

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Departamento de Economía

IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN LA ECONOMÍA CHILENA

Tesis para optar al Título de Ingeniero Comercial Mención Economía

Daniela Andrea Leiva Ilabaca

Director de Tesis: Profesor George Lever Dibán

Santiago, Chile, 2003

..	1
Resumen .	3
INTRODUCCIÓN .	5
I. LA NUEVA ECONOMÍA .	7
1. Surgimiento de la Economía Digital .	7
2. Algunos Beneficios de "Estar en Red" . .	10
3. Convergencia y Brecha Digital .	14
4. Efectos Macroeconómicos de las TIC . .	18
4.1. Efectos en el Empleo .	18
4.2. Efectos en la Inflación .	20
II. EVOLUCIÓN TEÓRICA . .	23
1. Teorías de Crecimiento Económico .	23
1.1. Teoría Neoclásica . .	24
1.2. Teoría de Crecimiento Endógeno .	26
III. EVIDENCIA EMPÍRICA .	29
Evidencia Internacional .	29
2. Evidencia para Chile . .	33
IV. FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS PARA EL CASO DE CHILE	
..	43
1. Fundamentos Principales .	43
2. Descripción de Modelos . .	44
2.1. Estimación A . .	44
2.2. Estimación B . .	46
2.3. Estimación C . .	48
3. Las Variables. .	48
V. COMENTARIOS FINALES .	51
Conociendo el Nuevo Orden Económico .	51

A todos aquellos que me han apoyado en este camino, en especial a mis abuelos, fuente de constantes enseñanzas y cariño. A mis padres, los tres, silenciosas miradas sorprendidas ante las maravillas de la vida. A mi esposo e hijo, la hermosa luz que me levanta día a día y la razón de mis sonrisas. Finalmente, a mi Maestro Espiritual, adorado eternamente en mi corazón.

Resumen

El surgimiento de la Nueva Economía basada en el uso de las Tecnologías de Información y Telecomunicaciones ha generado una nueva área de estudios. Esta tesis presenta una revisión de los principales efectos macroeconómicos generados por la introducción de Internet en la economía dando prioridad a tres sectores: el mercado laboral, el nivel de precios y los efectos en la productividad total de los factores.

INTRODUCCIÓN

Desde los comienzos del estudio de la economía como una ciencia, se ha relacionado a la cantidad de producción con los factores que participan del proceso productivo tales como el capital y el trabajo. No obstante, cada vez es más evidente la existencia de "otros" factores que ciertamente están influyendo en el nivel de producción así como en la manera en que se organizan los sistemas involucrados.

Ya a mediados del siglo XX algunos autores declaraban que la calidad del capital humano, el ambiente laboral, las características de las organizaciones y el cambio tecnológico estaban participando y determinando el comportamiento de la economía. Numerosos estudios realizados desde esa fecha han intentado demostrar empíricamente la forma en que se transmiten dichos efectos a la economía y la magnitud de ellos a niveles micro y macroeconómico.

El presente trabajo destaca el rol que juegan las nuevas tecnologías en el nivel de producción agregado y los efectos de ésta en la economía chilena, apuntando específicamente a las mejoras en la productividad total de los factores que se esperan gracias a las últimas innovaciones.

A modo de introducir al lector en el tema, la primera parte de este trabajo entrega una noción de los efectos que las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) generan en la economía, sus beneficios para las empresas, los consumidores y el gobierno, haciendo énfasis en el carácter continuo del proceso moderno de innovación tecnológica, para luego formular una primera reflexión sobre los efectos macroeconómicos más evidentes derivados del proceso.

En segundo lugar, se presenta una revisión de las principales teorías de crecimiento económico y la forma en que éstas incorporan el rol de la tecnología. Específicamente, se describen las teorías neoclásicas y las de crecimiento endógeno, profundizando en un modelo representativo en cada caso para hacer más palpables las diferencias teóricas.

Luego se efectúa una reseña de las primeras aproximaciones empíricas para Chile –esta vertiente de investigación se encuentra mucho más avanzada en los países desarrollados- y el efecto que ha tenido la tecnología en el crecimiento de la productividad de los factores y las diferentes explicaciones formuladas en cada caso.

En el cuarto capítulo se desarrolla un modelo propio que busca reflejar el efecto de las tecnologías de información en el nivel de producto para el periodo 1985 - 2000. Finalmente se encuentran las conclusiones de este trabajo.

I. LA NUEVA ECONOMÍA

1. Surgimiento de la Economía Digital

Desde hace ya varios años los términos "Nueva Economía " y "Sociedad de la Información" se han utilizado para describir el nuevo paradigma que engloba el explosivo surgimiento y la evolución posterior de las tecnologías de información y comunicación. El fenómeno puntocom y el impresionante derrumbe que sufrió el año 2000 han sido fuente de un gran caudal de análisis y discusión.

A modo de definición, se entiende por sociedad de la información a aquella sociedad que se encuentra en un estado donde se implanta y generaliza el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones en los distintos ámbitos de la vida de los agentes, es decir, ciudadanos, empresas e instituciones, permitiéndoles acceder a información y productos en formato electrónico sin limitaciones de tiempo y espacio ¹.

Esta nueva sociedad da cabida a la creación de modelos de negocios menos tradicionales que se sostienen fuertemente de la tecnología y los beneficios que ella aporta, priorizando la rapidez de la información y la instantaneidad de los resultados, así como la creatividad y la participación más activa del consumidor.

¹ Andrés Rodríguez y Claudio Parra, 2002

Dentro de este contexto, es fácil entender el surgimiento del e-business o comercio electrónico, pues una consecuencia natural de la posesión de información es el tratar de darle un uso productivo. La Nueva Economía entonces, está apoyada en intangibles, donde lo que permite la aplicación de la innovación tecnológica son el conocimiento y las ideas, que necesita de una fuerza laboral con mayor capacidad de entrenamiento y aprendizaje continuo, donde las ventajas competitivas surgen de la capacidad de innovación.

Pese a que la exposición del fenómeno Internet se ha moderado, dando paso expectativas más moderadas en el sector, muchos de los modelos de negocios basados en las nuevas innovaciones han sobrevivido, sobrepasando el período de crisis de un par de años atrás. Así, el "efecto colador" del desplome del Nasdaq ha permitido continuar a los negocios bien estructurados y a las aplicaciones útiles que sí agregan valor.

Dada la evolución histórica de la Economía Digital, podríamos decir que su desarrollo ha atravesado por 5 etapas, que se reconocen como regularidades de los ciclos de vida de las innovaciones. La primera de éstas se conoce como *shock tecnológico* o momento en el que una nueva innovación aparece, generando grandes expectativas sobre su utilización, pero sin una claridad sobre sus reales beneficios. Esta situación produce el fenómeno conocido como "*fiebre del oro*", que se caracteriza por una desenfrenada carrera por desarrollar modelos de negocio que generen riqueza a partir de productos y servicios basados en esta nueva tecnología.

Una cadena de actores emerge para apoyar este proceso, entre ellos, los inversionistas que proporcionan los recursos para el desarrollo de los nuevos modelos de negocio.

Las fuertes expectativas respecto a las nuevas empresas producen un fenómeno de "inflación" desproporcionada en los precios de las acciones de las empresas,

Al ser tantos los participantes de este proceso y al no existir la necesaria claridad respecto de los usos potenciales de la innovación, se llega a un estado en que comienzan a realizarse malos negocios o "negocios desesperados" basados en expectativas infundadas respecto de las utilidades alcanzables lo que conlleva a un período de *desilusión*, donde los actores pierden la confianza en la innovación y se repliegan de sus inversiones, provocando una gran crisis en el sector.

No obstante, luego de esa crisis algunos modelos sobreviven por ser capaces de generar ingresos; esta es la etapa de *usos productivos* que fortalecen al sector para llevarlo a su *madurez* donde ya las buenas aplicaciones se convierten en un estándar para los agentes de la economía.

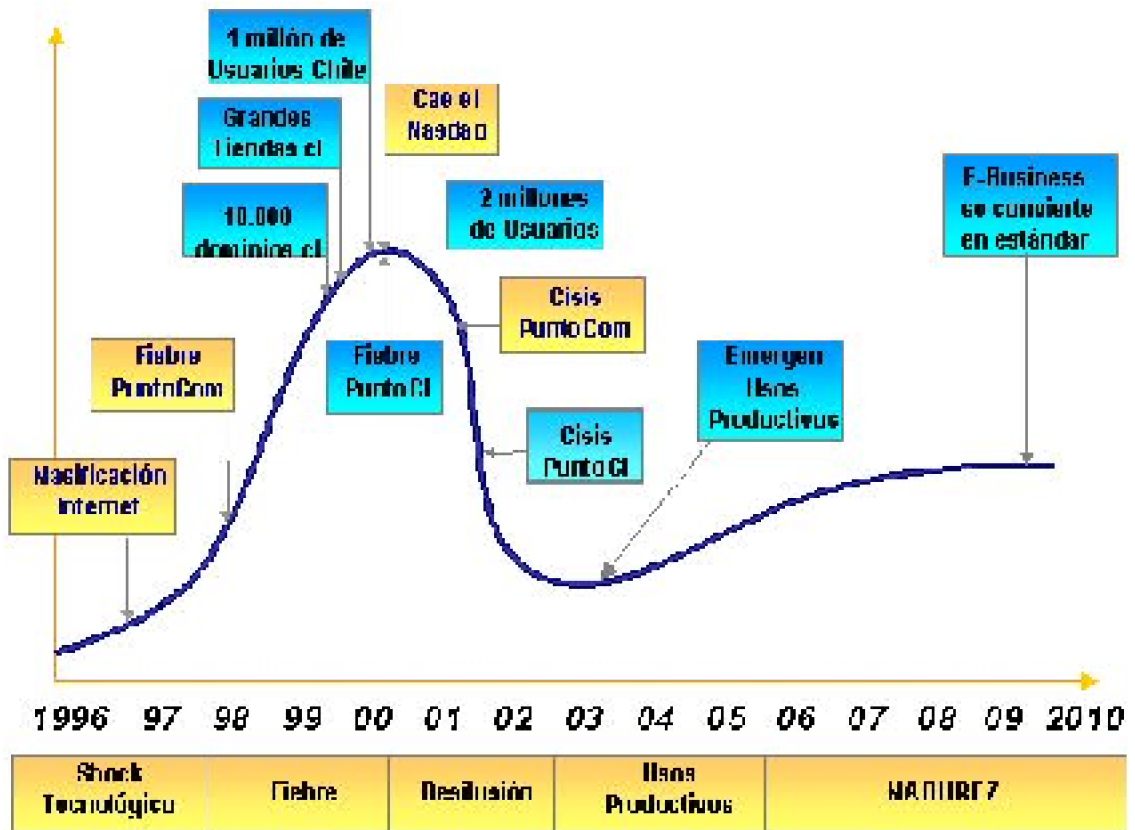


Figura 1. Los ciclos de la economía digital

Fuente: Economía Digital en Chile 2002

La figura 1 muestra gráficamente el ciclo de vida de la economía digital, construido en base a los hechos y la caída de los indicadores tecnológicos y otros indicadores como el gasto publicitario de los sitios web. Se muestran la efervescencia por las acciones tecnológicas, la brusca caída y la fortificación de los usos productivos, que luego del año 2002 se reconocen en el ámbito mundial y pasan a ser parte de la vida de las personas, las empresas y las instituciones en general.

De esta manera, es de esperar que las nuevas aplicaciones de las TIC generen, de ahora en adelante, aplicaciones que agreguen valor debido a que los proyectos se evaluarán de manera más estricta. Así, se proyecta que para el año 2009 ó 2010 las TIC habrán alcanzado su estado de madurez, lo que equivale a prever que el e-Business o comercio electrónico será parte de las prácticas comunes tanto para las empresas como para los consumidores y el gobierno.

A continuación se explican algunos efectos distributivos a nivel mundial como local de la nueva economía y los problemas que las distintas oportunidades de acceso a ellas pueden generar, más adelante se desarrollan los principales efectos macroeconómicos.

2. Algunos Beneficios de "Estar en Red"

Pese a lo esquivo que puede llegar a ser medir los efectos reales de las tecnologías, hay ámbitos de éstos que se hacen evidentes. La cantidad de información que se puede conseguir a través de Internet es casi ilimitada y crece exponencialmente, el tiempo de respuesta es casi instantáneo y las posibilidades de comunicación crecen eliminando muchas barreras entre personas.

Quizás la mayor traba en este medio cibernético lo constituya el lenguaje, pero ya existen herramientas que permiten traducir textos en línea, suavizando los perjuicios de esta diferencia.

Muchas actividades se ven afectadas por la tecnología de redes, desde la educación, ya sea escolar o laboral, como la determinación de las vacaciones o la formación de alianzas estratégicas.

Un aspecto que se debe considerar es una nueva conexión a Internet genera externalidades positivas, o externalidades de redes, debido a que cuando un nuevo computador se enlaza y realiza intercambios de información, no sólo el último en conectarse se ve beneficiado, sino que todos los que ya formaban parte de la red, pues se agregan nuevas posibilidades para ellos también. Esta es la clave para la importancia de la Internet como integradora de sistemas y organizaciones, pues pese a que actualmente los beneficios de utilizar las TIC son muchos, potencialmente son más aún.

Cada agente que participa del mercado se ve revolucionado ante los posibles alcances de una correcta utilización de las innovaciones. Partiendo por las empresas, se han generado nuevos modelos de negocios y nuevas formas de hacer negocios, mientras menos informatizada esté actualmente la firma, mayor es el beneficio potencial de adoptar TI.

El e-business, o inclusión de las TIC en los negocios, impactará en cada firma dependiendo de lo agresivas que éstas sean en la adopción de las innovaciones. Existen tres áreas de posible integración para la empresa.

