
estudios estadísticos y prospectivos

Estimación de servicios de capital y productividad para América Latina

Claudio Aravena

José Jofré

Francisco Villarreal



División de Estadística y Proyecciones Económicas

Santiago de Chile, noviembre de 2009

Este documento fue preparado por Claudio Aravena, de la División de Desarrollo Económico de la CEPAL, José Jofré del Instituto Nacional de Estadística de Chile, y Francisco Villarreal de la Sede Subregional de la CEPAL en México. El documento fue elaborado mientras los tres autores pertenecían a la División de Estadística y Proyecciones Económicas de la CEPAL.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

Los autores agradecen la colaboración de Carolina Cavada en la preparación de las series de inversión históricas; así como los comentarios de Claudia de Camino, André Hofman, Salvador Marconi, Nanno Mulder, Andrés Schuschny y Gaaitzen de Vries.

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN versión impresa 1680-8770 ISSN versión electrónica 1680-8789

ISBN: 978-92-1-323373-3

LC/L.3157-P

N° de venta: S.09.II.G.130

Copyright © Naciones Unidas, noviembre de 2009. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N. Y. 10017, Estados Unidos. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Índice

Resumen	5
1. Introducción	7
2. Servicios de capital	11
2.1. Conversión a unidades de eficiencia productiva	12
2.1.1 Vidas medias	13
2.1.2 Función de retiro	14
2.1.3 Perfil edad-eficiencia.....	15
2.1.4 Servicios de capital.....	17
2.2. Agregación de los activos	17
2.2.1 Costo de uso	18
2.2.2 Índice de volumen de servicios de capital.....	22
3. Resultados	25
3.1. Análisis de sensibilidad	27
3.2. Análisis comparativo.....	30
4. Conclusiones y recomendaciones	35
Referencias	37
Anexo	40
Series estadísticas	41
Serie: estudios estadísticos y prospectivos	45

Índice de cuadros

CUADRO 1	DESCRIPCIÓN DE DATOS Y FUENTES	41
CUADRO 2	SERVICIOS DE CAPITAL, 1950-2005	42

Índice de figuras

FIGURA 1	FUNCIÓN DE RETIRO WINFREY	14
FIGURA 2	PERFILES EDAD-EFICIENCIA	15
FIGURA 3	PERFILES EDAD-PRECIO Y EDAD-EFICIENCIA.....	22
FIGURA 4	CHILE 1950-2006: CRECIMIENTO ANUAL DEL ÍNDICE DE SERVICIOS DE CAPITAL..	27
FIGURA 5	AMÉRICA LATINA: SENSIBILIDAD DEL CRECIMIENTO DEL ÍNDICE DE SERVICIOS DE CAPITAL CON RESPECTO A LA VIDA MEDIA DE LOS ACTIVOS ..	28
FIGURA 6	ARGENTINA: SENSIBILIDAD DEL CRECIMIENTO DEL ÍNDICE DE SERVICIOS DE CAPITAL CON RESPECTO A LOS PARÁMETROS DE PÉRDIDA DE EFICIENCIA	29
FIGURA 7	AMÉRICA LATINA 1960-2005: CRECIMIENTO ANUAL DEL ÍNDICE DE VOLUMEN DE SERVICIOS DE CAPITAL	30
FIGURA 8	AMÉRICA LATINA 1960-2005: APORTE DEL EMPLEO Y LA PRODUCTIVIDAD MULTIFACTORIAL AL CRECIMIENTO	32

Resumen

En este documento se presenta la metodología integrada propuesta por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) para estimar acervos y servicios de capital. Asimismo, se presenta el efecto que tienen algunas alternativas metodológicas en la estimación de servicios de capital para el periodo 1950-2005 y productividad para el periodo 1960-2005, para los siguientes países de América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela.

La estimación de servicios de capital se realiza en dos etapas. En la primera se estima el acervo de capital para cada tipo de activo considerado: maquinaria y equipo, y construcción. En la segunda, suponiendo que los servicios son proporcionales al acervo de capital disponible; se calcula la variación del índice agregado de volumen de servicios de capital, utilizando como ponderador el respectivo costo de uso.

Finalmente, se realiza una estimación de la productividad multifactorial con las series de servicios de capital que se construyen para esta investigación y se comparan con los resultados obtenidos a través de la metodología tradicionalmente utilizada.

Los resultados indican que la estimación de series de servicios de capital no se ve afectada por la elección de las formas funcionales para modelar el retiro de activos y su pérdida de eficiencia. Sin embargo, los resultados son sensibles a la elección de las vidas medias de servicio para los distintos tipos de activo considerados.

Adicionalmente, se encuentra que cuando se utiliza el valor de mercado como ponderador en la agregación de activos en el análisis de productividad, en vez del costo de uso, se subestima la aportación del capital al proceso productivo y por lo tanto, sobreestima la estimación de la productividad multifactorial. No obstante lo anterior, los resultados encontrados son consistentes con estudios previos sobre la evolución de la productividad en América Latina.

1. Introducción

El modelo canónico de análisis empírico del crecimiento es el modelo propuesto por Solow (1957). El modelo parte de una función de producción estándar¹.

$$Y = F(A, K, L) \quad (1)$$

donde el producto (Y), se obtiene de la combinación de los niveles disponibles de tecnología (A), capital (K) y trabajo (L).

Transformando la ecuación (1) en logaritmos y diferenciando con respecto del tiempo, el crecimiento del producto se puede expresar como²:

$$\dot{Y}/Y = \left(\frac{F_A A}{Y} \right) (\dot{A}/A) + \left(\frac{F_K K}{Y} \right) (\dot{K}/K) + \left(\frac{F_L L}{Y} \right) (\dot{L}/L) \quad (2)$$

es decir, el crecimiento del producto se puede descomponer como la suma del cambio en la tecnología y los factores productivos, cada uno ponderado por su producto marginal.

