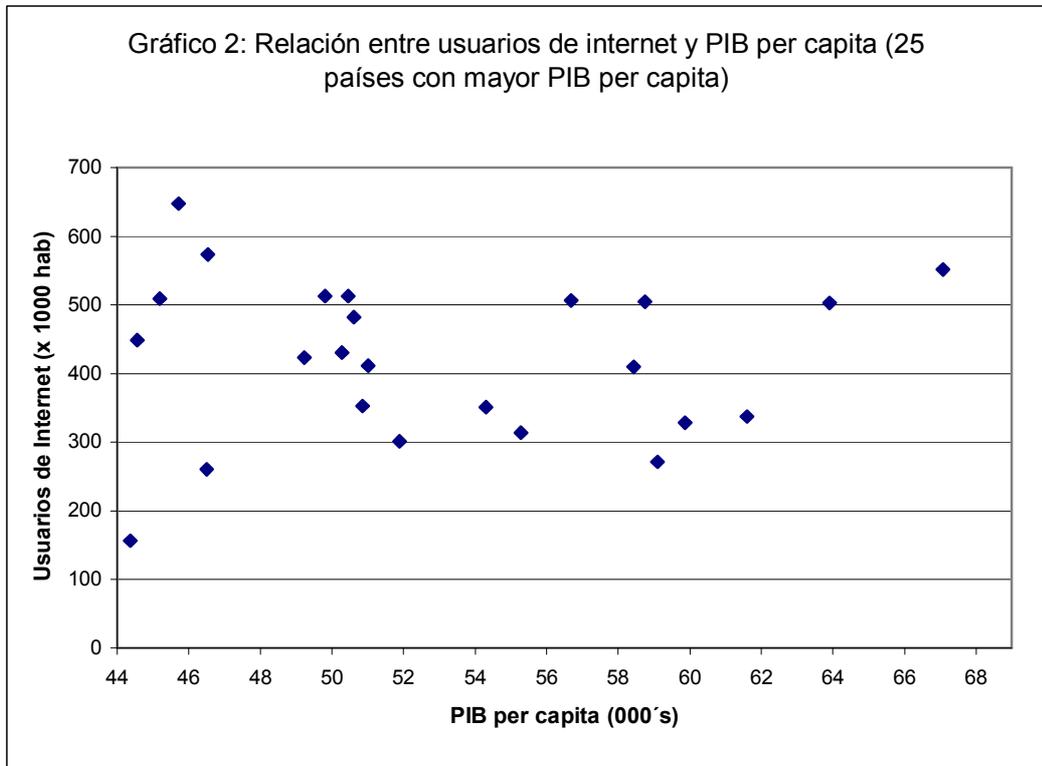
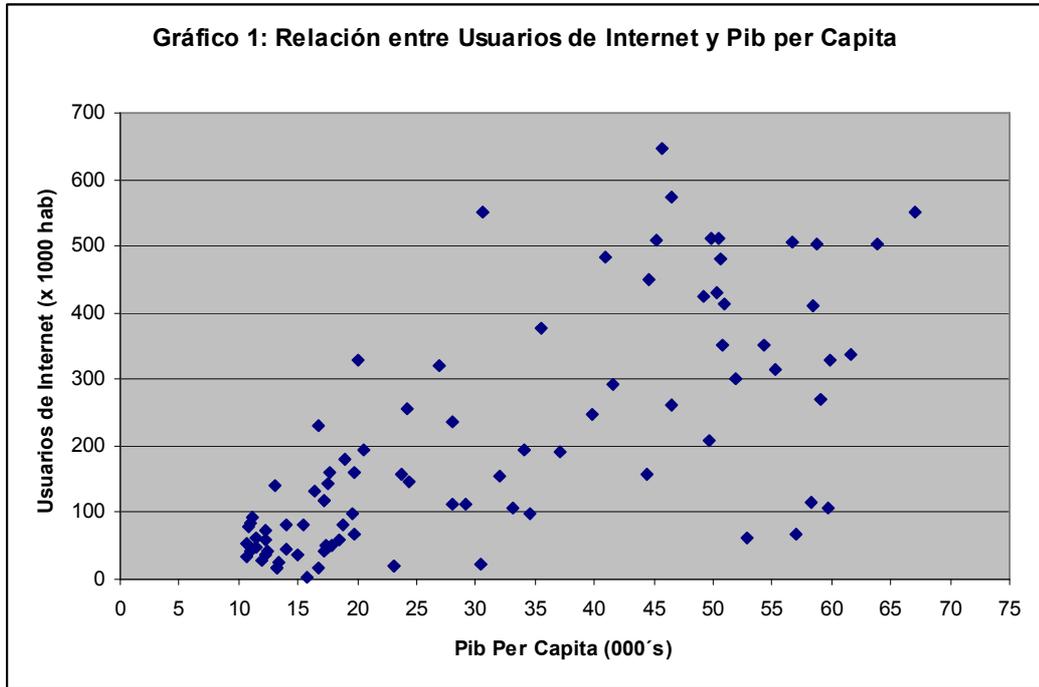
Por esta razón expuesta anteriormente, las estimaciones se han realizado para dos tamaños de muestra: 1990-2000, en la cual se puede contar con información sobre ICT 1, ICT 3 e ICT 4, además de la construcción del ICT compuesto; y 1976-2000, en la cual sólo se va a utilizar el ICT compuesto debido a la inexistencia o falta de información sobre el tipo de tecnología específica.