Primero está la integración interna donde se consiguen reducciones de costo de la transmisión de la información, así como una mayor flexibilidad (como el manejo de inventarios, por ejemplo), se logra una administración inteligente de la información interna, una mejor asignación de los recursos como el tiempo y con ello la eficiencia y la productividad. Todo esto con la inclusión de sistemas de conexión entre los trabajadores que agilicen el movimiento y acceso a la información requerida por cada área de la empresa.

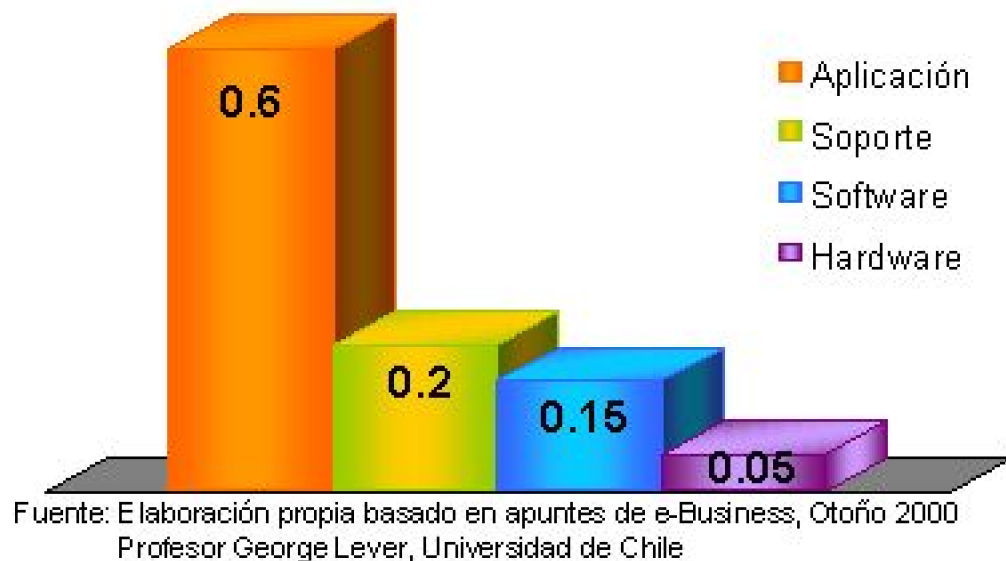
Una propuesta más profunda la constituye la integración con los proveedores. Permite compartir información con ellos a través de redes privadas o Internet, para que se facilitan las órdenes de compra y la entrega de información. Lograr acceso a una mayor oferta y menores los costos de búsqueda y de logística, entre otros. Qué decir si se consigue agrupar a empresas del mismo rubro que generen fuerza de compra, incluso

pueden conseguirse mejores precios de insumos.

Finalmente, la integración con los clientes puede mejorar la relación con ellos y la capacidad de satisfacer las necesidades específicas de cada uno con técnicas como el "marketing to one" ², permite acceder a una mayor demanda y nuevos mercados, mejorar el diseño de los productos y el servicio al cliente, disminuir costos de distribución y transacción. Un caso interesante es la banca, donde gracias a la creación de intranets para los clientes, se han mejorado tiempos de respuesta y costos de transacción.

Un aspecto muy interesante en este tema es la distribución que adopta el costo de esta transformación, pues lo principal será el desarrollo de aplicaciones y contenido enfocados a solucionar un problema específico alcanzando el 60% del costo total, lo seguirá el soporte, es decir los recursos destinado al buen funcionamiento de los programas ocupados con un 20% aproximadamente. El costo de los equipos representa apenas un 5% del total y el software el 15% ³, quedando de manifiesto la importancia de los intangibles en esta nueva economía.

Costo de Transformación



La nueva economía implica grandes transformaciones pues existe un fuerte impacto en la naturaleza de la competencia, surgen nuevas posibilidades de negocios, así como una natural evolución de los negocios existentes que tienden a mejorar sus plataformas. Por esto será de vital importancia el alcanzar al menos un estándar para evitar rezagarse y perder competitividad.

² Término relacionado con la capacidad de individualizar al consumidor con técnicas de seguimiento que permiten conocer su comportamiento en Internet y realizar ofertas o paquetes de consumo especialmente diseñados.

³ "Economía Digital en Chile" Centro de Estudios Economía Digital, 2000

Se observa que existe un traspaso de poder desde el proveedor al consumidor, pues hay más información al alcance, lo mismo explica que los intermediarios también pierden poder ante los consumidores. Un claro ejemplo lo constituyen las agencias de viajes que están disminuyendo sus clientes debido a la posibilidad que éstos tienen de adquirir sus boletos más baratos directamente en la línea aérea de preferencia en un tiempo mucho menor que antes. Sin embargo, aquellas agencias que tienen sitios web y se han esforzado por incluirse en el fenómeno de Internet, dan a conocer ofertas especiales a través de sus páginas, además de enviar información personalizada a sus clientes por correo electrónico o creando sitios incluso transaccionales.

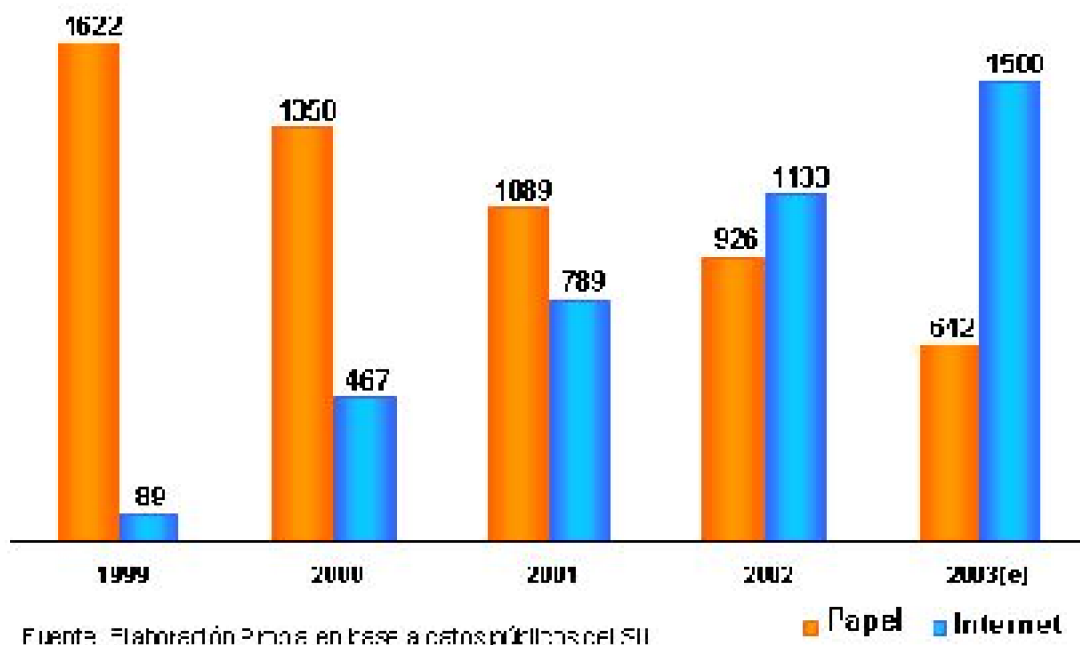
El sector público o estatal también se puede beneficiar al adoptar estas tecnologías. De hecho, las iniciativas como el e-Government son cada vez más frecuentes y valoradas.

En el ámbito nacional cabe destacar la creación de páginas web para la mayoría de las entidades de gobierno, a fines de 2002 el 95% de las reparticiones públicas contaban con sitio propio orientado a los usuarios que al menos entregan información y una manera de contacto entre la comunidad y la institución para mejorar las comunicaciones entre ellos.

Además está la iniciativa de un portal único www.tramitefacil.cl que permite acceder a todas las páginas del sector estatal, contiene información e incluso la posibilidad de realizar trámites y conseguir algunos certificados. De este modo el Gobierno se muestra como líder en la prestación de servicios y contenidos, además permite organizar la oferta de servicios en base a las necesidades de los usuarios y no en función del conocimiento de la estructura estatal.

Quizás el sitio más notable a nivel gubernamental sea el del Servicio de Impuestos Internos a través del cual se pueden realizar las declaraciones de Impuesto a la Renta y de I.V.A., agilizando dicho procedimiento de manera notable y aumentando la seguridad del proceso. El año 2002, seis de cada diez personas y empresas que pagan impuesto a la renta hicieron su declaración por Internet lo que equivale a más de un millón de declaraciones. Para este año se proyecta un uso aún más masivo que llegará a 1.5 millones, es decir, el 70%.

Evolución en Recepción de Declaraciones de Renta Papel v/s Internet



La inclusión de temas tecnológicos como asunto prioritario para el gobierno también es destacable.

En términos de regulación, en el último año se aprobó la ley de firma electrónica y se están realizando pruebas piloto en lo que respecta a la factura electrónica que por el momento ha arrojado excelentes resultados en términos de los ahorros de costos de facturación y tiempo logrando mejores niveles de eficiencia en la empresas involucradas, también busca alentar los sistemas de autorregulación y privacidad en línea con acuerdos con las cámaras de comercio. Todo ello para incrementar la competitividad de las empresas asegurando un marco legal que fomente el comercio electrónico seguro.

Disposiciones legales como éstas aseguran las características necesarias para entregar al mercado una herramienta confiable y con estándares de seguridad de vanguardia que incentiven el uso de medios electrónicos para realizar transacciones.

Estas cualidades son *confidencialidad*, la transacción se conoce sólo por los involucrados, *no repudio* es decir, los participantes no pueden retroceder ante un documento ya firmado pues tiene validez legal, *integridad* el documento no puede ser modificado sin el que la contraparte se entere y *autenticidad* los participantes son quienes dicen ser, en las transacciones de modo de hacerlas cada vez más seguras y confiables.

El Gobierno emprende políticas para lograr un acceso masivo, una de las acciones más populares es la creación de la Red Nacional de Infocentros (telecentros) que se inició con 220 y que a mediados de este año llegará a más de 1500.

Fijándose metas de mediano y largo plazo, el Gobierno también fomenta la inserción

de las TIC en la educación utilizando herramientas como Internet a través de la red Enlaces que busca conectar al 90% de las escuelas a Internet con el fin de "democratizar" el acceso a ella y mejorar el nivel de nuestros recursos humanos.

Otra idea que se realizará desde 2004 es la implementación de un estándar de competencias básicas en TIC a egresados de Educación Media para asegurar que los alumnos que terminen ese ciclo sean formados de acuerdo a la certificación según la norma europea.

Este mismo esfuerzo se realiza en torno a la pequeña y mediana empresa a través de programas especiales de capacitación y co-financiamiento de infraestructura tecnológica mediante concursos y créditos. También se realizan proyectos participando como capital semilla e incubación de empresas.

Para el mismo segmento empresarial se crean los Infocentros Pyme otorgando acceso a navegación, dirección de correo electrónico y página web de promoción, además de ofrecerles programas de capacitación presencial y vía Internet.

3. Convergencia y Brecha Digital

Las ventajas de la masiva utilización de las innovaciones en el sentido de una mejor calidad de vida para las personas y mayores oportunidades de negocios para las empresas en general ya han sido expuestas y más adelante se abordan los aportes macroeconómicos de las mismas.

La mayoría de las veces en que se analizan los efectos de los avances como los que están ocurriendo surgen temas como la mayor cantidad de información disponible de manera casi instantánea. En estos momentos facilitan la penetración de las TIC además por una constante disminución de sus costos, por ejemplo, entre 1999 y 2000 los costos de acceso a Internet en Chile cayeron desde US\$49 a US\$14 las quince horas de navegación, además, ya sabemos que existen esfuerzos de gobierno por tratar que toda la población pueda interactuar utilizando las TIC.

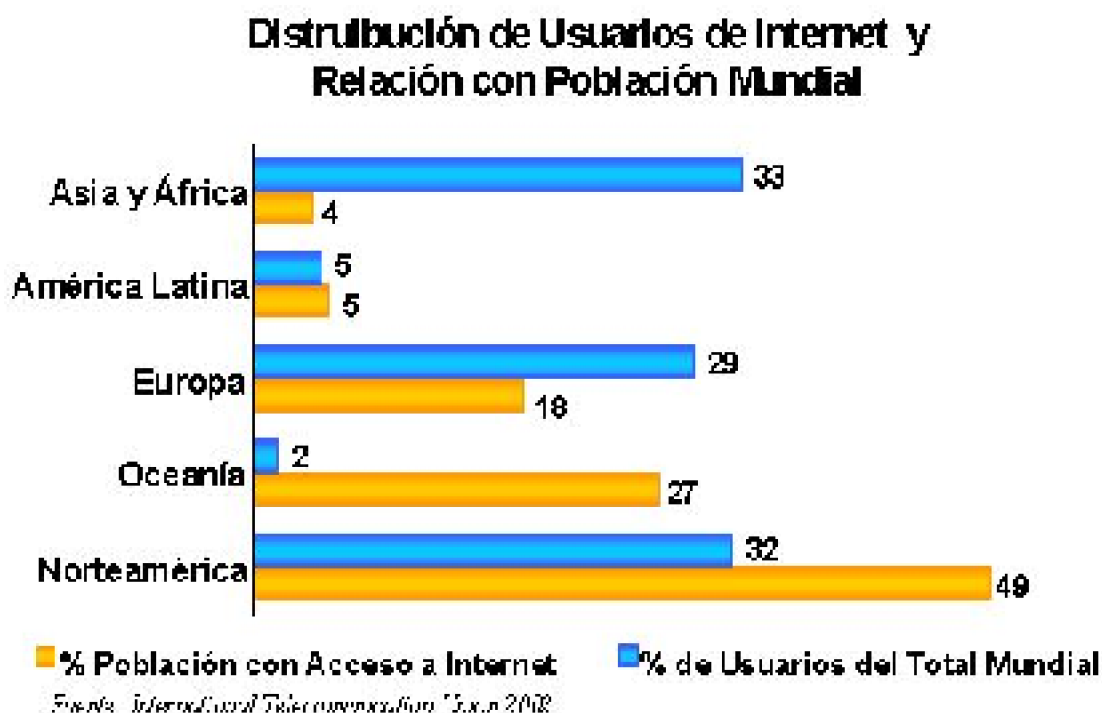
No obstante, esta nueva tecnología, como toda innovación puede generar problemas distributivos o aumentar las brechas entre distintos actores. En el caso de la "brecha digital" también ocurre que los países ricos concentran la mayoría de las conexiones a Internet y los mayores porcentajes de gasto en tecnología por lo que son éstos los que se benefician mayormente alejándose de los países más pobres o con menor acceso, lo que retrasa la convergencia entre países.