Suponiendo la existencia de mercados de factores completos y eficientes, y rendimientos constantes a escala, la remuneración de los factores productivos es igual a su productividad marginal. Por lo que la ecuación (2) se puede reescribir como:

$$\dot{Y}/Y = g + \alpha(\dot{K}/K) + (1-\alpha)(\dot{L}/L) \quad (3)$$

¹ Para una discusión detallada del modelo de Solow ver Barro y Sala-i-Martin (2004)

² F_x indica la derivada parcial de la función de producción con respecto del argumento $X = \{A, K, L\}$.

donde α es la participación de los ingresos del capital en el PIB y $g \equiv (F_A A/Y)(\dot{A}/A)$. En este contexto, la variable g es conocida como productividad multifactorial y es un indicador de la eficiencia con la cual la economía combina trabajo y capital para generar valor agregado (OCDE, 2001b)³.

En principio, todos los elementos de la ecuación (3), con excepción de g , son observables; por lo que ésta se suele estimar reordenándola de la siguiente manera:

$$g = \dot{Y}/Y - \alpha(\dot{K}/K) - (1-\alpha)(\dot{L}/L) \quad (4)$$

La ecuación (4) es la ecuación clave en el análisis de la productividad⁴. Autores como Prescott (1998) e Easterly y Levine (2002) entre otros, señalan que las variaciones de la productividad explican la mayor parte de las diferencias del ingreso entre distintos países. Sin embargo, como fue señalado en su momento por Abramowitz (1957), Kendrick (1956) y el mismo Solow (1957); el hecho que el aporte de la productividad se estime como residuo, implica que cualquier sesgo introducido por errores u omisiones en la estimación de la función de producción, contaminará la estimación de la productividad multifactorial.

Obviamente existen varias fuentes de error en la medición de las variables de la ecuación (4). Sin embargo, todas son relativamente menores al problema que presenta la definición y medición de acervos de capital y sus servicios (Jorgenson y Griliches, 1967). En términos generales, la certeza con la cual se puede estimar el aporte del capital está limitada por la disponibilidad de datos⁵.

De manera similar a como los trabajadores son repositorios del acervo de capital humano y prestan servicios medidos en horas trabajadas, los bienes de capital representan un acervo que provee un flujo de servicios⁶, que son insumos en el proceso productivo. La diferencia es que mientras los trabajadores reciben una remuneración a cambio de los servicios prestados; en general, los bienes de capital son propiedad de la empresa que los utiliza, por lo que no existe un registro de la remuneración por los servicios prestados por los bienes de capital.

En consecuencia, la medición del aporte del insumo capital en el proceso productivo plantea la correcta estimación de los flujos de servicios derivados de los distintos tipos de bienes de capital, así como de los ponderadores utilizados en su agregación.

La estimación de los flujos de servicios de capital parte de la medición de los acervos de capital disponibles en el tiempo. Para ello, es conveniente distinguir entre dos tipos de acervos: El acervo de capital bruto, que representa el valor en un momento determinado del tiempo, de todos los activos productivos disponibles valorizados como si fueran nuevos, sin tomar en cuenta su edad o condición. Y el acervo de capital neto, o de riqueza, el cual descuenta el valor acumulado del consumo de capital fijo del acervo de capital bruto.

Existen diversas alternativas para estimar el acervo de capital bruto, las cuales se pueden clasificar en métodos paramétricos y no paramétricos. Entre los métodos paramétricos se destaca el método de valuación hedónica, en el cual se utilizan métodos de regresión para estimar tanto el acervo de capital como los precios a utilizar⁷.

El enfoque no paramétrico más utilizado es el conocido como método de inventario permanente, en el cual el acervo de capital bruto se estima a partir de la acumulación histórica de la formación de capital, deduciendo el valor de los activos que han alcanzado el máximo de su vida productiva.

³ Cuando el insumo de capital se estima a partir de información desagregada por industria, utilizando costos de uso como ponderadores e índices de precios ajustados por calidad, la productividad mide el efecto de cambios tecnológicos no incorporados en el capital.

⁴ Ver Hulten (2001,2009) y Jorgenson (2005) para reseñas recientes. Adicionalmente, un marco analítico que incluye otro tipo de factores, se puede encontrar en Koszerek et al. (2007) y Corrado et al. (2004).

⁵ Ver Griliches (1994) para una discusión detallada.

⁶ El ejemplo clásico es el de una bodega que provee un flujo de servicios medido en volumen de almacenaje.

⁷ Ver Jorgenson (1999) para una reseña reciente de los métodos utilizados y DNCN (2004), para una aplicación reciente al caso de Argentina.

Alternativamente, el acervo de capital puede ser medido directamente a través de encuestas y la utilización de registros administrativos. Sin embargo, dado los costos involucrados, este método se suele utilizar sólo para algunos años de referencia.

El objetivo de este documento es presentar la metodología integrada de inventario permanente propuesta por la OCDE (OCDE, 2001a, 2001b), ilustrando el efecto que tienen distintos supuestos en la estimación de los índices de volumen de servicios de capital y la productividad de los siguientes seis países en América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela; los cuales representan aproximadamente el 90% del producto regional.

Debido a las limitaciones impuestas por la disponibilidad de datos, el análisis se realiza a nivel agregado considerando dos tipos de activo: Construcción, y Maquinaria y Equipo. La cobertura temporal es 1950-2005 para la estimación de servicios de capital y 1960-2005 para la estimación de productividad⁸.

Los resultados indican que la estimación de series de servicios de capital no se ven afectadas por la elección de las formas funcionales para modelar el retiro de activos y su pérdida de eficiencia. Sin embargo, el crecimiento de los servicios de capital es sensible a la elección de las vidas medias de servicio para los distintos tipos de activo considerados, dicha sensibilidad se ve acrecentada por la volatilidad en los flujos de formación bruta de capital fijo.

A causa de la escasez de información oficial, es común que en la estimación de series de capital de países en desarrollo, se recurra a la utilización de valores de vidas medias y tasas de obsolescencia que han sido estimados para países industrializados. Por ello, los resultados encontrados enfatizan la necesidad de realizar estudios empíricos en la región que permitan tener más certeza sobre las vidas útiles de distintos tipos de activo, así como de las tasas de obsolescencia a las cuales se enfrentan.