4. Análisis Empírico

Un análisis preliminar permite evidenciar las diferencias de adopción de variables ICT¹⁴ entre países con distintos niveles de PIB per capita. Como se muestra en el Gráfico 1, los países con mayor ingreso per capita se encuentran muy por delante de los países “pobres” respecto a la adopción de este tipo de tecnologías.

Es difícil encontrar diferencias en la adopción de variables ICT entre los países pobres, pero a medida que estos van aumentando el PIB per capita se encuentra que cada vez el grado de adopción se vuelve más disperso, esto se ve claramente en el Gráfico 2, donde se presentan los 25 países con mayor ingreso per capita de la muestra.

¹⁴ Para este ejercicio se utilizó las cuatro variables descritas en el capítulo anterior para el período 2000. Debido a que la variable Internet es la que más se relaciona con la definición de variable ICT se muestran los resultados obtenidos para esta variable.



Una vez examinada la relación existente entre variables ICT y niveles de ingreso, se procede a utilizar las ecuaciones desarrolladas en la Sección 2 para establecer el efecto que tendrían estas sobre los niveles de crecimiento y de convergencia.

En la Tabla 1 muestra los resultados obtenidos al estimar la ecuación de producto en sección cruzada, tanto para el modelo MRW (1992), como para los distintos índices ICT. En términos generales se obtiene que el nivel inicial de la tecnología es significativo para todos los índices y para todos los tamaños de la muestra. Esto es consistente con la literatura que recoge los efectos que tendrían la infraestructura de telecomunicaciones o la inversión en investigación y desarrollo¹⁵.

Efectivamente la inclusión de los índices ICT mejoran la especificación del modelo MRW (1992), esto reflejado en los R^2 más elevados, para todos los tamaños de la muestra. Otro hecho notable es la disminución del efecto de las tasas de inversión en capital físico y humano¹⁶ (en algunos casos se vuelven no significativas), así como una disminución en el efecto de la constante cuando se toman en consideración las ICT en el modelo de producción.

¹⁵ Ver Roller, L y Waverman, L (2001) .

¹⁶ La variable capital humano debería incluir el nivel de capacitación que tienen las personas para el uso de nuevas tecnologías (computadores, Internet, otros), por lo que podría existir una correlación alta entre nivel inicial de ICT y nivel de capital humano, sin embargo en este estudio se utiliza el nivel de escolaridad como variable proxy del capital humano reduciéndose así este posible problema.

Respecto a la disminución del efecto que tendría la tasa de inversión en capital humano esto podría deberse a que las tecnologías ICT son adoptadas por personas que se capacitan¹⁷ para el uso de las mismas, y esto podría generar cierta endogeneidad en la decisión de un país de adoptar este tipo de tecnologías.