Con un fenómeno tecnológico como el reciente se esperaría que la competitividad de los países más pequeños mejorara con respecto a los grandes. Lamentablemente, esto es uno de los mitos de Internet, pues aunque la red llegue a todas partes, no quiere decir que todos los agentes tengan las mismas condiciones para utilizarla aprovechando todo su potencial.

Hasta ahora se observa que la población de internautas se concentra fuertemente en

los países desarrollados, es más, en Estados Unidos se encuentra el 28% de los usuarios de Internet a nivel mundial y que equivale a más de la mitad de sus habitantes, por lo que es lógico pensar que son principalmente ellos los que reciben las ventajas de su uso tales como los ahorros que genera el comercio electrónico.

Por el contrario, en Asia y África está un tercio de los usuarios de la red, pero apenas 4 habitantes cien en la región está conectado, demostrando que la brecha que se genera ocurre tanto entre países desarrollados y no desarrollados, como dentro de los países entre regiones ricas y pobres de manera recursiva. Los detalles se observan en el gráfico 5.



Se pensó que debido a que las tasas de crecimiento de los países en desarrollo son mayores a las de los países desarrollados, las nuevas tecnologías acercarían la igualdad entre países y que por ello algún día convergerían en algún nivel de ingreso, más con avances tecnológicos que potencian el crecimiento.

Sin embargo, si existen innovaciones todos los países aumentarán su tasa de crecimiento, pese a que los más chicos tienen mayor potencial es más difícil que adopten agresivamente todas las tecnologías, principalmente por que son los países con mayor nivel de ingreso los que invierten en investigación y desarrollo y en ellos se realizan los descubrimientos y las aplicaciones que agregan valor en primera instancia, por lo que son quienes reciben primero el beneficio de innovar.

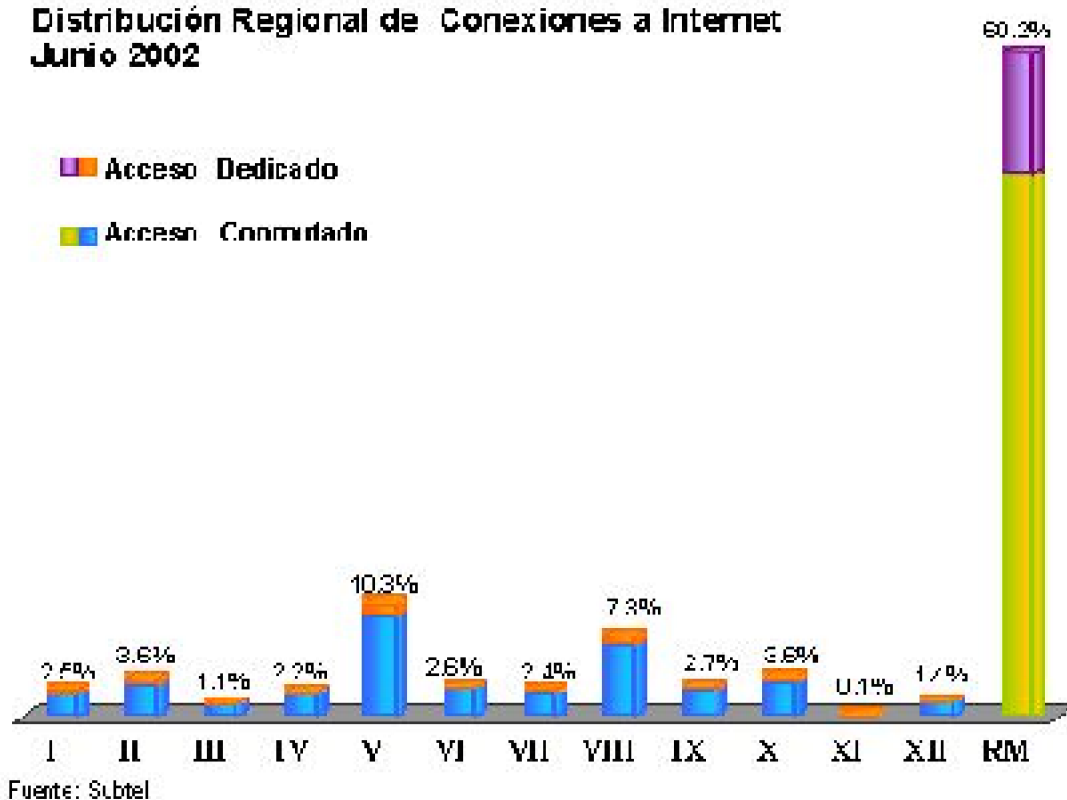
En adición, el proceso de convergencia siempre se ve interrumpido por una nueva innovación que mejora el bienestar de todos pero que aumenta la brecha pues su adopción no es pareja.

La situación se repite dentro de nuestro país, según la encuesta CASEN la región

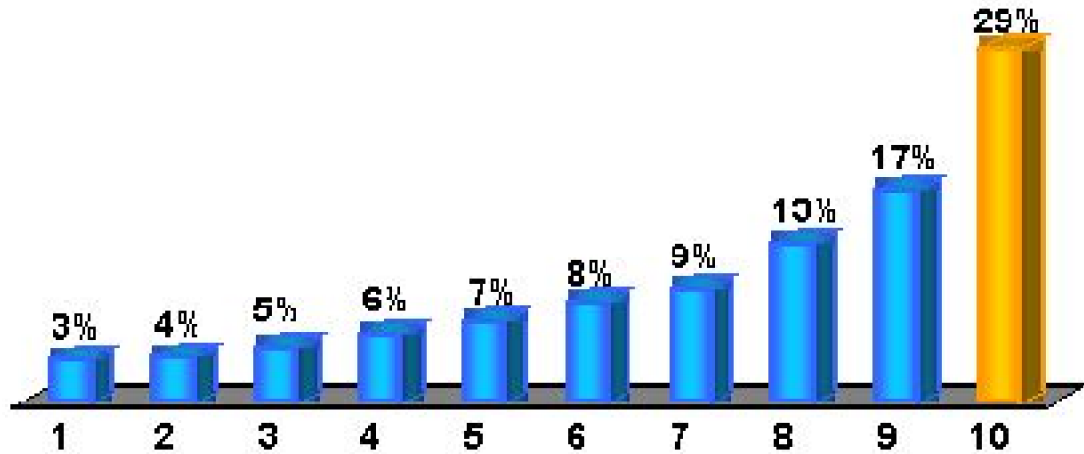
metropolitana concentra el 48% de los usuarios de Internet en Chile y el quintil más alto el 28.7% siguiendo la misma tendencia señalada con anterioridad. Sin duda la existencia de brechas dentro del país puede ser un asunto preocupante pues la existencia de accesos restringidos para una parte de la población condiciona las oportunidades de educación y formación de la población que a mediano y largo plazo afecta la capacidad de crecimiento de la economía.

Para el año 2002, la Subsecretaría de Telecomunicaciones informó que en la Región Metropolitana se concentraba el 62% del total de las conexiones, equivalentes al 58% de las conexiones conmutadas y al 73% de las dedicadas del país.

**Distribución Regional de Conexiones a Internet
Junio 2002**

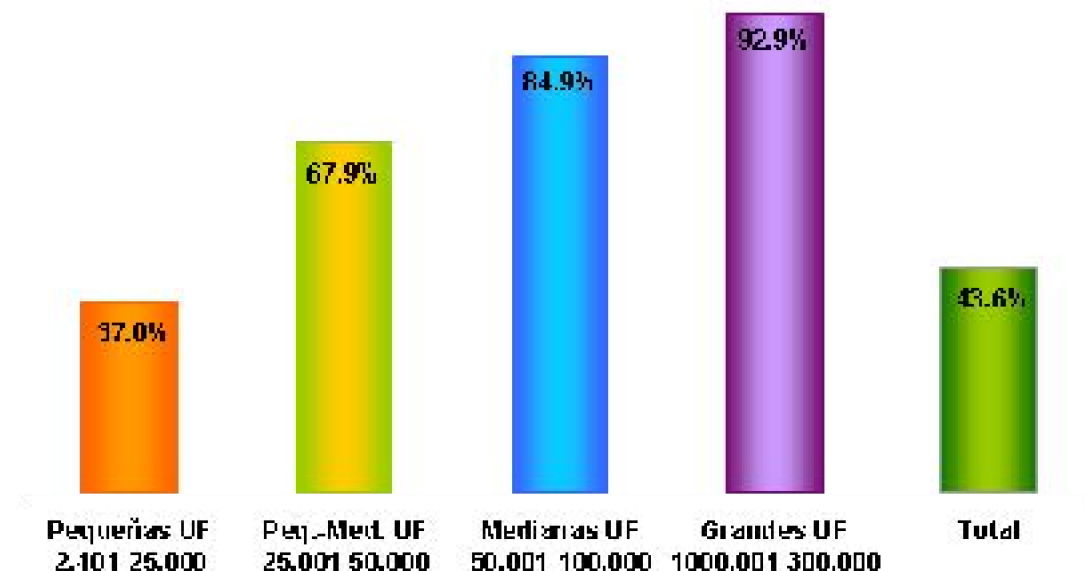


Usuarios de Internet según decil de Ingreso Noviembre 2000



Una situación similar ocurre en el espectro de las empresas chilenas según su tamaño, es decir, las más grandes y con mayores recursos están en condiciones de invertir en nuevas plataformas tecnológicas que les reporten ganancias en eficiencia y productividad, no así las pequeñas y micro empresas que no pueden acceder a ellas debido al alto costo (con relación a sus ingresos por ventas) que implica.

Tasa de Penetración de Internet en Empresas, según Estrato, Mayo 2002



Fuente: *Revista de Economía*

El valor aproximado de la UF es de \$16.550 equivalentes a alrededor de US \$24.

Esta diferencia de penetración va disminuyendo con el tipo de infraestructura a la

que se refiera. Por ejemplo, las empresas pequeñas tienen instalados en un 58% computador y en un 92.7% la telefonía fija, acercándose más a los niveles de las grandes corporaciones que bordean el 92 y 98% respectivamente.

Algunas de las ventajas que trae la adopción de TIC en las empresas se reflejan en que las nuevas aplicaciones han incrementado las posibilidades de las firmas, además surgen nuevas industrias apoyando el crecimiento de toda la economía, esto es lo que se conoce como economía digital.

4. Efectos Macroeconómicos de las TIC

En nuestro país y en el mundo entero, existen varios intentos por medir la penetración y la rapidez con que las personas están adoptando las nuevas tecnologías. El número de internautas ha crecido rápidamente, así como la cantidad de anfitriones (host), el número de computadoras personales y de teléfonos móviles. El gasto en TI ha tomado importancia dentro del PIB, pese a las reducciones ocurridas debido a las crisis internacionales de fines de los años noventa.

Económicamente, la nueva economía afecta a toda la población, pese a que no todas participen directamente de ella. Ya mencionamos que incluso el no adoptar las TIC en alguna medida podría generar una marginación del proceso de "aprendizaje social".

Las consecuencias sobre el PIB son el aportar como un factor más al proceso productivo y además incrementar la productividad de todos los factores en su conjunto, acelerando la tasa de crecimiento de la economía.

El gran espectro de efectos que las innovaciones están causando aún es difíciles de cuantificar pues las áreas que afecta son numerosas, no obstante, las investigaciones en el ámbito macroeconómico apuntan a tres áreas especialmente: crecimiento y productividad, empleo e inflación.

Primero se aprecia un efecto en el crecimiento del producto nacional, esto debido a la creación de nuevos negocios y mayor valor agregado en el mismo sector tecnológico como también por el crecimiento del mercado general debido a ganancias en la productividad de la economía en su conjunto, este tema es muy amplio y relevante, por lo que analizará más profundamente en los capítulos siguientes, donde se estudian las teorías de crecimiento económico que tratan de explicar como repercute el avance tecnológico en la productividad total de los factores y se plantea un modelo propio de medición de este impacto.

4.1. Efectos en el Empleo

El mercado laboral también se ve afectado por las TIC y en varias direcciones, pues se debe considerar que el gasto en tecnología afectará doblemente el nivel de producto agregado.

Se ha estimado ⁴ que el impacto de la revolución tecnológica sobre el empleo debe considerar tres efectos, dos directos y uno indirecto.

El primer efecto directo es positivo, pues se crea empleo asociado al sector de las TIC tales como servicios computacionales, de diseño, desarrollo de software y contenidos, soporte y capacitación, entre otros. Se reconoce un segundo efecto directo, esta vez negativo, pues se destruye empleo debido a que no todo el empleo generado por el gasto en TIC es un aumento neto ya que al adoptar las nuevas tecnologías se liberará empleo desde otros sectores de la economía al sustituir trabajo por el factor tecnológico como hardware e incrementos en productividad.