Aunque las estimaciones de productividad que resultan del uso de servicios de capital son consistentes con aquellas obtenidas utilizando acervos de capital, las diferencias observadas indican que la utilización de acervos subestima la aportación del capital al proceso productivo, sesgando la medición de la productividad.

Considerando el nivel de agregación utilizado, de estos resultados se desprenden una serie de recomendaciones acerca de la producción y disseminación de estadísticas oficiales de series de formación bruta de capital fijo desagregadas por industria y por tipo de activo, así como de índices de precios corregidos por calidad.

El documento está ordenado de la siguiente manera: la sección 2 presenta el marco conceptual de la metodología de estimación. En la sección 3 se presentan los resultados, destacando el efecto de los supuestos alternativos sobre las estimaciones e indicando algunas de las limitaciones de la metodología y su implementación. La sección 4 concluye con algunas recomendaciones.

⁸ El análisis de productividad comienza en 1960, ya que es a partir de esta fecha donde se cuenta con información sobre horas trabajadas.

2. Servicios de capital

Como se mencionó, el papel que juega el capital en la producción es similar al del trabajo en el sentido que el acervo de capital, al igual que los trabajadores, es utilizado pero no consumido. Por lo tanto, los insumos relevantes son los flujos de servicios de ambos factores; en el caso del trabajo es el número de horas trabajadas, mientras que en el caso del capital es el número de horas máquina u horas de utilización de una construcción.

No obstante lo anterior, y reflejo de la dificultad de la estimación de los servicios de capital, diversos estudios sobre productividad multifactorial utilizan acervos de capital en vez de sus servicios. La diferencia empírica entre ambos conceptos, se refiere a la ponderación utilizada en la agregación de distintos tipos de activo. Mientras que los acervos se agregan utilizando su valor de mercado como ponderador, los servicios se agregan utilizando el costo de uso. En la sección 3 se comparan las estimaciones de productividad obtenidas bajo distintos métodos, con el fin de ilustrar el impacto que tiene la correcta ponderación del capital en el proceso productivo.

El uso de acervos de capital, en vez de los servicios derivados de los mismos, es problemática por las siguientes razones (OCDE, 2001a):

1. Todos los demás elementos de la función de producción (4) son flujos, con lo cual existe una inconsistencia en la dimensión de las variables utilizadas. El cambio en el acervo de capital en (4) es un flujo de primer orden, mientras que el resto de la función de producción considera flujos de segundo orden, por lo que el problema de inconsistencia persiste.

2. La metodología utilizada generalmente para estimar acervos, no reconoce el hecho que los activos productivos de mayor antigüedad no son tan eficientes como los adquiridos recientemente.
3. Finalmente, en el cálculo del acervo de capital agregado cada activo se pondera por su valor de mercado. Esto implica que dos activos con el mismo valor de mercado tienen el mismo aporte en la producción. Sin embargo, esto no reconoce el hecho que para dos activos con el mismo valor de mercado pero con vidas de servicio de diferente duración, los flujos y por lo tanto, su aportación a la producción sean distintos. Así, el activo con una vida más corta tendrá una contribución mayor que aquel con una vida más larga⁹.

Desde el punto de vista empírico, para resolver los problemas anteriores, el índice de volumen de servicios de capital se estima a partir de las series de formación bruta de capital fijo en dos etapas:

1. Conversión de acervos de activos similares a unidades de eficiencia productiva. Durante esta etapa se construye el acervo de capital productivo, lo cual implica definir la longitud de la edad media de servicios de cada tipo de activo, así como las formas funcionales del retiro y la pérdida de eficiencia.
2. Agregación de unidades de eficiencia productiva en un índice de volumen de servicios de capital. Durante esta etapa es necesario definir el costo de uso del capital, lo que implica definir la tasa de retorno y la depreciación, lo cual a su vez hace necesario definir cómo evoluciona el precio de los activos según su edad.

2.1 Conversión a unidades de eficiencia productiva

El acervo de capital productivo del bien j , con vida máxima T_j , se define como:

$$K_{t,j}^p = \sum_{\tau=0}^{T_j} I_{j,t-\tau} R_{j,\tau} E_{j,\tau} \quad (5)$$

donde $I_{j,t-\tau}$ es la inversión de edad τ expresada a precios constantes, $R_{j,\tau}$ es la función de retiro, la cual determina la proporción de la inversión realizada hace τ periodos que sobrevive actualmente y $E_{j,\tau}$ representa el perfil edad-eficiencia, el cual caracteriza la pérdida de eficiencia productiva de los activos según envejecen.

Es importante destacar que mientras que el acervo de capital bruto, definido como $\sum_{\tau=0}^{T_j} I_{j,t-\tau} R_{j,\tau}$ valora los activos como si fueran nuevos; la normalización impuesta por el uso del perfil edad-eficiencia, $E_{j,\tau}$, permite referirse al capital productivo en términos de unidades de eficiencia productiva, que es una medida de volumen.

Para estimar los acervos de capital productivo de cada tipo de bien según (5); es necesario definir la duración de la vida media de servicio de cada tipo de bien,¹⁰ así como las funciones de retiro y eficiencia que serán utilizadas

⁹ Ver Anexo A de Oulton y Srinivasan (2003) para una derivación formal.

¹⁰ La vida media se refiere a la esperanza de vida de un activo, mientras que la vida máxima se refiere a la edad en la que se retira el activo más longevo de la cohorte.

2.1.1 Vidas medias

Como se discute en OCDE (2001a 2001b), la correcta medición de series de capital depende de la elección de la vida media de los distintos bienes de capital. Esto se debe a que la vida media afecta tanto la estimación del acervo de capital como la estimación de su costo de uso. Aunque el efecto es de signo contrario, tal como se discute en la sección 3, generalmente la tasa de crecimiento del índice de volumen de servicios de capital depende positivamente de la longitud de las vidas medias seleccionadas.