Tabla 1: Regresiones de sección cruzada incluyendo variables ICT

	1990-2000				1976-2000		
	MRK	ICT (1)	ICT (3)	ICT (4)	INDICE	INDICE	
Ln(sk)-ln(n+g+d)	0.39*** (3.05)	0.04 (0.51)	-0.02 (-0.14)	0.24** (2.45)	0.00 (0.05)	0.67--- (4.45)	0.24— (2.36)
Ln(sh)-ln(n+g+d)	0.59*** (7.68)	0.12** (0.02)	0.03 (0.44)	0.12** (2.42)	0.10** (2.08)	0.49*** (6.47)	0.06 (1.01)
g_{ict}		0.02** (2.58)	0.01*** (0.00)	0.02*** (5.61)	0.01** (2.32)		0.08*** (6.02)
Ln(A _{ict0})		0.48*** (13.72)	0.40*** (0.00)	0.40*** (12.35)	0.03*** (12.29)		0.46*** (11.92)
Constante	8.82***	7.24	8.96	8.23	7.78	8.71	7.22
R2	0.75	0.93	0.88	0.95	0.94	0.80	0.93

Con respecto a la disminución del efecto del capital físico sobre el crecimiento, este es un resultado esperado si se considera los supuestos de la “Nueva Economía” que supone la entrada de los avances tecnológicos y los medios masivos de comunicación han tenido un fuerte impacto sobre la economía.¹⁸

En la Tabla 2 se estima la misma ecuación de producto, pero en un enfoque de datos de panel con una frecuencia de 5 años. La metodología propuesta aquí es con la finalidad de abordar la crítica de la constante en sección cruzada, incorporando además de las variables ICT por individuo y período, y una

¹⁷ OECD índice capital humano.

dummy por cada país para recoger el efecto no observable individual. Unos de los resultados más relevantes es la significancia de los coeficientes correspondientes a los niveles de las ICT, con excepción del índice correspondiente a telefonía móvil. También es notoria la disminución del efecto de las tasas de inversión en capital físico y humano sobre el producto cuando se agregan al modelo las ICT (disminución del valor del coeficiente, pérdida de significancia, reversión del signo). Estos resultados son consistentes para las muestras 1990-2000 y 1976-2000.

Tabla 2 Determinantes de los niveles de ingreso per capita estimado con Datos de Panel con efecto fijo

	1990-2000					1976-2000	
	MRK	ICT (1)	ICT (3)	ICT (4)	INDICE	MRW	INDICE
Ln(sk)-ln(n+g+d)	0,17 (1,61)	0,09 (1,38)	0,9 (0,76)	0,21** (2,37)	0,01 (0,13)	0,13** (2,42)	0,003 (0,10)
Ln(sh)-ln(n+g+d)	0,21*** (2,67)	0,07 (0,82)	-1,32 (-1,23)	-0,27*** (-3,48)	-0,18*** (-2,87)	0,14*** (3,09)	-0,03 (-0,63)
g_{ict}		-0,002 (-1,02)	0 (0,41)	0,28** (2,48)	-0,001** (-2,50)		0,001 (0,53)
	Ln(A_{ict0})		0,26*** (4,37)	0,01 (0,44)	0,08*** (3,34)	0,1*** (3,57)	0,15*** (4,30)
Constante	9,00***	8,36***	9,46***	9,07***	8,72***	9,46***	9,11***
Países	94	94	68	63	94	94	94

En la Tabla 3 se realiza un ejercicio de estimación de el modelo de crecimiento utilizando sección cruzada para ambas muestras. Este modelo está estimado usando como variable dependiente la diferencia de los logaritmos del producto entre sus valores inicial y final. En líneas generales se encuentra que el

coeficiente del producto rezagado es negativo y significativo, lo que apoya la hipótesis de convergencia condicional en este tipo de modelos.

Para el periodo 1990-2000 se encuentra que la penetración de computadores es el factor tecnológico más relevante, esto quizás porque refleje también el efecto que tendría la adopción de Internet¹⁹. Este resultado está acorde con la vasta literatura actual que está tratando de responder la “Paradoja de Solow”.