Sin embargo, existe otro efecto indirecto en la creación de empleo no sólo en el sector de las TIC sino que en la economía en su conjunto, debido al mayor crecimiento del PIB al crecer la productividad. Es decir, se genera una mayor demanda de trabajadores en todos los sectores al crecer la economía en su conjunto.

Se ha estimado que la creación de empleo neta puede ir desde 0.48% hasta 2.47% dependiendo del modelo econométrico utilizado y del escenario que se adopte, siendo en todo caso positivo. El cuadro 1 resume los resultados obtenidos por el Centro de Estudios de la Economía Digital de la Cámara de Comercio de Santiago a través en el año 2000.

CUADRO 1

Efectos Estimados de las TIC en el Empleo				
Tipo de Estimación	Creación de Empleo (Indirecta) (%)	Creación de Empleo (Directa) (%)	Creación de Empleo (Indirecta) (%)	Creación de Empleo Neta (%)
Modelo Simple (promedio anual) Escenario Optimista Escenario Moderado	2.28 2.28	1.78 1.47	1.58 2.12	2.47 1.62
Modelo Ec. Simult. (promedio anual) Escenario Optimista Escenario Moderado	0.01 0.02	0.57 0.46		0.58 0.48

Fuente: Cámara de Comercio de Santiago, 2001

Estudios en Japón ⁵ también revelan efectos netos positivos en el empleo. En dicho país se prevé una creación de empleo equivalente al 4% de la fuerza de trabajo dividido en tres áreas: industria TIC, nuevos productos y servicios en el que se utilizan TIC y, el efecto más importante, la introducción del comercio electrónico que explicaría en 42% de la creación de empleo.

⁴ "Economía Digital en Chile" Centro de Estudios Economía Digital, 2000.

⁵ Ministerio de Industria y Comercio Exterior de Japón, Andersen Consulting.

Como contrapartida se espera una pérdida de empleo de 2.6% causado por la informatización interna de las firmas, mayor eficiencia por la introducción del comercio electrónico y la menor intermediación de operadores por el comercio electrónico, así como en aquellos trabajos cuyo contenido será afectado por la introducción del comercio electrónico.

Finalmente, el efecto neto sería de 1.4% de la fuerza de trabajo en un periodo de cinco años, aunque se espera que los efectos a largo plazo sean más determinantes debido a que el uso del comercio electrónico modifica los procesos de información y comunicación dentro de la empresa, afectando a la organización interna y la posición competitiva respecto a otras empresas lo que repercutirá en el mercado laboral. En este último surgirán nuevos trabajos producto de la nueva manera de interacción y desaparecerán otros debido al reemplazo de intermediarios y otros agentes en la cadena de distribución.

Cabe señalar que se requerirá un nuevo perfil de la mano de obra con mayor calificación, en especial se demandarán profesionales con formación en TIC así como las habilidades necesarias para dirigir empresas en este nuevo contexto con comercio electrónico y nuevas innovaciones. A medida que las TIC se incorporen al estándar de las empresas la fuerza laboral deberá ser más flexible y con múltiples capacidades que tendrá que ser renovadas continuamente.

4.2. Efectos en la Inflación

Pese a la poca evidencia para nuestro país, es reconocido el efecto de las TIC en el control de los precios. Éste se debe a las mejoras en calidad de los microprocesadores sin aumentos proporcionales en los precios, por el contrario, los precios pueden mantenerse e incluso caer. Para ilustrar lo importante de la mejora en calidad, desde los años 60 se ha cumplido la Ley de Moore que enuncia que cada 18 meses se duplica la cantidad de transistores que pueden insertarse en un chip, lo que implica que la capacidad de los microprocesadores crece a tasas exponenciales luego de cortos espacios de tiempo.

Los avances tecnológicos y sus menores costos impactan a toda la industria productora de TIC directamente, pero también afecta a todas aquellas que utilizan las tecnologías como insumos en sus procesos pues estas reducciones de costos son transmitidas, al menos en parte, a los compradores y usuarios de TIC.

La magnitud del efecto dependerá de cuan intensivo sea el país en el uso de las tecnologías, por lo anterior, es claro que los países más desarrollados perciben mayores beneficios que los en vías de desarrollo, pero tienen mayores efectos potenciales en los últimos dado que la introducción de las TIC parece ser irreversible.

En Estados Unidos se han realizado mediciones de la contribución de las nuevas tecnologías al control de la inflación a través de la variación del Índice de Precios al Consumidor de ese país. Para 1996 se obtuvo que el IPC habría sido un 0.9% mayor sin la caída de los precios de las industrias TIC. El año siguiente, sin este aporte la inflación habría alcanzado a 3.1% y no al 2% efectivo. Estas cuantificaciones se hacen sobre la

base de un índice de precios de las tecnologías de información y comunicación que controla por calidad, es decir, corrige los precios actuales por la capacidad de procesamiento de cada artículo utilizando modelos hedónicos para ello.

En el caso chileno, debido a la poca participación relativa (0.4%) de los productos computacionales en la canasta que mide el IPC, el efecto de la industria es casi irrelevante, además, no existe en el país un índice de precios especial para estos productos que esté ajustado por calidad.

Cabe señalar la gran dificultad para medir la influencia de las tecnologías de información y comunicación en el ámbito de los precios, más aun si se pretende hacer comparaciones entre países. El principal obstáculo para ello reside en la carencia de una metodología para medir el cambio en el precio de los artículos de la industria TIC. En este sentido aún no se define la mejor manera para medir el cambio en los precios y calidades de los bienes de capital TIC.

II. EVOLUCIÓN TEÓRICA

1. Teorías de Crecimiento Económico

Las teorías sobre el crecimiento económico constituyen una importante rama de la economía que trata de dar una explicación a los movimientos de largo plazo, cómo se generan y los efectos que los distintos factores provocan en los niveles de producción de los países. Un tema bastante relevante, pues sabemos que pequeñas diferencias en las tasas de crecimiento durante largos periodos de tiempo puede generar enormes diferencias en los niveles de producto per cápita entre países.

A través del tiempo estos estudios han delineado una importante relación entre el crecimiento de los países y el avance tecnológico o del conocimiento como uno de sus factores. No obstante, la mejor manera para explicar la transmisión de los efectos de las innovaciones a mejores niveles de ingreso aún no está zanjada y la discusión se desarrolla hasta hoy en día.

Las teorías de crecimiento económico son tan antiguas como el mismo pensamiento económico. Es más, los primeros clásicos como Adam Smith y David Ricardo estudiaron el tema introduciendo conceptos que se usan hasta el día de hoy en esta área, tales como los rendimientos decrecientes y su encadenamiento con la acumulación de capital físico o humano, y la relación entre el progreso tecnológico y las especialización del

trabajo, entre otros.

Asimismo, los clásicos de principios del siglo XX como Frank Ramsey o Joseph Schumpeter contribuyeron de manera fundamental a la explicación de los determinantes de la tasa de crecimiento y del progreso tecnológico⁶.

En la actualidad se identifican dos teorías que intentan explicar el comportamiento y los mecanismos de transmisión del cambio tecnológico: la teoría neoclásica y la teoría evolutiva. En base a los principales supuestos de cada una se establece un modelo explicativo que, como se discute en el siguiente apartado, a pesar de no ser capaz de explicar completamente el proceso de cambio tecnológico o acumulación de conocimiento, sí es capaz de capturar su estructura y permitir su comprensión.⁷

1.1. Teoría Neoclásica

Corresponde a la primera teoría formal para el estudio del crecimiento económico y fue ampliamente utilizada hasta la década de los '80.

Para la teoría neoclásica, la tecnología juega un rol determinante en la tasa de crecimiento de cada país. La medición de éste se realiza a través de una función de producción que satisface tres propiedades:

- La función de producción presenta rendimientos constantes a escala, lo que quiere decir que si se duplica la cantidad del factor trabajo y del factor capital, la cantidad de producto también se duplica. Cabe señalar que no es necesario aumentar la dotación de tecnología, debido al principio de réplica⁸.
- Los factores de la función de producción neoclásica presentan una productividad marginal positiva pero decreciente. Otra manera de decirlo es que la tecnología presenta rendimientos decrecientes del capital y del trabajo cuando éstos se consideran por separado⁹.
- El tercer supuesto de la función de producción neoclásica se refiere a que satisfacen las Condiciones de Inada. Éstas exigen que la productividad marginal del trabajo y del capital se aproxime a cero cuando el factor tiende a infinito y que tienda a infinito cuando el factor se aproxime a cero.

Uno de los modelos más populares de esta corriente de pensamiento es el de Solow-Swan (1956), cuyo avance se completó con los aportes de Cass (1965) y Koopmans (1965), que reintrodujeron el enfoque de optimización intertemporal desarrollado por Ramsey (1928) para analizar el comportamiento óptimo de los consumidores en su modelo neoclásico.

⁶ Xavier Sala-i-Martin (2000), "Apostrophe Growth (1928) Conquered" Annual Research Editor.

⁷ Padmore, Schuetze y Gibson, 1998.

⁸ Pese a la importancia de la elección de la función de producción en el modelo neoclásico, la tecnología en sí misma es considerada un factor exógeno y residual en la economía. El principio de réplica tiene relación con que la tecnología no presenta rivalidad, es decir, se puede utilizar el mismo conocimiento para instalar otra fábrica sin necesidad de inventar una fórmula distinta a la que se utiliza en la anterior.

⁹ Rendimiento del capital (distinto de rendimiento a escala) se refiere a lo que ocurre cuando se aumenta la dotación del capital, manteniendo constante el factor trabajo. La definición para rendimiento del trabajo es análoga.

función de producción, que sólo explica aquella parte del crecimiento de la producción que no se justifica por los incrementos de otros factores, como capital y trabajo. Según Lipsey (1998), el que la tecnología no aparezca explícitamente en los modelos de producción, obliga a que la comprensión del proceso y estructura del cambio tecnológico sea observable sólo por las salidas o *outputs* del proceso.

Si se asumen los supuestos neoclásicos, la tecnología es asimilada al conocimiento y éste es genérico, codificado, accesible, fácilmente adaptable a las necesidades de la empresa y sin costo para ella. Bajo esta creencia, se acepta también que las empresas tendrán las mismas oportunidades para innovar (Chaminade, 1998). Además, otros autores como Nelson y Winter (1974, 1982) y Lipsey (1998), coinciden en que otro elemento base de esta teoría es la existencia de un equilibrio único de mercado, el comportamiento de maximización de la riqueza y la disponibilidad para ello de toda la información relevante.

Este pensamiento se utilizó por casi tres décadas, no obstante, comenzó a ser cuestionado por la calidad de los supuestos que lo sustentan. La principal crítica ha sido el considerar como residual y exógeno el cambio tecnológico.

Específicamente, en el trabajo de Robert Solow (1957) sobre el crecimiento económico de Estados Unidos, se atribuye a factores conocidos (capital y trabajo) sólo la mitad de la explicación del cambio observado, lo que permite verificar la presencia de un factor remanente que afecta el diferencial de crecimiento. Dentro de este factor remanente, Solow definió el progreso tecnológico.

Existen además otros elementos de discusión, en el sentido que se señala que la teoría neoclásica explica bien los factores del crecimiento económico a nivel de los sectores individuales y como un todo, pero no es capaz de describir el alcance y dirección del cambio tecnológico.

Esta teoría admite el crecimiento positivo a largo plazo si la tecnología crece. El gran problema es que para los neoclásicos, el cambio tecnológico DEBE ser exógeno, es decir, no se puede afectar su evolución a través del tiempo, pese a ser la única fuente de crecimiento a largo plazo (en términos per cápita).

La razón matemática de ello es el teorema de Euler¹⁰, que aplicado a la economía nos lleva a la conclusión de que, en competencia perfecta, el pago que recibe cada factor de producción es igual a su producto marginal.

Es decir, una vez pagado el salario a los trabajadores y la renta al capital, el producto se acaba, por lo que la economía *no puede* dedicar recursos al financiamiento del progreso tecnológico. En otras palabras, la misma teoría obliga a suponer que el progreso tecnológico es exógeno.

Como una forma de responder las interrogantes que la teoría neoclásica no era

¹⁰ El teorema de Euler nos dice que una función homogénea de grado uno tiene la propiedad de que: al sustituir el pago a cada factor, con w el salario del trabajo y R la renta del capital, entonces los precios de los factores cumplen, en un mundo neoclásico de competencia perfecta: $w = \delta F/\delta L$ y $R = \delta F/\delta K$. Si se sustituye en la ecuación anterior: $F(K, L, A) = KR + Lw$

capaz de satisfacer, surge la teoría evolutiva, que reconsidera los conceptos y las características del proceso de innovación planteados por la teoría neoclásica.

1.2. Teoría de Crecimiento Endógeno

La primera manera de desviarse de los supuestos neoclásicos es abandonar la función de producción neoclásica.

Aunque algunos economistas utilizaron en un momento u otro algún tipo de tecnologías lineales -como Von Neuman (1937), Eaton (1981) o Cohen y Sachs (1986), la introducción del modelo lineal en la nueva literatura sobre crecimiento endógeno de los años ochenta se atribuye a Rebelo (1991).

La teoría evolutiva se diferencia de la neoclásica principalmente en la concepción de la tecnología, pues para los evolutivos el progreso tecnológico es una variable endógena y explícita en el proceso tecnológico. Es decir, el crecimiento es una consecuencia del cambio tecnológico.

En esta teoría, el crecimiento y dinamismo de la economía se atribuyen en mayor medida al proceso de descubrimiento y aprendizaje que a la asignación óptima de los recursos. Lo primordial entonces para lograr mayores niveles de bienestar, será la búsqueda de beneficios en un ambiente de incertidumbre y riesgo en el que no se dispone de toda la información para decidir, por lo que tampoco existe un único equilibrio, sino que se está en un ambiente cambiante y de desequilibrio.