En países desarrollados, la estimación de las vidas medias de distintos tipos de bienes de capital se realiza explotando información proveniente de varias fuentes, como por ejemplo registros fiscales, contables y administrativos, así como a través de la realización de encuestas. La información proveniente de registros se suele complementar con la opinión de expertos y los resultados se suelen comparar periódicamente con los estudios realizados en otros países. Debido al costo asociado, existen pocos estudios sistemáticos con respecto de la vida media de distintos tipos de activos para países en desarrollo¹¹. por lo que se suele adoptar las vidas medias estimadas para los Estados Unidos. Cabe señalar, sin embargo, que algunos trabajos como el de Erumban (2008) indican que este supuesto es cuestionable.

Generalmente se supone que la vida de servicio de los activos se mantiene constante. Sin embargo, existen dos razones para suponer que este supuesto no es siempre válido. En primer lugar, el ciclo de producto se está volviendo cada vez más corto debido a cambios en las preferencias de los consumidores, así como a mejoras continuas en las líneas de producto. No obstante lo anterior, el desarrollo de sistemas de producción flexible permite producir nuevos productos sin descartar los activos de capital existentes. Por lo tanto, la reducción de los ciclos de producto no implica necesariamente vidas de servicio más cortas para los bienes de capital.

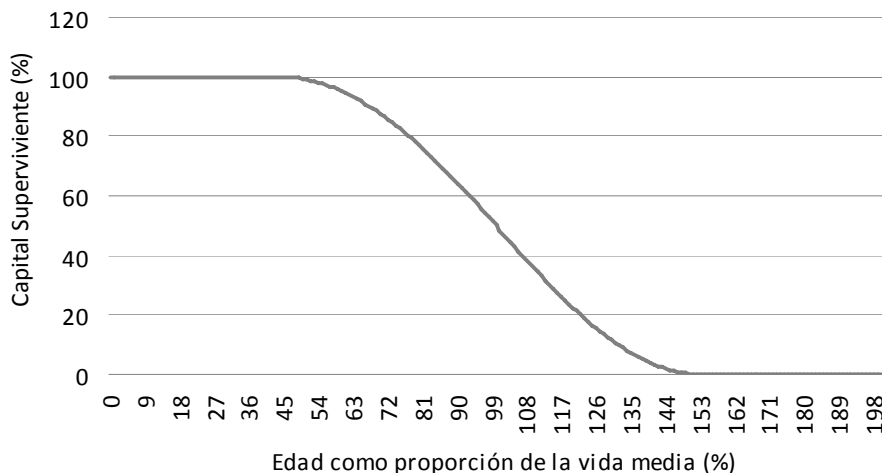
La segunda razón es que en la actualidad, varios tipos de bienes de capital se enfrentan a tasas de obsolescencia más altas que en el pasado. Dado que esta clase de bienes corresponde en su mayoría a bienes de tecnologías de información y comunicaciones, los cuales han incrementado su proporción en el acervo de capital productivo, es probable que la vida de servicio promedio de los acervos de capital esté acortándose.

Considerando el objetivo del estudio y la restricción impuesta por la disponibilidad de datos, en este documento se supone una vida de servicio constante. Sin embargo, una extensión interesante de este documento sería profundizar en el análisis de vidas de servicio de activos productivos en América Latina.

¹¹ En América Latina, una excepción es el estudio realizado por la DNCN (2004) para el caso de Argentina, el cual está basado en el trabajo de Coremberg (2002).

2.1.2 Función de Retiro

FIGURA 1
FUNCIÓN DE RETIRO WINFREY



Fuente: elaboración propia.

Existen diversas funciones de retiro que han sido consideradas en aplicaciones empíricas. Sin embargo, según el manual de la OCDE (2001⁸) lo más realista es utilizar algún tipo de función de retiro en forma de campana, en donde se supone que los retiros comienzan gradualmente algún tiempo después de la fecha de instalación, para acelerarse hasta la edad promedio de servicio, a partir de la cual el ritmo de retiro se reduce gradualmente.

En este estudio se utiliza una función de retiro perteneciente a la familia de curvas de Winfrey, nombradas en honor a Robert Winfrey, quien durante la década de 1930 recopiló información con respecto a las fechas de instalación y retiro de 176 tipos de activos industriales en los Estados Unidos (Winfrey, 1935)¹².

La función de retiro se expresa como la probabilidad de supervivencia de un activo en función de su edad τ , y tiene la siguiente forma funcional:

$$R_{j,\tau} = \begin{cases} 1, & \text{cuando } (\tau/\bar{T}_j) < T_{j,-} \\ \left(1 - \frac{(\tau - T_{j,-})^2}{(T_{j,+} - T_{j,-})^2}\right)^m, & \text{cuando } (\tau/\bar{T}_j) \in [T_{j,-}, T_{j,+}] \\ 0, & \text{cuando } (\tau/\bar{T}_j) > T_{j,+} \end{cases} \quad (6)$$

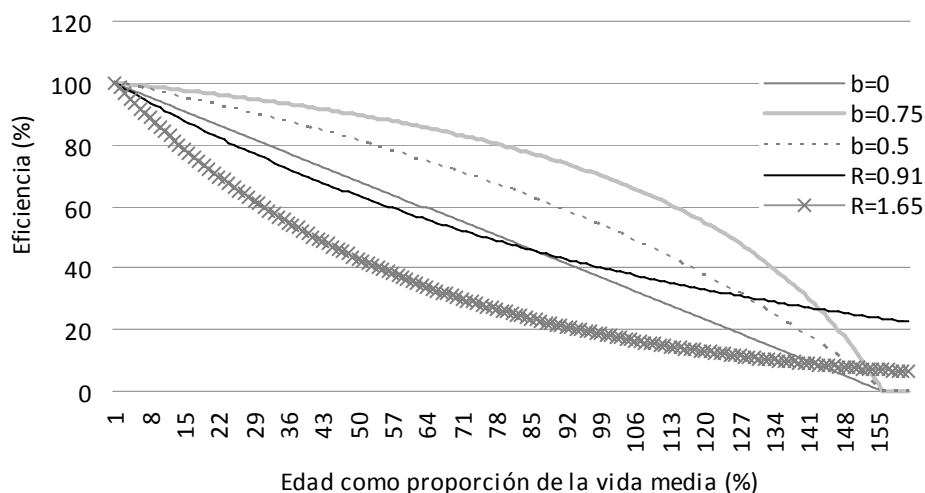
donde \bar{T}_j representa la vida media del activo, $T_{j,-}$ y $T_{j,+}$ representan respectivamente las edades del inicio y fin del retiro de los activos, ambas expresadas como proporción de la vida media, mientras que m es un parámetro que se calibra de manera que el 50% del acervo haya sido retirado cuando se alcanza la vida media del activo.