Tabla 3 Determinantes de la tasa de crecimiento real per capita del PIB, sección cruzada

	1990-2000					1976-2000	
	MRW	ICT (1)	ICT (3)	ICT (4)	INDICE	MRW	INDICE
ln(sk)-ln(n+g+d)	0,11** (2,60)	0,07* (1,67)	0,11 (1,56)	0,17*** (2,97)	0,07 (1,48)	0,34***** (3,60)	0,24 (2,47)
ln(sh)-ln(n+g+d)	0,07** (2,46)	0,04 (1,28)	0,04 (1,16)	0,11*** (3,78)	0,06** (2,08)	0,22*** (4,32)	0,08 (1,38)
g _{ict}		0,02*** (4,94)	0,001 (0,57)	0,01*** (4,69)	0,01** (2,51)		0,08*** (5,74)
ln(A _{ICT0})		0,06 (1,51)	0,02 (0,42)	0,12*** (3,08)	0,06 (1,29)		0,29*** (4,19)
ln pib	-0,07** (-2,13)	-0,09 (-1,32)	-0,15** (-1,91)	-0,35*** (-4,73)	-0,14* (-1,71)	-0,34*** (-5,95)	-0,67*** (-5,63)
constante	0,67**	0,62	1,79**	3,02***	1,16*	3,01***	4,81***
R ²	0,28	0,34	0,27	0,56	0,26	0,49	0,57
países	84	84	45	45	83	83	68

Se puede observar que la importancia del nivel inicial de la variable ICT4 es similar a la importancia de las tasas de inversión en capital físico y humano. Adicionalmente, se observa que la especificación del modelo mejora, este resultado es similar al trabajo realizado por Adriani y Bechetti (2003).

¹⁹ Adicionalmente a la productividad per se que proporciona el uso del computador, este indicador puede ser una buena proxy del número de conexiones de internet que existen en un país. La información sobre conexiones a internet es escasa para los primeros años de la muestra del período 1990-2000, por lo que no se utiliza esta variable ya que el tamaño de la muestra se vería drásticamente reducido.

Utilizando la muestra correspondiente al periodo 1976-2000, se encuentra una velocidad de convergencia cercana al 2% lo cual es consistente con la literatura de crecimiento tradicional. La variable tecnológica y la tasa de inversión en capital físico resultan significativas, mientras que la tasa de inversión en capital humano pierde significancia posiblemente producto del problema de endogeneidad explicado anteriormente²⁰.

5. Conclusiones

La revolución tecnológica originada por la convergencia progresiva de software y telecomunicaciones, aumentada por el progreso en la tecnología digital está dramáticamente cambiando el mundo. Esta revolución ha reducido drásticamente los costos de transporte, modificado profundamente los patrones geográficos de los factores productivos y aumentado significativamente la productividad.

Como es el supuesto, que a lo largo de este trabajo se ha utilizado, la ICT está conformada principalmente por productos de conocimientos tales como software, bases de datos, etc..., de libre acceso bajo ciertas condiciones. Estas condiciones están representadas por la capacidad y el acceso a las redes de

²⁰ Un ejercicio que podía ayudar a corroborar estos resultados sería la estimación separando las tasas de inversión en capital físico y humano de $g+n+\delta$.

transporte de información y el acceso a terminales donde se pueda procesar y reproducir dicha información.

Por lo tanto, el crecimiento debería estar afectado por la calidad de las líneas telefónicas y por el número de computadores personales, teléfonos móviles y conexiones a Internet. Estos factores tienden a reducir las limitantes en el flujo del conocimiento tecnológico.

La literatura empírica sobre crecimiento no ha considerado propiamente este hecho debido, ya sea a falta de información, o producto del supuesto teórico de que la tecnología es un bien público que puede ser fácilmente incorporado sin ningún costo en las funciones de producción domésticas. La evidencia aportada por este trabajo muestra que este podría no ser el caso. Aunque se debe tener precaución al momento de interpretar los resultados debido a que parte de este trabajo se realiza para un periodo de apenas una década, que puede llevar a conclusiones erróneas particularmente si estamos hablando de crecimiento, se puede concluir en términos generales que existe evidencia que al controlar por las diferencias en tecnologías entre países mediante la utilización de variables ICT mejora las estimaciones de convergencia entre países. Estas conclusiones están de acuerdo con la enorme literatura que habla sobre el efecto que tendría la Tecnología de Información y Comunicaciones sobre la productividad en cada país.