Además, la publicación de Paul Romer (1986) y la consiguiente de Robert Lucas (1988), fortalecieron la investigación de modelos endógenos de crecimiento positivo a largo plazo.

En la primera familia de modelos -Romer (1986), Lucas (1988), Rebelo (1991) y Barro (1991)- se consiguió identificar tasas positivas de crecimiento a base de eliminar los rendimientos decrecientes de escala a través de externalidades o de introducir capital humano.

Un segundo grupo de aportes -Romer (1987, 1990), Aghion y Howitz (1992, 1998) y Grossman y Helpman (1991)- utilizó el entorno de competencia perfecta para construir modelos en que la investigación y desarrollo de las empresas generaba progreso tecnológico de forma endógena. En estos modelos la sociedad premia a las empresas investigadoras con el disfrute de poder monopolístico si estas consiguen inventar un nuevo producto o si consiguen mejorar la calidad de los productos existentes. En este contexto, la tasa de crecimiento tiende a no ser óptima en el sentido de Pareto, por lo que la intervención del gobierno es decisiva.

El modelo más simple de crecimiento con cambio tecnológico endógeno, es el de tecnología AK¹¹, que abandona el supuesto de una función de producción neoclásica.

¹¹ El modelo AK se basa en una función de producción lineal en el stock de capital: $Y_t = AK_t$, que exhibe rendimientos constantes a escala, positivos pero no decrecientes. No cumple las condiciones de Inada dado que el producto marginal del capital siempre será igual a A.

Las diferencias fundamentales entre un modelo de crecimiento neoclásico y uno evolutivo están dadas en primer lugar por la hipótesis de que la tasa de crecimiento del producto per cápita puede ser positiva sin necesidad de tener que suponer que una variable crece continua y exógenamente. En segundo lugar, la tasa de crecimiento está determinada por factores observables: las economías con tasas de ahorro grandes crecerán más. Es decir, un aumento en la tasa de ahorro provoca un mayor crecimiento.

También, el modelo AK muestra que la economía carece de una transición al estado estacionario, ya que siempre crece a una tasa constante con independencia del valor que adopte el stock de capital, haciendo los modelos lineales y mucho más sencillos que los neoclásicos. Aquí, la tasa de crecimiento de todas las variables es siempre constante debido a la ausencia de rendimientos decrecientes del capital. Por lo mismo, el modelo AK predice que los efectos de una recesión serán permanentes, es decir, si el stock de capital disminuye temporalmente por causas exógenas (desastres naturales o guerras), la economía no va a crecer transitoriamente más de prisa para volver a la trayectoria de acumulación de capital anterior, sino que la tasa de crecimiento continuará siendo la misma, de modo que la pérdida será permanente. De aquí surge otra nueva discrepancia: el modelo no predice convergencia entre países.

Pese a lo sencillo del modelo, sobre él se construye toda la teoría de crecimiento económico endógeno, que en todos sus modelos esconde algún supuesto que hace que la teoría relevante tome la forma AK.

Las lecciones del crecimiento endógeno son de gran interés, tanto a nivel académico como de política económica, pues se reconoce que las innovaciones ocurren no porque las empresas que realizan investigación sean altruistas, sino porque buscan un beneficio.

De aquí surge un grave problema a solucionar en los modelos, que se refiere a cuál es el precio que deberían tener los frutos de la innovación tecnológica. Según la teoría neoclásica, se esperaría que una vez inventado el producto, su precio sea igual a su costo marginal, lo que no permitiría cubrir los costos de investigación y desarrollo, desmotivando la innovación¹².

La solución propuesta por el modelo es que antes que se realice la invención lo óptimo es garantizar un precio de monopolio que permita al inventor al menos recuperar la inversión en I&D. En este contexto, no será bueno que el gobierno fomente la competencia perfecta, sino que la competencia en la innovación. Si el gobierno quiere promover el crecimiento económico, deberá crear el marco legal que permita este tipo de competencia, pese a que signifique admitir precios de monopolio en el corto plazo. La manera de eliminar el monopolio es que una empresa innove y mejore el producto que tiene el monopolio existente. Esta "guerra" entre empresas innovadoras es la que generaría crecimiento a largo plazo.

En este modelo, el subsidio, herramienta que surge espontáneamente para mejorar la situación de monopolio, no funciona, ya que no corrige la distorsión estática que proviene de los elevados precios del monopolio. Otro aspecto que puede llevar al fracaso de los subsidios públicos a la investigación es que usualmente el gobierno no conoce el

¹² Xavier Sala-i-Martin 2000. "Apuntes de Crecimiento Económico" Antoni Bosch Editor

tipo de investigación que será útil a las empresas. Por ello, se propone subsidiar la compra de los productos inventados. De esta manera los consumidores pagarían el costo marginal, la empresa inventora cobraría el precio de monopolio y la diferencia será el monto del subsidio entregado por el gobierno.

De este modo, se han revisado las dos teorías más fuertes dentro del desarrollo económico, más adelante se exponen trabajos empíricos para Chile y otros países, junto con algunos resultados de los efectos de las tecnologías de información y comunicación en el crecimiento, tanto de la producción agregada, como de la productividad factorial o total de los factores.

III. EVIDENCIA EMPÍRICA

Evidencia Internacional

El estudio del desarrollo económico de los países ha llevado a realizar aproximaciones empíricas de los efectos que tienen los distintos aspectos de la Nueva Economía. La literatura referida a la utilización de redes, la reorganización de los estamentos en las instituciones, la disminución de costos de transacción y búsqueda, la mayor cantidad de información disponible para los agentes que participan de las redes, crece continuamente, debido al gran interés de la comunidad ante este fenómeno que muchas veces es tratado de revolucionario.

Los efectos de las TIC en el diario vivir de las personas aún se evalúan y los aumentos en el bienestar son difíciles de cuantificar. No obstante, existen algunas aproximaciones que se han utilizado para medir el impacto macroeconómico de las nuevas tecnologías.

Económicamente, podemos decir que se vislumbran tres grandes sectores donde repercute en un principio la producción y utilización de las innovaciones tecnológicas.

En primer lugar, podemos referirnos al efecto que se observa en el mercado laboral, pues las nuevas tecnologías demandan trabajo más calificado, informatizado y con nuevas habilidades. Esto hará, a su vez, acelerar la obsolescencia en otras áreas,

gatillando dos movimientos: una destrucción de empleo debido a la necesidad de menos mano de obra por automatización de procesos, y una creación de empleo debido a nuevas plazas de trabajo asociadas al sector TIC y al mayor crecimiento económico.

Otra parte fundamental de la economía que se ve afectado es el nivel de precios. La caída en los precios de los computadores desde su creación es impresionante, más si se corrige por su capacidad de procesamiento.

Además, por ser las TIC elementos facilitadores, ayudan a las organizaciones a ser más eficientes, reduciendo costos o generando ahorros, los que debieran ser traspasados, al menos en alguna proporción, al consumidor, que puede acceder a bienes más baratos gracias a las nuevas tecnologías. No obstante, el efecto directo en la inflación en la economía chilena es muy pequeño pues, como se señaló con anterioridad, la importancia de los bienes computacionales en la canasta que mide el IPC es poco relevante. Pese a esto, los efectos en precio son mayores debido a la caída de los precios de los otros bienes gracias a la ganancia en eficiencia.

Por último, se encuentran los efectos en el crecimiento económico. Durante algunos años los economistas miraron con escepticismo los efectos de la tecnología computacional en la productividad global y en el crecimiento económico. Este fenómeno alcanza una expresión emblemática en la paradoja de productividad de Solow¹³.

Hoy se cree que el nivel agregado de producto también se ve fuertemente afectado, pues al masificarse el uso de las TIC, el sector que las produce se encuentra ante una demanda que se expande frente a nuevas posibilidades de consumo e inversión. Asimismo, se cree que por las características que presentan las nuevas plataformas tecnológicas, el uso de ellas no sólo genera un incremento en la producción, si no que también mejora la eficiencia dentro de las organizaciones que las adoptan, todo debido a la mayor cantidad de información que se hace disponible, la rapidez para comunicarse, disminuciones de costo de búsqueda, menores necesidades de inventarios, entre muchos otros factores.

De hecho, estudios anteriores y detallados análisis empíricos del sector empresarial estadounidense, como los realizados por Oliner y Sichel (1994), Brynjolfsson (1994) y Jorgenson y Stiroh (1995), sugerían que la tecnología de la información había contribuido muy levemente al crecimiento agregado de los Estados Unidos durante las décadas de 1970, 1980 y la primera parte de 1990.

Sin embargo, en algunos estudios más recientes, se ha descubierto que el repunte de la productividad en Estados Unidos a fines de la década de los noventa fue en gran parte resultado de la adopción de nuevas tecnologías. Oliner y Sichel (2000), por ejemplo, han concluido que las TIC contribuyeron en aproximadamente la mitad del aumento de la productividad estadounidense durante el periodo 1996-1999.

En una serie de trabajos, Nordhaus (2001) ha utilizado un nuevo grupo de datos para investigar el papel de las TIC en el crecimiento de la productividad, concluyendo que para el sector empresarial dicha tecnología es responsable de poco más de un tercio de la

¹³ "Podemos advertir la presencia de la era computacional en todas partes, menos en las estadísticas de productividad", Robert Solow, 1987.

reciente aceleración de la productividad. En una actualización de su estudio original, Jorgenson y Stiroh (1999) y Jorgenson (2001), descubrieron que el aporte de las TIC al crecimiento de la producción de Estados Unidos ha aumentado considerablemente, llegando a un promedio de un punto porcentual anual entre 1996 y 1999.

Cabe señalar que en la mayoría de los estudios globales sobre TIC y resultados económicos se ha hecho una distinción entre la contribución al crecimiento de las industrias que "usan computadores" y la contribución al crecimiento de las que "producen computadores".

Una importante conclusión derivada de estos análisis que es muy relevante para el caso chileno, es que el aporte de las industrias productoras de computadoras al crecimiento de Estados Unidos ha sido significativamente mayor que el de las usuarias de computador. También se ha descubierto que, al menos hasta ahora, la contribución del comercio electrónico a la tasa de crecimiento agregado de Estados Unidos ha sido muy escasa.

Una limitación de los estudios en que se emplean datos agregados de la economía es que en ellos no se especifica el mecanismo exacto en que la inversión en tecnologías de la información afecta a la productividad y el crecimiento. Es posible, aun así, obtener inferencias aplicables a toda la economía a partir de un número creciente de estudios detallados a nivel microeconómico.

Tal vez la percepción más importante que se obtiene de dichos estudios es que las inversiones en TIC no tienen un importante efecto directo en la productividad. Su impacto es indirecto y en gran medida se relaciona con cambios en otros aspectos del proceso productivo. La inversión en tecnología de información y comunicación cumple con un papel de elemento facilitador que propicia otras innovaciones.

Es decir, si se pretende que las TIC sean totalmente eficaces, se deben aprovechar todas las externalidades de redes que generan. Para ello es preciso que una gran cantidad de personas y empresas realicen inversión y lleguen a conectarse a la red. Las externalidades de redes sólo se aprovechan totalmente cuando aquellos que utilizan las TIC se comunican entre sí con eficacia, rapidez y eficiencia, lo cual requiere a su vez que los usuarios compartan niveles similares de habilidades técnicas, analíticas y de "solución de problemas"¹⁴.

Los análisis a nivel de empresas¹⁵ sugieren que las compañías en las que se aplican programas que combinan las TIC con cambios organizacionales, incluidos los programas en que se modifica la cultura de la firma, son capaces de aumentar significativamente su productividad. En estas empresas, la tasa de retorno de la inversión excede por un amplio margen la tasa de retorno de los equipos computacionales.

Las principales conclusiones rescatadas es que para que las TIC sean plenamente

¹⁴ Sebastián Edwards, 2002. "Tecnologías de la Información y Crecimiento en las Economías Emergentes". Estudios Públicos, número 85.

¹⁵ Brynjolfsson y Hitt (2000), "Beyond Computation: Information technology, Organizational Transformation and Business Performance" The Journal of Economic Perspectives, 14(4).

aprovechadas, se debe acompañar su incorporación con inversiones en capital humano, especialmente a nivel técnico. También se demuestra que el impacto de las TIC es mayor en las industrias que gastan grandes sumas en investigación y desarrollo, en los ambientes descentralizados, con menor grado de integración vertical y que tienen un mayor grado de flexibilidad en las relaciones de trabajo.

A nivel macroeconómico, las técnicas de análisis son distintas. La más utilizada es la expuesta por Robert Solow en otro gran trabajo presentado en 1957, que permite medir la contribución de los tres componentes básicos de la tasa de crecimiento agregada. Estos componentes son el crecimiento del capital, el crecimiento del trabajo y el progreso tecnológico.

El análisis comienza en la función de producción neoclásica con un factor tecnológico exógeno. Los dos inputs privados son el capital humano y el capital físico. El capital humano podría suponerse igual a un índice multiplicado por el nivel de trabajo. Luego de hacer diferencias logarítmicas se calcula un residuo que representa el cambio en la productividad total de los factores o el cambio tecnológico.

Con estas técnicas se puede verificar el efecto de cada uno de los factores directamente sobre el nivel de producción (agregada o en términos per cápita) y en la productividad total de los factores, al posibilitar la construcción de regresiones donde se contrastan el capital, el trabajo y el avance tecnológico versus la productividad.

Es interesante, además, observar la evolución en el tiempo de cada uno de los componentes de la productividad, pues muestra la eficacia de cada uno de ellos a través de los años y cómo afectan de diferente manera a los países. La mayor parte de la evidencia revela que esfuerzos en la inversión y la educación tienen importantes efectos positivos en el crecimiento a largo plazo, a través del aumento de la productividad total de los factores. No así el progreso tecnológico.