¹² El estudio fue actualizado posteriormente por Winfrey (1967), ba y por Russo y Cowles (1980).

La figura 1 muestra la curva de Winfrey simétrica para cierto tipo de activo, cuando se supone que el retiro comienza a partir del 45% de la vida promedio y el último activo se retira cuando se alcanza el 155% de la vida promedio de la cohorte.

2.1.3 Perfil edad-eficiencia

FIGURA 2
PERFILES EDAD-EFICIENCIA



Fuente: elaboración propia.

El perfil de edad-eficiencia, $E_{j,\tau}$, mide la pérdida de eficiencia productiva conforme los bienes de capital envejecen. Existen dos razones por las cuales los bienes de capital pierden eficiencia productiva¹³.

1. *Deterioro de los Insumos.* Este concepto se refiere a que activos de mayor antigüedad requieren de mayores insumos materiales, como por ejemplo refacciones, para mantenerlos en funcionamiento.
2. *Deterioro del Producto.* Este concepto se refiere a reducciones en la producción debido a una proporción mayor de artículos defectuosos, o menos tiempo de operación debido al tiempo dedicado a reparaciones.

Existen diversas funciones que permiten definir el perfil edad-eficiencia, aunque en la práctica se suelen utilizar los siguientes tres tipos de funciones:

- **Hiperbólica.** En este caso, se supone que los activos pierden una cantidad de eficiencia creciente conforme envejecen. La forma funcional de este tipo de pérdida de eficiencia es la siguiente:

$$E_{j,\tau} = \frac{T_j - \tau}{T_j - \beta_j \tau} \quad (7)$$

donde T_j es la vida máxima del activo, τ es su edad y $\beta_j \in [0,1]$ es un parámetro que define la rapidez con la que el activo pierde eficiencia productiva¹⁴.

¹³ Si se considera que existe un periodo de aprendizaje en la operación de bienes de capital, el perfil edad-eficiencia no tiene por qué ser monótonicamente decreciente.

Este perfil es utilizado por la Oficina de Estadísticas de Trabajo (BLS) de los Estados Unidos, la Oficina de Estadísticas de Australia (ABS) y la OCDE entre otros¹⁵.

- **Lineal.** El perfil edad-eficiencia lineal representa un caso particular del perfil hiperbólico cuando $\beta_j = 0$. Este perfil implica que los activos pierden una cantidad de eficiencia constante en cada periodo.

Este perfil es utilizado por la oficina de estadísticas del Reino Unido entre otros.

- **Geométrica.** A diferencia del perfil lineal, el perfil geométrico implica que los activos pierden una proporción de eficiencia constante en cada periodo; en niveles esto significa que la pérdida de eficiencia es mayor al principio de la vida útil y disminuye conforme los activos envejecen. La forma funcional que se suele utilizar para este tipo de perfil es:

$$E_{j,\tau} = \left(1 - \frac{R_j}{T_j}\right)^\tau \quad (8)$$

donde R_j es el parámetro que define la velocidad de pérdida de eficiencia¹⁶ y $\overline{T_j}$ es la vida promedio de servicio del activo.

Este perfil es utilizado por la oficina de análisis económico (BEA) de los Estados Unidos, así como por el proyecto EU—KLEMS¹⁷.

La figura 2 muestra los perfiles edad-eficiencia hiperbólico y geométrico bajo el supuesto que la vida máxima de un activo es igual a 155% de su vida media (Baitour et al. 2007, Mas et al. 2005). Como se puede observar, la pérdida de eficiencia del perfil hiperbólico es proporcional al valor del parámetro β ; mientras que en el caso del perfil geométrico es inversamente proporcional al parámetro R .

Cabe mencionar que el perfil geométrico se aproxima a cero asintóticamente; es decir, este perfil supone implícitamente una vida infinita para los activos. Esto claramente es poco realista para un tipo de activo en particular; sin embargo, estudios en mercados de segunda mano en los Estados Unidos, indican que este perfil refleja adecuadamente el efecto combinado de la pérdida de eficiencia y el retiro de activos (BEA 2003, Fraumeni 1997, Hulten y Wykoff 1981a, 1981b, 1981c).

Una vez que la función de retiro y el perfil edad-eficiencia han sido determinados, es posible estimar los acervos de capital productivo para cada tipo de activo. Cuando no se cuenta con series de formación bruta de capital fijo suficientemente largas, como suele ser el caso para los países latinoamericanos, es necesario contar con una estimación del acervo de capital inicial¹⁸.

¹⁴ Cuando $\beta_j = 1$, el activo mantiene una eficiencia constante a lo largo de su vida útil; este caso corresponde al modelo *One-Hoss Shay*.

¹⁵ La Oficina de Estadísticas de Trabajo (BLS) de los Estados Unidos, y la Oficina de Estadísticas de Australia (ABS) utilizan valores de 0,5 para Maquinaria y Equipo y 0,75 para Construcción

¹⁶ Generalmente se utilizan los valores estimados para los Estados Unidos por Hulten y Wykoff (1981a, 1981b, 1981c), que son 1,65 para Maquinaria y Equipo, y 0,91 para Construcción.

¹⁷ EU-KLEMS es un proyecto coordinado por la Universidad de Groningen en Holanda, cuyo objetivo es contar con estadísticas de productividad comparables, para los países de la Unión Europea. Las siglas provienen del uso de una función de producción tipo KLEMS, la cual contabiliza además del capital (K) y el trabajo (L), insumos de energía (E), materiales (M) y servicios (S).