De los resultados de este trabajo se desprende de que la inversión asociada a sectores relacionados a la adopción de tecnología, y específicamente a la ICT, deben ser fomentados en los países en vías de desarrollo con el fin de acortar las diferencias en ingreso per capita existentes con los países desarrollados.

6. Recomendaciones

Uno de los problemas que se enfrenta en la construcción de los índices que miden la ICT es que todavía estos no se hacen cargo de las diferencias tecnológicas entre países durante el período de introducción de una tecnología. Por ejemplo, si la introducción de una tecnología en el país A se produce antes que en el país B, el índice compuesto sobreestimaré el efecto de esta tecnología salvo el caso en que el año de introducción de la tecnología en el país A, esta se haya masificado o por lo menos alcanzado un nivel de penetración considerable. Incluir una mayor cantidad de datos en la serie de tiempo reducirá este problema, ya que a medida que la tecnología es introducida en la mayoría de países este problema disminuye, y el índice compuesto permitiría realizar comparaciones a través del tiempo entre países.

Otra posible extensión del trabajo sería incluir variables que reflejen el grado de preparación del capital humano para el uso de variables tecnológicas, algo parecido al índice e-readiness.

Este trabajo no se hace cargo de la posible endogeneidad que existiría en la elección de introducción de la tecnología, se podría utilizar un enfoque parecido al utilizado a los modelos de R&D donde se endogeneiza la decisión de inversión.

BIBLIOGRAFÍA

AL-MUTAWAKKIL, A. y HESHMATI, A. 2006 Development of Information and Communication Technologies at the Global Level. Seoul National University Documento de Discusión.

ALESINA, A. y PEROTTI, R. 1994, The political economy of growth: a critical survey of the recent literature. World Bank Economic Review 8 (3):351-71.

ADRIANNI, F., y BECHETTI, L. 2003, Does the digital divide matter?. CEFIMS Documento de Discusión No.- 32.

HALL, R. y JONES, C. 1997, Levels of economic activities across countries. American Economic Review 87 (2):173-77

ISLAM, N. 1995, Growth empirics: a panel data approach. Quarterly Journal of Economics 110 (4):1127-1170.

KING, R.G Y LEVINE, R. 1992, Finance and growth: Shumpeter might be right. The Quarterly Journal of Economics 108 (3):717-737.

KNACK, S. Y PHILLIP, K. 1997, Does Social Capital Have an Economic Payoff? A Cross-Country Investigation. Quarterly Journal of Economics 112 (4):1251-1288

MANKIW, N. ROMER, D. Y WEIL, D. (MRW) 1992, A contribution to the empirics of economic growth. Quarterly Journal of economics 107 (2):407-437.

MAURO, P. 1995, Corruption and growth. Quarterly Journal of Economics 110 (3):681-712.

PAGANO, M. 1993, Financial markets and growth: an overview. European Economic Review 37: 613-622.

PEROTTI, R. 1996, Growth, income distribution and democracy: what the data say. Journal of Economic Growth 1: 149-187.

PERSSON, T. Y TABELLINI, G. 1994, Is inequality harmful for growth?. American Economic Review 84 (3):600-621.

QUAH, D. 1999, Technology and Growth, The Weightless Economy in Economic Development. The Business Economist 130 (1):40-53.

QUAH, D. 2002, Technology Dissemination and Economic Growth: Some Lessons for the New Economy. CEPR Documento de Discusión No.- 3207.

QUAH, D. 2003, Digital Goods and the New Economy. CEPR Documento de Discusión No.- 3846.

ROLLER, R. Y WAVERMAN, L. 2001, Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A simultaneous approach. American Economic Association 91 (4):909-923

TEMPLE, J. 1999, The new growth evidence. Journal of Economic Literature 37 (1):112-156.

UZAWA, HIROFUMI. 1961, Neutral Inventions and the Stability of Growth Equilibrium. Review of Economics Studies 28 (2):117-124.

VU, K., 2004, ICT and Global Economic Growth, Program on Technology and Economic Policy. Doctorado en Políticas Publicas. Universidad de Harvard, John Kennedy School of Government.

WACHTEL, P. 2000, Equity markets and growth: cross-country evidence on timing and outcomes, 1980-1995. *Journal of Banking and Finance* 24 (12):1933-1957.