Otra opción para calcular el residuo de Solow, alternativo al anteriormente expuesto, es el enfoque dual de crecimiento, que fue propuesto por Hsich en 1998.

El autor supone que se tiene una función de producción que exhibe rendimientos constantes a escala. Al analizar el comportamiento de los precios de los factores se puede comprender el comportamiento del producto, esto debido a que si el PIB crece gracias a la acumulación de capital físico, la ley de rendimientos decrecientes reducirá el producto marginal y el pago del capital físico. Sin embargo, al ser el capital físico complementario del capital humano, el salario subirá.

Por otro lado, si el crecimiento se produce sólo por acumulación de capital humano, entonces el salario caerá y el pago al capital subirá. Por lo tanto, el pago al capital físico y humano solamente pueden subir si existe el progreso tecnológico¹⁶.

¹⁶ Por el Teorema de Euler: $Y = R K + w L$, al tomar logaritmos y derivar con respecto al tiempo se puede obtener :
, donde el lado izquierdo de la igualdad corresponde al Crecimiento tecnológico \dot{Y}/Y por lo que se obtiene:
, es decir, para permitir variaciones Del pago a los factores necesariamente debe cambiar el nivel de progreso técnico.

2. Evidencia para Chile

En el caso de Chile, existe un reducido número de estudios que incorporan el análisis del efecto de las TIC en el crecimiento económico.

La Cámara de Comercio de Santiago, a través del Centro de Estudios de la Economía Digital, ha realizado desde el año 2000 un esfuerzo por caracterizar la naturaleza y el impacto del cambio tecnológico. En un primer estudio, desarrollado en 2001¹⁷, se formula un modelo para medir el efecto sobre la productividad, el crecimiento y el empleo a través de dos metodologías, utilizando niveles del PIB y sus variaciones, respectivamente.

Al utilizar los niveles del PIB se intentó modelar según los supuestos donde la tecnología sólo afecta al trabajo (empleo) y otro donde la tecnología constituye un factor productivo más, incidiendo en la productividad total de los factores. Los resultados de este segundo modelo se resumen en el cuadro 2, donde se revela que el crecimiento del PIB se debe en un 77% al trabajo y un 22% al capital (10% al capital ordinario y 11% al capital TI).

CUADRO 2

EVOLUCIÓN DEL PIB, 1985 - 2000	
TOTAL PIB	100%
Contribución de Capital (K) Capital Ordinario (KO) Tecnologías de Información (TI) Contribución de Empleo (E) Contribución de Productividad (PTF)	22% 10% 11% 77% 2%
<i>Fuente: CCS</i>	

Mientras, los resultados obtenidos de los modelos basados en tasas de crecimiento del PIB, arrojaron que el crecimiento promedio del 6.7% de la economía en el periodo 1985 y 2000 se explicaría en 1.3 puntos por el capital y 1.5 puntos por el trabajo. Esto equivale a decir que el 19% del crecimiento de la producción agregada se debe al capital, el 22% al trabajo y el restante 59% a mejoras en la productividad.

En lo que respecta al crecimiento de la productividad, se descompuso sus cambios de acuerdo al capital ordinario, capital tecnológico, software y empleo, obteniendo un aumento de la productividad total de 3.9% (cuadro 3).

CUADRO 3

¹⁷ Lever et al, La Economía Digital en Chile 2001, CCS

PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES, 1985 - 2000				
	Modelo II.a	Modelo II.b	Modelo II.c	
Productividad	3.9%	2.7%	3.9%	2.6%
Total Contribución	0.9%	2.7%	1.2%	3.9%
Capital Capital Ordinario (KO) Capital Hardware PME				
Software Software/Ues				
Empleo Empleo				
<i>Fuente: CCS, La Economía Digital en Chile 2000</i>				

Se explica que casi dos puntos porcentuales (1.8) son aportados por el capital ordinario, 0.8 por el hardware y entre un 0.01 y un 1.3 por la incorporación de software, siendo este último componente bastante relevante.

Estos resultados llevan a concluir que, en total, el efecto de las TIC como un todo explicaría cerca de la quinta parte de la productividad total de los factores en la economía chilena durante el periodo analizado.

Siguiendo con el énfasis de las TIC en la economía, la última edición de la "Economía Digital en Chile" ¹⁸, se midió el impacto del uso de las tecnologías por sectores a través de una función de producción Cobb-Douglas, donde el PIB de cada sector se explica por el capital y el empleo, en un modelo logarítmico y en tasas de crecimiento.

Se utilizaron datos de panel de los doce sectores económicos para estudiar tres años (1999 - 2001) y se estimó con Mínimos Cuadrados Generalizados para calcular el residuo y evaluar el efecto de las TI en la productividad.

Los resultados obtenidos de este estudio señalan que existe una relación positiva entre el uso de TIC e Internet y el desempeño sectorial.

El modelo se construyó en dos escenarios, uno con rendimientos constantes a escala (la participación del capital es 0.4 y a del trabajo es 0.6) y otro con rendimientos crecientes a escala (participaciones de 0.5 y 0.7 para el capital y el trabajo, respectivamente).

De acuerdo a lo anterior, el incremento de la productividad total de los factores estaría en torno al 3%, donde el trabajo explicaría tan sólo una parte (1.5% ó 0.9% dependiendo del escenario) del incremento en productividad, y el resto estaría explicado por otros factores como el uso de tecnología, capital humano y capital físico. Para el uso de las TI, el impacto fue igual en las dos situaciones y equivalente al 0.3% anual.

El menor efecto encontrado en la aproximación microeconómica en relación a la macroeconómica se debe a que el uso de TIC a nivel sectorial no considera todo el gasto que se realiza en tecnología por parte de las empresas, pues quedan excluidos ítems como el gasto en servicios, hardware de redes y capacitación. Estos gastos significan aportes importantes a la productividad total de los factores, los que no son controlados por el modelo. Los resultados se resumen en el cuadro 4.

¹⁸ Lever et al, La Economía Digital en Chile 2002, CCS

CUADRO 4

CONTRIBUCIÓN AL CRECIMIENTO DEL PIB 1999 - 2001 (variación promedio anual)	
	Retornos Constantes a Escala
Producción Sectorial (PIB)	2.1%
Formación Bruta de Capital Fijo	-1.1%
Empleo	0.2%
Productividad Total de Factores	3.0%
Productividad del Trabajo	2.1%
Otros Factores	1.5%
Coef. Utilización Capital	1.5%
Coef. Utilización Trabajo	0.2%
	0.63%
	0.9%
	2.3%
	0.5
	0.7

Fuente: Centro de Estudios Economía Digital

La Cámara de Comercio de Santiago explica que a nivel de sectores individuales en el periodo estudiado los mayores impactos estuvieron en Electricidad, Gas y Agua (2%); Minería (0.3%) y el sector Silvoagropecuario (0.2%). Los sectores más agresivos en adoptar las tecnologías presentan efectos menores debido a que las grandes ganancias en productividad se manifestaron en periodos anteriores, cuando comenzó su fuerte inversión en TIC, como en el caso del sector de telecomunicaciones.

Otro estudio realizado para nuestro país en términos macroeconómicos es el de María Elisa Farías y George Lever, que utiliza una función de producción agregada que depende del stock de capital ordinario, el stock de conocimiento o progreso técnico y del trabajo no calificado. Se basa en el supuesto que todo el trabajo no calificado se utiliza en la producción de bienes y el trabajo con calificación en el sector de innovación. Los autores enfatizan que las repercusiones del uso de las TIC en Chile pueden ser diferentes a las de grandes países, debido a que la mayoría de las empresas nacionales son usuarias y no productoras de TIC.

Además, define una función de producción tipo Cobb-Douglas del conocimiento que depende del capital tecnológico (stock) y de la calificación del trabajo. También intenta incorporar aspectos institucionales de la economía y las elasticidades de la producción de innovación con respecto al capital tecnológico y humano, respectivamente, sin asumir que la función presente algún tipo de retornos a escala.

El modelo econométrico se basa en una función de producción neoclásica y obtiene de manera residual la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores entre 1960 y 2000, que se interpreta como cambio tecnológico al ser una variable no observable.

$$g(GDP_t) = a_1 * g(K_t) + a_2 * g(L_t) + u_t$$

Luego, utiliza una segunda ecuación donde la productividad total de los factores depende del gasto en investigación y desarrollo, el gasto en TIC, el crecimiento de la productividad del trabajo y el capital humano para crear el cambio tecnológico.

$$g(GDP_t) = a_1 * g(K_t) + a_2 * g(L_t) + a_3 * g(R\&D_t, IT, Sy_t) + w_t$$

Para la primera ecuación se utilizaron tres maneras para obtener una medición de la productividad total de los factores: el primer modelo es una AK, luego se prueba con un rezago, esto es AK-AR(1) y finalmente un modelo CRS que asume retornos constantes a escala. Pese a ello, los resultados empíricos rechazan la hipótesis de retornos constantes a escala en la función de producción agregada en el largo plazo.

Los valores de los coeficientes muestran retornos decrecientes a escala en el largo plazo y retornos crecientes para el quinquenio 1960 - 1975. Para el periodo 1975 - 2000 se encuentra un comportamiento similar. Sin embargo, los resultados varían mucho de acuerdo al modelo utilizado, en especial para el coeficiente del capital.

El crecimiento de la productividad, calculada de manera residual a partir de la primera ecuación, toma valores entre 1.9% y 1.2% para 1960 - 2000 y valores más altos para la última década (3.9% y 1.8%), dependiendo del modelo. Sin embargo, en todos los casos la incidencia de las TIC ha sido positiva pese a que la magnitud depende de los supuestos subyacentes.

Los autores realizan nuevas estimaciones transformando el modelo anterior al introducir explícitamente variables tecnológicas en la función de producción.

Se estiman tres regresiones ¹⁹ considerando distintas cuantificaciones de las reservas de conocimiento o tecnología y los resultados son bastante parecidos: los coeficientes del capital y el trabajo van de 0.16 a 0.17 y de 0.50 y 0.51 respectivamente. Pese a lo anterior, se encuentra una gran variación en el coeficiente de las TIC, que arroja valores de 0.02 para el primer modelo y de 0.04 para el segundo, ello revela que la capacidad de convertir la inversión en TIC en un factor productivo está estrechamente relacionada con la calificación de los trabajadores.

En las otras variantes del modelo los resultados son muy similares, donde factores como I&D y capital tecnológico medido de diferentes maneras fueron utilizados para modificaciones posteriores.

En la evaluación de la productividad de este segundo grupo de ecuaciones los resultados variaron más que en la primera versión, encontrándose estimaciones para el largo plazo que oscilan entre 3.4% y 1.4%, mientras que para el periodo 1990 - 2000 los resultados se ubicaron entre 5.3% y 3.1%. Las diferencias se deben a los distintos supuestos y variables subyacentes en cada modelo.

Luego de encontrar los coeficientes de cada factor y el aporte de la productividad, Farías y Lever estiman la contribución "total" de cada factor al crecimiento del PIB.

Para el capital se encontró una contribución al crecimiento del producto en el largo plazo entre 2.8% y 0.6% (para los modelos CRS y AK-INS respectivamente). Para el factor trabajo los valores son más cercanos, variando entre 1.3% y 1.1%, que representa cerca de la cuarta parte del crecimiento total del PIB, llegando a cifras como 36% entre 1960 y 1970. Sin embargo, en el periodo 1990 - 2000 se observa una drástica caída de

¹⁹ El primero es un modelo con medición de capital humano AK-HC medido como el gasto TI ponderado con los años de escolaridad como factor de producción. Luego está el modelo AK-TP que incluye el total de gasto TIC para contrastarlo con el anterior y finalmente un modelo AK-INS que un "índice de Libertad" que trata de medir aspectos institucionales.

su contribución de 15%, que se explica principalmente por las bajas tasas de crecimiento del empleo en esos años. En lo que respecta a I&D y gasto en TIC, se encontró una contribución entre 0.3% y 0.5% para el largo plazo.

Es interesante el énfasis dado en que en los primeros periodos la contribución de I&D es mayor que la del gasto en TIC, situación que se revierte para el periodo final del estudio. Mientras que la contribución de I&D fue de 0.6% entre 1960 y 1975, la contribución del gasto TIC era de la mitad. Durante la última década, no obstante, los valores casi se revierten, pues la contribución de I&D fue de 0.3% mientras que el gasto TIC aportó entre 0.5 y 0.8 puntos porcentuales.

Se presentan los cuadros 5 y 6 que resumen los aportes de cada factor al crecimiento del PIB (primera ecuación) y al crecimiento de la productividad total de los factores (segunda ecuación), que refleja un efecto más indirecto en el crecimiento económico.