¹⁸ Las alternativas metodológicas disponibles para estimar el acervo de capital inicial se describen en la sección 3.

2.1.4 Servicios de capital

Para obtener el flujo de servicios de capital, se supone que los servicios son proporcionales al acervo de capital productivo disponible para cada tipo de bien:

$$\lambda_{j,t} K_{j,t}^p \quad (9)$$

En principio, el factor de proporcionalidad $\lambda_{j,t}$, recoge el efecto de variaciones en la utilización de la capacidad instalada a lo largo del ciclo de negocios. Sin embargo, la utilización de capacidad es particularmente difícil de medir, por lo que en general se supone que el factor de proporcionalidad es igual a uno para todos los activos en todos los momentos del tiempo, i.e. $\lambda_{j,t} = 1 \quad \forall j, \forall t$ ¹⁹.

Este supuesto implica que el índice de volumen de servicios de capital mide el flujo potencial de servicios que podría ser provisto por el acervo de capital disponible y no el flujo de servicios que se produce en realidad. Más relevante aún, es que este supuesto implica que el efecto de cambios en la utilización de la capacidad instalada será recogido por la productividad.

Sin embargo, suponiendo que en el corto plazo los productores optimizan tomando la capacidad instalada como fija, mientras que en el largo plazo la capacidad instalada es una variable de decisión; el índice de volumen de servicios de capital reflejará las variaciones en la utilización de capacidad instalada, en la medida en que los ponderadores utilizados para agregar los servicios de diferentes tipos de bienes reflejen el precio sombra del capital²⁰.

Una vez que se ha estimado el flujo de servicios de capital para cada tipo de activo, el siguiente paso es agregar los activos. En la siguiente subsección se detalla la metodología a utilizar en el ejercicio empírico cuyos resultados se presentan en la sección 3.

2.2 Agregación de los activos

El supuesto de competencia perfecta en el mercado de factores, implica que una compañía maximizadora de beneficios utilizará bienes de capital, hasta el punto en el que la renta pagada sea igual al beneficio marginal del bien de capital.

Por ello, la agregación de servicios de capital de distintos tipos de activo se lleva a cabo utilizando como ponderador el costo de uso de capital. El problema, como se mencionó, es que el costo de uso no es observable, ya que en general los bienes de capital son utilizados por sus propios dueños.

Sin embargo, es posible obtener una expresión del costo de uso como función de los precios de mercado de bienes nuevos, los cuales deben ser observables para poder medir las series de formación bruta de capital fijo. Este procedimiento se discute a continuación.

¹⁹ En Schreyer et al. (2003) se analiza un caso distinto.

²⁰ En particular, los cambios en la utilización de capital se reflejan en el índice de volumen de servicios de capital en la medida en que la variación del índice de precios utilizado en el costo de uso refleje presiones de demanda agregada. Ver Berndt y Fuss (1986) para una discusión detallada.

2.2.1 Costo de uso

En equilibrio, el precio de mercado de cualquier activo es igual al valor presente esperado de los flujos generados por el mismo.

En el caso de los bienes de capital los flujos son equivalentes a lo que su dueño recibiría por rentar el activo durante cierto periodo. Por ello el valor de mercado de un activo con vida máxima T_j , de edad τ en el momento t está dado por:

$$p_{j,t,\tau} = \sum_{s=0}^{T_j} \left[\frac{\mu_{j,t+s,\tau+s}}{\prod_{k=0}^s (1+i_{t+k})} \right] \quad (10)$$

donde i_t es la tasa nominal de retorno, la cual se supone es igual para todos los tipos de activos; y $\mu_{j,t,\tau}$ es el monto recibido por rentar el activo de edad τ durante el periodo t , o costo de uso, el cual bajo los supuestos realizados es igual al producto marginal del activo.

Restando $p_{j,t+1,\tau+1}/(1+i_t)$ de ambos lados de (10) y reordenando permite obtener la siguiente expresión:

$$\mu_{j,t,\tau} = p_{j,t,\tau} i_t + (p_{j,t,\tau} - p_{j,t+1,\tau+1})$$

en donde el costo de uso del capital se expresa en términos de los precios de mercado del activo.

El costo de uso tiene dos componentes: $p_{j,t,\tau} i_t$, que representa el costo de oportunidad de invertir en el activo j y el término $(p_{j,t,\tau} - p_{j,t+1,\tau+1})$, que representa el cambio del valor del activo de un periodo a otro, lo que según el Sistema de Cuentas Nacionales de 1993 corresponde a la depreciación (SCN 93).

Sin embargo, es más preciso descomponer el cambio de valor del activo en el tiempo en dos componentes (Jorgenson 1999):

$$(p_{j,t,\tau} - p_{j,t+1,\tau+1}) = (p_{j,t,\tau} - p_{j,t,\tau+1}) - (p_{j,t+1,\tau+1} - p_{j,t,\tau+1})$$

donde $(p_{j,t,\tau} - p_{j,t,\tau+1})$, es el cambio de valor producto de la pérdida de eficiencia del activo y corresponde al concepto de depreciación utilizado en OCDE (2001a, 2001b), mientras que $(p_{j,t+1,\tau+1} - p_{j,t,\tau+1})$ es la revalorización del activo en el tiempo; a este término también se le conoce como ganancia, o pérdida, de capital²¹.

Definiendo la tasa de depreciación como $d_{j,t,\tau} \equiv (1 - p_{j,t,\tau+1}/p_{j,t,\tau})$ y la tasa de ganancia de capital como $q_{j,t} \equiv (1 - p_{j,t+1,\tau+1}/p_{j,t,\tau+1})$; el costo de capital se puede escribir como:

$$\mu_{j,t,\tau} = p_{j,t,\tau} (i_t + d_{j,t,\tau} - q_{j,t} + d_{j,t,\tau} q_{j,t}) \quad (11)$$

En la práctica, para estimar los costos de capital del j -ésimo activo, se ignora el término $d_{j,t,\tau} q_{j,t}$, que recoge el efecto de supuestos específicos sobre el momento en que se realizan los flujos y se utiliza la siguiente aproximación al costo de uso de bienes de capital nuevos:

²¹ Es importante notar que la depreciación se refiere a dos activos de distinta edad en el mismo momento en el tiempo, por lo que a veces es llamado depreciación de sección cruzada. Por su parte, la revalorización del activo se refiere a dos activos de la misma edad en distintos momentos en el tiempo, por lo que a veces es llamada depreciación intertemporal.

$$\mu_{j,t,0} \approx p_{j,t,0}(i_t + d_{j,t,0} - q_{j,t}) \quad (12)$$

En algunas aplicaciones, la ecuación (12) se ajusta por el efecto del tratamiento fiscal de los bienes de capital. Sin embargo, este ajuste requiere conocer los regímenes fiscales aplicables para cada tipo de activo en el periodo de estudio. En este documento, como en Mas et al. (2005), no se realiza ningún ajuste adicional debido a limitaciones en los datos disponibles.

A continuación se describen brevemente algunos supuestos adicionales que se realizan para la estimación del costo de uso.

Tasa de retorno

La teoría económica no precisa cual es la tasa de retorno i_t que debería ser utilizada para calcular el costo de uso del capital²². En la práctica, se utilizan dos enfoques alternativos para estimar la tasa de retorno:

El enfoque propuesto originalmente por Hall y Jorgenson (1967), parte del excedente bruto de explotación:

$$p_t Y_t - w_t L_t \quad (13)$$

donde p_t es el nivel de precios de la producción agregada Y_t , w_t es el salario y L_t es el nivel de empleo.

Para estimar la tasa de retorno endógena a partir de (13), es necesario realizar un supuesto que permita repartir el ingreso de trabajadores independientes entre la remuneración del capital y trabajo. Posteriormente, es necesario realizar un supuesto adicional, acerca de cuales son los factores a los que corresponde la remuneración incluida en el excedente bruto de explotación.

En la práctica, generalmente se supone que el excedente bruto de explotación representa la remuneración de los activos fijos, o bien de sus respectivos servicios:

$$p_t Y_t - w_t L_t = \sum_j \mu_{j,t,0} K_{j,t}^p = \sum_j p_{j,t,0} (i_t + d_{j,t,0} - q_{j,t}) K_{j,t}^p \quad (14)$$

donde la igualdad de la ecuación (14) se obtiene de la selección de la tasa de retorno i_t .

El enfoque supone implícitamente (Schreyer 2006): que el mercado de productos finales es perfectamente competitivo, por lo que la remuneración de los factores agota el producto; que las cuentas nacionales reflejan la totalidad de activos disponibles en la economía; y que la tasa de retorno observada ex-post por los contables nacionales es igual a la tasa ex-ante a la que se enfrentan los agentes económicos, lo cual supone que los agentes no cometen errores en sus predicciones.

Este enfoque utiliza una tasa de retorno obtenida a partir de las tasas de interés observables en el mercado. El problema es que la tasa relevante depende del perfil de financiamiento de cada empresa, por lo que se suele utilizar un promedio de las tasas activas y pasivas.

La utilización de una tasa de retorno exógena supone implícitamente (Harchaoui y Tarkhani 2002): que los agentes económicos tienen información completa, lo cual implica que no existen problemas de agencia entre los dueños de los factores de producción y quienes los administran; y que existe un mercado completo y eficiente de activos de segunda mano, lo cual implica que las decisiones de inversión son reversibles, que los activos de capital son divisibles y que los distintos tipos de activos son sustitutos en el proceso productivo.

Una de las consecuencias de adoptar una tasa de retorno exógena, es que en general el valor total de los servicios de capital no será igual al excedente bruto de explotación obtenido a partir de las cuentas nacionales. Esta discrepancia se puede explicar como una diferencia entre los costos esperados y

²² Ver capítulo 7 en Mandler (1999) para una discusión detallada.

los realizados, como evidencia de que el proceso productivo no exhibe rendimientos constantes a escala, o bien a mercados no competitivos.

Desde un punto de vista teórico, la utilización de la tasa de retorno endógena es preferible (Oulton 2007, Harper et al. 1989), lo cual explica por que la mayoría de estudios empíricos adoptan este enfoque. Sin embargo, algunos autores como Diewert (1980, 2005) ó Schreyer (2006) cuestionan su utilización. En la práctica el enfoque adoptado suele verse determinado por la disponibilidad de datos.

Considerando que el objetivo de este documento es ilustrar la metodología de estimación de servicios de capital, privilegiando la claridad en la exposición y la replicabilidad de la metodología, se optó por utilizar una tasa de retorno exógena. Sin embargo, cabe destacar que Harper et al (1989), Diewert (2001) y Oulton (2007) entre otros, señalan que la elección de la tasa de retorno no es trivial y afecta la estimación de series de servicios de capital.

En particular, en la sección 3 se supone que la tasa de retorno nominal esta dada por la fórmula de Fisher: $1+i_t = (1+r)(1+\pi_t)$; donde tal como en Mas et al (2005) se supone que $r = 4\%$, lo cual es aproximadamente el promedio histórico de la tasa de interés libre de riesgo en la OCDE. Debido a las distorsiones introducidas por los periodos hiperinflacionarios en la región, en la sección 3, la inflación se aproxima utilizando el deflactor implícito de la serie de formación bruta de capital fijo correspondiente.

Tal como se mencionó, el cambio del valor en el tiempo de un activo en términos nominales, refleja tanto la depreciación como la revalorización del mismo. A continuación se muestra cómo se utiliza el concepto de capital neto para obtener la tasa de depreciación por tipo de bien.

Como se mencionó, el acervo de capital neto representa el valor de mercado del acervo de capital disponible, ajustado por el valor de los retiros de activos que han alcanzado el máximo de su vida útil, y se define como:

$$K_{j,t}^w = \sum_{\tau} I_{j,t-\tau} R_{j,\tau} z_{j,\tau} \quad (15)$$

donde $z_{j,\tau}$ es el perfil edad-precio que define en términos constantes el valor de las inversiones históricas supervivientes en el momento t .