CUADRO 5

Descomposición de la Productividad Total de los Factores 1960-2000 vs 1985-2000 (Tasas de Crecimiento Promedio)						
Modelo	AK		AK-AR(1)		CRS	
Estimación	(GMM)		(GMM)		(GMM)	
	1960-00	1985-00	1960-00	1985-00	1960-00	1985-00
Prod. Total de los Factores	1.9%	2.3%	1.2%	1.4%	1.7%	0.3%
Productividad del Trabajo	0.9%	1.5%			0.1%	0.1%
Gasto TIC	0.2%	0.3%	0.1%	0.2%	0.3%	0.3%
Hardware			0.1%	0.2%		
Software			0.1%	0.2%		
Gasto en I&D			0.2%	0.1%		
Años de Escolaridad			0.5%	0.6%		
Indicadores de Libertad			-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.4%
Otros Factores	0.7%	0.5%	0.9%	0.9%	1.7%	0.3%
Significación Estadística (R2)	67%	67%	2.6%	2.6%	17%	17%
Modelo	AK-HC		AK-TP		AK-INS	
Estimación	(GMM)		(GMM)		(GMM)	
	1960-00	1985-00	1960-00	1985-00	1960-00	1985-00
Prod. Total de los Factores	1.9%	2.3%	1.2%	1.4%	1.7%	0.3%
Productividad del Trabajo	0.9%	1.4%	0.8%	1.3%	1.1%	1.7%
Gasto TIC	0.7%	0.7%	0.6%	0.7%	0.9%	1.0%
Indicadores de Libertad	-0.7%	-0.7%	-0.8%	-0.7%	-3.0%	-2.7%
Otros Factores	0.6%	0.3%	0.7%	0.2%	4.5%	3.6%
Significación Estadística (R2)	66%	66%	65%	65%	77%	77%

Fuente: Effects of Information Technology Spending on Growth and Productivity in the Chilean Economy: A Macroeconomic Perspective

CUADRO 6

Contribución de los Factores al Crecimiento del PIB (Tasas de Crecimiento Promedio)								
Modelo		AK	AK-AR(1)	CRS	AK-HC	AK-TP	AK-INS	AK-TP
Método de Estimación		(GMM)	(GMM)	(GMM)	(GMM)	(GMM)	(GMM)	(TSLS)
Producto Interno Bruto								
	1960-2000	4.3%						
	1960-1975	2.2%						
	1985-2000	6.4%						
	1990-2000	6.4%						
Capital								
	1960-2000	1.2%	1.1%	2.8%	1.1%	1.2%	0.6%	1.0%
	1960-1975	0.2%	0.1%	0.3%	0.1%	0.1%	-0.6%	0.1%
	1985-2000	2.5%	2.3%	5.8%	2.4%	2.4%	2.0%	2.1%
	1990-2000	1.5%	1.3%	3.5%	1.4%	1.4%	0.9%	1.2%
Gasto TIC								
	1960-2000				0.3%	0.4%		0.5%
	1960-1975				0.3%	0.3%		0.4%
	1985-2000				0.5%	0.7%		0.8%
	1990-2000				0.5%	0.7%		0.8%
I&D								
	1960-2000							0.5%
	1960-1975							0.6%
	1985-2000							0.3%
	1990-2000							0.3%
Trabajo								
	1960-2000	1.1%	1.3%	1.3%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%
	1960-1975	0.8%	0.5%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%	0.5%
	1985-2000	1.6%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.8%	1.6%
	1990-2000	1.0%	1.1%	1.1%	0.9%	1.0%	1.1%	1.0%
Índice de Libertad								
	1960-2000						-2.9%	
	1960-1975						-2.0%	
	1985-2000						-2.6%	
	1990-2000						-1.8%	
Productividad Total de los Factores								
	1960-2000	1.9%	1.2%	1.7%	1.5%	1.4%	3.4%	-3.2%
	1960-1975	1.5%	1.5%	2.9%	1.0%	1.0%	3.3%	-1.5%
	1985-2000	2.3%	1.4%	0.3%	1.8%	1.5%	2.3%	-4.9%
	1990-2000	3.9%	2.9%	1.8%	3.4%	3.1%	5.3%	-3.3%

Fuente: Effects of Information Technology Spending on Growth and Productivity in the Chilean Economy: A Macroeconomic Perspective

Otros autores han utilizado la metodología de datos de panel para comparar los efectos de las tecnologías de información y comunicación en el crecimiento del país. El más interesante aporte de este tipo de herramientas es que al basarse en datos de varios países permite descubrir las variaciones de las variables entre un país y otro y dentro del mismo también. Esto se conoce como efectos "entre" e "intra", otorgando mayores herramientas de análisis y comparación.

Sebastián Edwards²⁰ desarrolla este tema enfatizando las condiciones que deben acompañar a la inversión en tecnologías para que éstas aporten mayormente al crecimiento. Sostiene que para ello, los países latinoamericanos requerirán grandes inversiones en áreas complementarias a las tecnologías, tales como la investigación y desarrollo, educación e infraestructura, además de importantes reformas dentro de las organizaciones y en la economía para provocar cambios culturales que favorezcan una mejora en eficiencia y eficacia a nivel macroeconómico, de lo contrario la incidencia de las TIC será muy leve.

A partir de un estudio de empresas e industrias, describe cuatro áreas de políticas relevantes para mejorar la productividad. Primero se refiere a las nuevas empresas, donde las TIC han sido muy eficaces en aquellas que no están sujetas a restricciones impuestas por las relaciones productivas más tradicionales. Ello implica que se debería buscar la reducción de trámites burocráticos requeridos para la creación de empresas, además de incentivar un mercado financiero con un activo financiamiento de capital de riesgo.

Luego se aboca al capital humano, donde las nuevas tecnologías tienden a ser adoptadas con mayor éxito en organizaciones que realizan mayor inversión en esta área. Se proponen reformas a los sistemas educativos nacionales, así como la formación en ciencias y matemáticas. Para crear lazos de cooperación, en tanto, es preciso fomentar políticas nacionales promuevan la interacción entre universidades y privados.

Con respecto a las relaciones laborales, el autor explica que existe una robusta evidencia empírica entre proyectos exitosos de TIC en ambientes laborales altamente flexibles, por lo que se infiere que la flexibilidad laboral fomenta la libertad y la creatividad, aspectos que complementan los efectos de las TIC.

Finalmente, en el ámbito de la estructura organizacional, Edwards, plantea que para que las TIC sean plenamente productivas se requiere introducir importantes cambios institucionales y culturales para potenciar dichos efectos, pues los parciales o incompletos pueden repercutir negativamente en la productividad. Para que esto se logre se requiere de un poder judicial moderno y un sistema estatal con bajos niveles de corrupción, de manera de aumentar la transparencia en las relaciones económicas.

Para medir la productividad total de los factores, el crecimiento global y los efectos de las TIC en ellos, el autor propone el siguiente modelo analítico:

²⁰ "Tecnología de la información y Crecimiento Económico en las Economías Emergentes". Estudios Públicos, N° 85

$$q = AL^{\eta}K^{\alpha}T^{\psi}H^{(\beta + \gamma T - \delta T^2)} .$$

$$A = A_0(\varphi + \lambda T - \theta T^2)$$

Donde q es la producción agregada, A representa las reservas de capital organizacional y de conocimientos del país, K es el capital físico, H el capital humano y L la mano de obra. T es un indicador de las reservas de tecnologías de la información. El resto son parámetros que se suponen positivos.

Según las ecuaciones expuestas con anterioridad, las tecnologías de información afectan el crecimiento de dos maneras: primero a través de mayores reservas tecnológicas, tanto el capital organizacional como el capital humano serán más productivos. Además, en este modelo el impacto de las TIC en el crecimiento del PIB dependerá de los niveles de capital humano y organizacional. Es más, el autor afirma que es posible que inversiones en TIC que no estén acompañadas de otras políticas podrían llegar a reducir el crecimiento total. La intuición que acompaña a esta afirmación tiene que ver con el uso que se le da a las innovaciones. Por ejemplo, si una empresa decide incorporar a todos sus empleados a Internet sin un previo cambio organizacional, es muy probable que los trabajadores menos calificados tiendan a navegar por sitios poco productivos o para distraerse, lo que afectaría negativamente la productividad de los trabajadores.

El artículo presenta mediciones del crecimiento de la productividad factorial total de algunos países latinoamericanos. El cuadro 7 muestra los resultados de Goldman-Sachs para el periodo 1980-1997 y de Edwards para 1998-2000.

CUADRO 7

Crecimiento de la Productividad Total de los Factores en Países Latinoamericanos Seleccionados 1980-2000		
País	Crecimiento estimado PTF (%) 1980-1990	Crecimiento estimado PTF (%) 1990-2000
Argentina	-2.4	1.1
Brasil	-1.5	0.7
Chile	1.0	2.0
Colombia	0.0	-1.6
Ecuador	-1.3	-0.6
México	-2.4	-1.5
Panamá	-2.9	-1.1
Perú	-3.3	3.9
Media	-1.6	0.4
Mediana	-2.0	0.1

Fuente: Tecnologías de la Información y Crecimiento Económico en las Economías Emergentes

Estos antecedentes permiten reflexionar respecto de elementos como el del rol del gobierno como un promotor de la tecnología, el que sólo se justificaría bajo estrategias de largo plazo que aseguren una agresividad en la adopción de las TIC, incorporando mecanismos de control además de inversiones en las áreas que se ven involucradas en el cambio cultural necesario para rescatar todo el potencial de las actuales innovaciones.

IV. FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS PARA EL CASO DE CHILE

1. Fundamentos Principales

Como parte importante del estudio económico y, en particular del área de desarrollo económico, el análisis empírico surge con gran fuerza como medio de explicar los fenómenos que transforman el entorno económico de manera continua.

La literatura que se dedica a ello ha sido brevemente referida en el capítulo anterior a modo de introducir al lector en las propuestas ya examinadas por aquellos que conocen en mayor profundidad tanto el tema económico como las técnicas econométricas requeridas para tales análisis. No obstante, como una parte fundamental de la formación como economista es que ahora se expondrán los esfuerzos personales por avanzar en este campo en el ámbito nacional.

Partiendo de las ideas desarrolladas por autores chilenos como Sebastián Edwards²¹ y María Elisa Farías y George Lever²² y considerando los datos que se logró reunir a continuación se describen los intentos por generar un modelo propio de los efectos que

genera el gasto en tecnología tanto en el producto como en la productividad total de los factores.

2. Descripción de Modelos

Dentro del proceso de maduración de este trabajo se intentó plasmar de la mejor manera posible los efectos que son de nuestro interés, es decir, el causado por las nuevas tecnologías con varias metodologías. A continuación se explicarán de manera sencilla uno a uno los modelos trabajados.

Las principales diferencias corresponden a las definiciones de las variables, en especial aquella que mide la evolución del haber tecnológico del país, además se prueban distintas ecuaciones para describir el crecimiento del producto y de la productividad total de los factores. Todas las regresiones se corrieron utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios.

2.1. Estimación A

El modelo A se sustenta en una función de producción tipo Cobb-Douglas extendida, sin restricciones de escala, vale decir, la suma de los coeficientes de participación de los factores podría ser o no igual a uno como muestra la ecuación 1. Los factores considerados son trabajo, capital y un indicador de la capacidad tecnológica del país conformado por el número de computadoras personales ponderadas por su capacidad de procesamiento en cada año de modo de poder analizar el efecto del avance de la capacidad técnica, pues una computadora del año 2000 equivale a varias de las de los años 70's gracias a la inmensa mejora en la cantidad de los transistores incorporados. La estimación se realiza en logaritmos (ecuación 2).

$$Y = A L^{\alpha} K^{\beta} T^{\gamma} \quad (1)$$

$$\text{Log}Y = A + \alpha \cdot \text{log}L + \beta \cdot \text{log}K + \gamma \cdot \text{log}T \quad (2)$$

Para evaluar el efecto sobre el crecimiento del PIB, se realiza una regresión utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios donde la variable dependiente

²¹ "Tecnologías de la Información y crecimiento en Economías Emergentes", Estudios Públicos, número 85.

²² "Effects of Information Technology Spending on Growth and Productivity in the Chilean economy: A Macroeconomic Perspective".

IV. FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS PARA EL CASO DE CHILE

corresponde al logaritmo del producto agregado. Las variables explicativas, también en logaritmos, serán una constante c además de los tres factores de producción considerados, estos son trabajo l , capital k , tecnología t y una dummy (década). Esta ecuación entregará la participación de cada factor en la producción, además se generará una serie que represente el aporte de la productividad total de los factores de manera residual.

Los resultados obtenidos en esta parte de la estimación revelan un efecto directo positivo causado por las tecnologías en el crecimiento del producto, así, para la década analizada se obtienen resultados significativos, como se muestra en el cuadro 8, como también para la dummy, el capital y el valor inicial del residuo ²³, no obstante, observamos una correlación negativa entre el nivel de empleo y el de producto, pese a ser un valor que no alcanza la significación estadística.

CUADRO 8

Crecimiento del PIB 1990-2000, Modelo A			
Variable	Coef.	Error Stand.	t-Stat
Constante	14.216	2.587	5.495
Trabajo	-0.6158	0.428	-1.438
Capital Físico	0.4009	0.091	4.397
Tecnología	0.0401	0.013	2.984
Dummy (1990-2000)	0.1338	0.064	2.065

Fuente: Estimaciones propias

Luego de calcular los efectos directos o la participación de los factores antes mencionados en el producto, se genera una nueva serie con los valores residuales, es decir, a la cifra de producto se le restan los efectos descritos por cada factor ponderado por su participación.

Esta nueva serie generada corresponderá a la serie de la productividad total de los factores que explicaría todo lo que no es explicado ni por cambios en trabajo, tecnología y capital ordinario. Se asocian a ella las externalidades causadas por sinergias entre factores como los efectos causados por otros factores no considerados explícitamente en la ecuación 1. Se asume que el comportamiento de esta variable residual que se asocia a la productividad total de los factores depende de un valor inicial y la influencia del trabajo, el capital y la tecnología.

También se controló para la década comprendida entre 1990 y 2000 como muestra la ecuación 4 con una variable dummy, esto para considerar sólo los efectos más recientes que son de mayor interés, pues es cuando se han masificado los usos productivos de la tecnología y han surgido importantes innovaciones de manera más acelerada.

²³ El residuo en este caso representa la productividad total de los factores que depende a su vez, por construcción del modelo de un valor inicial o A_0 .

$$A = A_0 (\delta L + \lambda K + \theta T + \eta d) \quad (4)$$

Sin embargo, la estimación realizada en este ámbito no arrojó resultados robustos en cuanto a los efectos de las tecnologías en la productividad pues los coeficientes estimados no alcanzan a ser significativos en el periodo de 1999-2000, pese a ser ellos positivos. De hecho su aporte es posiblemente mayor al causado por el trabajo. Los resultados se resumen en el cuadro 9 donde se muestran los efectos en la variable dependiente A.

Con respecto a los demás factores, el capital tampoco tiene valores estadísticamente significativos y la variable dummy presentó efectos negativos, mostrando que la productividad total de los factores cayó en el periodo.

CUADRO 9

Productividad Total de los Factores en Modelo A				
Variable	Coef.	Error Stand.	t-Stat	Prob.
Trabajo	0.000242	6.62E-05	3.65715	0.0011
Capital Físico	3.56E-07	4.55E-07	0.78334	0.4405
Tecnología	0.000589	0.000396	1.48737	0.1489
Dummy (1990-2000)	-1.66565	0.675766	-2.46484	0.0206

Fuente: Estimaciones propias

Para hacer comparables los resultados con los trabajos de otros autores previamente analizados, se revisa el impacto en términos de puntos del PIB. La estimación anterior arroja cifras optimistas respecto de los efectos provocados por la incorporación de nuevas tecnologías en el proceso productivo.

En la época aludida el PIB crece en promedio 7,3% anual y el efecto directo de las tecnologías en el proceso de producción explicaría 0.3 puntos del crecimiento del PIB. Ésta es una cifra menor si se compara con los efectos causados por el capital que explica casi tres puntos (2.9%) del crecimiento y la productividad total de los factores que mejora el crecimiento del producto en más de cuatro puntos. Mientras, el factor trabajo impactó negativamente en el crecimiento.

No obstante lo anterior, al indagar en los efectos indirectos la repercusión de las innovaciones sobre la productividad total de los factores es muy alta. El 41% de la mejora en ella se explica por el aumento de tecnología en la economía, 16% se atribuye al trabajo y 42% al capital físico. Ello implica que el efecto indirecto de las tecnologías en el crecimiento del producto alcanza a 1.7 puntos porcentuales de crecimiento del PIB.

Resumiendo, esta estimación muestra que las tecnologías de información y telecomunicación explican 2 puntos del desarrollo del país en la década, ello equivale al 28% del total.

2.2. Estimación B

IV. FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS PARA EL CASO DE CHILE

Se buscó reflejar de mejor manera el efecto tecnológico utilizando un modelo similar al anterior cuya única diferencia radica en la función de producción, que continúa siendo del tipo Cobb-Douglas extendida, con la salvedad de que ahora se asumen retornos constantes a escala en el capital y el trabajo (ecuación 5).

$$Y = A L^{\alpha} K^{(1-\alpha)} T^{\gamma} \quad (5)$$

Resultaron valores estadísticamente significativos en los tres coeficientes, además, todos positivos. Sin embargo, en este modelo la participación del capital en el producto es muy inferior al del trabajo e incluso menor que el del factor tecnológico, los resultados se muestran en el cuadro 10.

CUADRO 10

Crecimiento del PIB 1985-2000, Modelo B			
Variable	Coef.	Error Stand.	t-Stat
Constante	5.68529	0.2118	526.83
Trabajo	1.06954	0.0700	15.263
Capital Físico	-0.69548		
Tecnología R Ajustado	0.08884	0.98616	8.0356

Fuente: Estimaciones propias

La productividad total se describe de igual manera que en la ecuación 4, excepto por la ausencia de la variable dummy, pues los datos con los que se trabaja corresponden al período 1985-2000 como muestra el cuadro 11.

CUADRO 11

Productividad Total de los Factores en Modelo B				
Variable	Coef.	Error Stand.	t-Stat	Prob.
Trabajo	1.01E-06	6.40E-08	15.8470	0.0000
Capital Físico	-2.05E-07	4.63E-08	-4.44003	0.0007
Tecnología	3.67E-08	6.48E-09	5.66732	0.0001
R Ajustado	0.955818			

Fuente: Estimaciones propias

La estimación B refleja efectos mucho menores de las tecnologías de información en el crecimiento del PIB, pues directamente sólo aporta 0.1% al crecimiento y 0.2% a través de mejoras en la productividad. La menor cuantía de estas cifras puede deberse a que la llegada de innovaciones al país ha sido mucho más agresiva en la última década y considerar un periodo mayor hace más difuso los impactos en el PIB.

2.3. Estimación C

Siguiendo el trabajo realizado por Sebastián Edwards y que fue abordado en el capítulo anterior, se buscó una aproximación que incorporara los avances en capital humano y los efectos indirectos de las tecnologías de información y comunicación en él. Este modelo (ecuación 6) incluye una variable que refleja el nivel de escolaridad de la fuerza de trabajo que en su construcción considera la depreciación del conocimiento a través del tiempo ponderando en mayor medida los conocimientos adquiridos más tardíamente.

$$Y = L^{\alpha} K^{\beta} T^{\gamma} H^{(\eta + \delta T + \lambda T^2)} \quad (6)$$

Además, se controla la influencia del nivel de tecnología en la mano de obra en primer y segundo grado. Veremos que la tecnología de información incrementa a tasas decrecientes la participación del capital humano en el producto. Lamentablemente, este modelo no muestra efectos directos significativos de las tecnologías de información y comunicación sobre el crecimiento del producto nacional, no obstante, sus efectos indirectos son ambos significativos aunque pequeños.

En lo que respecta al comportamiento de la productividad, se eligió también una nueva manera de describirla donde el único factor que repercute en su evolución es el nivel de tecnología y su valor inicial, según se representa en la ecuación 7. En el modelo C, el haber tecnológico se mide a través del gasto en tecnología de información y comunicación.

$$A = A_0 (\delta + \lambda T + \eta T^2) \quad (7)$$

Para dar resultados más robustos se intentó modificar el modelo original de C cambiando las variables utilizadas (gasto en tecnologías medido como inversión en hardware) sin encontrar cambios de importancia en el momento de evaluar los efectos en la productividad total de los factores.

3. Las Variables.

Los modelos anteriormente presentados utilizan variables dependiendo de su construcción.

Y: Representa el Producto Interno Bruto del país según datos públicos entregados por el Banco Central de Chile.

L: Corresponde a la tasa de empleo anual para el país entregada por el Departamento de economía de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de

la Universidad de Chile.

K: Formación Bruta de Capital Fijo de acuerdo a los datos publicados por el Banco Central de Chile, a esta cifra se disminuye la cantidad de inversión en tecnología (hardware) para evitar contabilizar dos veces el efecto de ésta última.

T: Haber tecnológico del país medido de dos maneras, la primera utilizada en el modelo A corresponde a un índice generado basándose en la capacidad de procesamiento que cada computadora tiene en su periodo definido como el número de computadoras personales multiplicado por la potencia estimada de cada computadora de acuerdo a la Ley de Moore²⁴. En el modelo C se utiliza como medida de la capacidad tecnológica el nivel de gasto en tecnologías de información y comunicación de acuerdo a datos obtenidos de ACTI.

H: Nivel de capital humano de la fuerza de trabajo, se construye en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas depreciando el nivel de conocimiento quinquenalmente.

A: Valor del residuo de la ecuación principal, se asume que corresponde a la productividad total de los factores asociada a externalidades o a los factores omitidos en las variables explicativas de cada modelo.

²⁴ Ver página 29 de este trabajo.

V. COMENTARIOS FINALES

Conociendo el Nuevo Orden Económico

Se han expuesto algunos de los alcances del fenómeno Internet así como las nuevas posibilidades para los agentes que participan de las redes.

Las mejoras en el bienestar de las personas son difíciles de medir, no obstante, suponiendo que con mayores niveles de consumo un país se encuentra en mejor situación podemos decir que la adopción a tiempo de las nuevas tecnologías permite un crecimiento de la economía con bajos niveles de desempleo y productividad evitando presiones inflacionarias gracias a la constante deflación de los productos computacionales.

No obstante, existen múltiples trabas para la investigación empírica en esta área debido a la carencia de datos homogéneos para distintos sectores o países, lo que implica que la evidencia positiva existente debe someterse a fuertes supuestos. La evolución natural de la economía digital prevé la formulación de una metodología común para la medición del gasto en TIC así como una definición mundial del sector TIC.

Se ha expuesto cómo las distintas teorías de crecimiento pueden afectar las opciones de política y las acciones a tomar, por ello las autoridades deben de ser muy cuidadosas al planificar la estrategia a seguir en el contexto de la nueva economía.

En este sentido se recomienda acompañar la inversión en infraestructura TIC con esfuerzos no menores en el ámbito de la educación y de capacitación para no provocar un desequilibrio estructural en el mercado laboral a mediano plazo.

También es importante entregar las herramientas necesarias para un cambio cultural dentro de las mismas organizaciones, pues se ha demostrado que en instituciones más horizontales las ganancias en productividad son mayores por la flexibilidad que en ellas existe, fomentando la innovación y creatividad de los empleados, factores clave hoy en día.

Con respecto al surgimiento de una nueva brecha, las políticas deben apuntar a la democratización de las tecnologías para masificar los posibles beneficios de ellas. A través de fondos concursables, visitas tecnológicas, cofinanciamiento de infraestructura y consultorías el nivel central puede fomentar el uso productivo de las TIC en todos los estratos empresariales, en especial en las pequeñas y medianas empresas que presentan mayores mejoras potenciales.

Para finalizar, se recuerda que la mera existencia de tecnología en un país no lo hace de por sí exitoso, la innovación es continua y para no quedar rezagado en las mejores prácticas se debe ser innovadores en los sectores donde Chile está más cerca de la frontera de posibilidades de producción como en minería o en el ámbito forestal.

En todos los otros sectores, donde existen menos ventajas, lo prioritario es acortar las curvas de aprendizaje de modo de ingresar a los procesos nacionales las mejores prácticas conocidas a nivel mundial, sin ser necesario que las mejoras tecnológicas se generen en el país.

Bibliografía

- asociación chilena de empresas de tecnologías de la información (2000) "Estudio Trimestral de Actividad del Sector TIC", I, II, III, IV trimestre. Sitio Web: www.acti.cl
- asociación chilena de empresas de tecnologías de la información (2001) "Estudio Trimestral de Actividad del Sector TIC", I, II, III, IV trimestre. Sitio Web: www.acti.cl
- asociación chilena de empresas de tecnologías de la información (2002) "Estudio Trimestral de Actividad del Sector TIC", I, II, III, IV trimestre. Sitio Web: www.acti.cl
- banco central de chile Anuario de Cuentas Nacionales 1999, 2001 y 2002. sitio web: <http://www.bcentral.cl/esp/estudiospublicaciones/publicaciones/>
- bANCO MUNDIAL (2002) " World Development Indicators Cap. V: The Information Age". Sitio web: www.worldbank.org/data/
- Barro, Robert (1991). "Economic Growth in a Cross Section of Countries". Quaterly Journal of Economics.
- Brynjolfsson, Erik (1993). "The Productivity Paradox of Information Technology". Communicatios of the ACM, 35.
- Brynjolfsson, Erik AND HITT, LORIN (2000). "Beyond Computation: Information technology, Organizational Transformation and Business Performance" The Journal of Economic Perspectives, 14(4).
- Centro de Estudios Economía Digital (2000). "Economía Digital en Chile". Cámara de Comercio de Santiago.

- Centro de Estudios Economía Digital (2001). "Economía Digital en Chile 2001". Cámara de Comercio de Santiago.
- Centro de Estudios Economía Digital (2002). "Economía Digital en Chile 2002". Cámara de Comercio de Santiago.
- coeymans, juan eduardo (2001) "Crecimiento, Productividad y Desempleo a Mediano Plazo en la Economía Chilena", Intituto de economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Edwards, Sebastián (2002). "Tecnologías de la Información y Crecimiento en las Economías Emergentes". Estudios Públicos, número 85.
- Farías, María Elisa Y LEVER, GEORGE (2001). "Effects of Information Technology Spending on Growth and Productivity in the Chilean Economy: A Macroeconomic Perspective".
- Grossman, Gene y Elhana Helpman (1991). "Innovation and Growth in the Global Economy". Cambridge, MA, MIT Press
- Instituto nacional de Estadísticas de Chile (2002) Series Estadísticas Sitio web: www.ine.cl
- international Telecommunication union (2002). Free Statistics Sitio web: www.itu.org
- Jogenson, Dale y Kevin Stiroh (1999). "Information Technology and Growth". American Economic Review, 89.
- nua.com (2002) "How Many on Line?" Sitio web: www.nua.org
- Oliner, Stephen y Daniel Sichel (2000). "The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story". The Journal of Economic Perspectives, 14.
- Rodríguez, Andrés y Parra, Claudio (2002). "Hacia un Modelo Nacional de la Sociedad de la Información". Intec-CTI.
- Sala-i-Martin, Xavier (2000). "Apuntes de Crecimiento Económico" Antoni Bosch Editor schreyer, paul
- Schumpeter, Joseph (1934). "The Theory of Development" Cambridge, MA, Harvard University Press. "The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A Study of the G7 Countries". STI Working Papers 200
- Solow, Robert (1956) "A Contribution to the Theory of Economic Growth ", Quaterly Journal of Economis
- Solow, Robert (1969) "Investment and Technological Change" en Kenneth J. Arrow, et al., eds., Mathematical Methods in the Social Sciences, Palo Alto, Standford University Press.
- Subsecretaría de Economía División Tecnologías de Información (2002). "Acceso y Uso de Tecnologías de Información en las Empresas Chilenas". Gobierno de Chile.
- Swan, Trevor W. (1956) "Economic Growth and Capital Accumulation". Economic Record.
- U.S Departament of Commerce, Bureau of the Census (1998). "The Emerging Digital Economy". Washington D.C., U.S. Government Printing Office.
- U.S Departament of Commerce, Bureau of the Census (1999). "The Emerging Digital Economy II". Washington D.C., U.S. Government Printing Office.

U.S Department of Commerce, Bureau of the Census (2002). "Digital Economy".
Washington D.C., U.S. Government Printing Office.