Ya que la ecuación (15) está expresada en precios constantes, el cambio en el acervo de capital neto en el tiempo, ajustado por la formación bruta de capital, corresponde al cambio de valor asociado a la pérdida de eficiencia productiva; es decir a la depreciación expresada en nivel:

$$D_{j,t} \equiv I_{j,t-\tau} - (K_{j,t}^w - K_{j,t-1}^w)$$

Por lo que la tasa de depreciación se puede calcular como:

$$d_{j,t} = \frac{D_{j,t}}{K_{j,t-1}^w} \quad (16)$$

La estimación del perfil edad-precio se describe a continuación.

Perfil Edad-Precio. El perfil edad-precio determina cómo evoluciona el precio de mercado de un activo según envejece y se define como:

$$z_{j,\tau} \equiv \frac{P_{j,t,\tau}}{P_{j,t,0}} \quad (17)$$

Bajo la hipótesis de mercados de factores completos y eficientes, para calcular el perfil edad-precio bastaría observar los precios de mercado de activos de distintas edades y utilizarlos para definir el perfil (17). Sin embargo, en la práctica sólo es posible observar los precios de activos nuevos y algunos precios de activos usados.

Para determinar el perfil edad-precio es posible utilizar la información de mercados de segunda mano (Hulten y Wykoff 1981a, 1981b, 1981c); sin embargo, fuera de los Estados Unidos se han realizado muy pocos estudios de este tipo debido a la poca liquidez de los mercados de bienes de capital usados.

Alternativamente, se puede definir el perfil edad-precio a partir de alguno de los perfiles edad-eficiencia descritos en el apartado 2.1.3. En este documento se adopta este enfoque, el cual se describe a continuación.

El supuesto de que los usuarios de capital son optimizadores, implica (Hulten 1990) que la razón entre los costos de capital de versiones de distinta edad de un mismo bien, es igual a su perfil edad—eficiencia²³:

$$\frac{\mu_{j,t,\tau}}{\mu_{j,t,0}} = E_{j,\tau} \tag{18}$$

La ecuación (18) establece el vínculo entre el perfil edad-eficiencia y el precio de los activos, ya que al ser sustituida en la ecuación (10) permite expresar el precio de un activo en función del perfil edad-eficiencia:

$$p_{j,t,\tau} = \sum_{s=0}^{T_j} \left[\frac{\mu_{j,t+s,0} E_{j,\tau+s}}{\prod_{k=0}^s (1+i_{t+k})} \right]$$

Suponiendo que el valor nominal de los costos de capital crece al mismo ritmo de la inflación, i.e. $\mu_{j,t+s,0} = \mu_{j,t,0} \prod_{k=1}^s (1+\pi_{t+s}) = (1+\pi_t)^{-1} \mu_{j,t,0} \prod_{k=0}^s (1+\pi_{t+s})$; permite reescribir el precio como:

$$p_{j,t,\tau} = \sum_{s=0}^{T_j} \left[\frac{E_{j,\tau+s} \mu_{j,t,0} \prod_{k=1}^s (1+\pi_{t+s})}{\prod_{k=0}^s (1+i_{t+k})} \right] = \left(\frac{\mu_{j,t,0}}{1+\pi_t} \right) \sum_{s=0}^{T_j} \left[E_{j,\tau+s} \prod_{k=0}^s \left(\frac{1+\pi_{t+k}}{1+i_{t+k}} \right) \right] \tag{19}$$

Ignorando los términos nominales de la ecuación (19),²⁴ e imponiendo una tasa de retorno real exógena constante, permite expresar la tasa nominal como $1+i_t = (1+r)(1+\pi_t)$; con lo cual el precio del activo en términos constantes esta dado por la siguiente expresión:

$$Z_{j,\tau} = \sum_{s=0}^{T_j} \left[\frac{E_{j,\tau+s}}{(1+r)^{s+1}} \right] \tag{20}$$

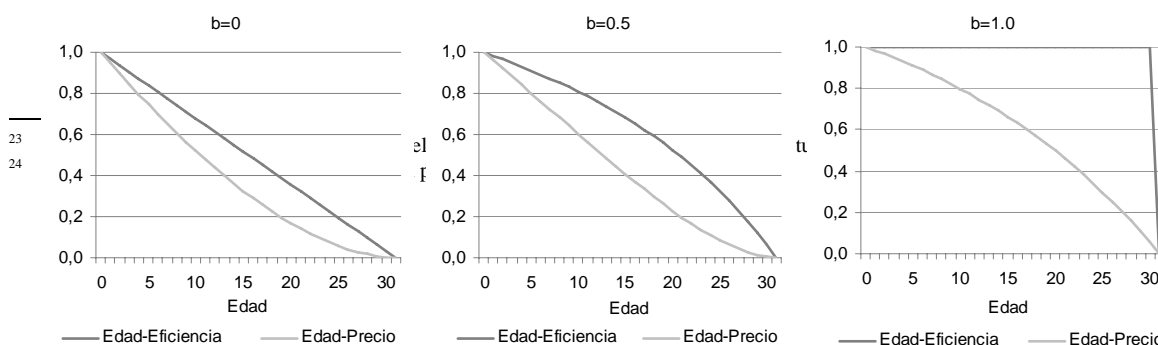
Es decir, en términos de volumen, el valor de un activo es igual a la suma descontada de los flujos de servicios futuros, los cuales están determinados por su perfil edad-eficiencia.

Utilizando la ecuación (20) el perfil edad-precio se puede expresar como:

$$z_{j,\tau} = \frac{p_{j,t,\tau}}{p_{j,t,0}} = \frac{Z_{j,\tau}}{Z_{j,0}} \tag{21}$$

En la figura 3 se muestran tres casos de perfiles edad-eficiencia y edad-precio de un activo con vida máxima de 30 años, utilizando una tasa de descuento real igual a 4% y una función hiperbólica, i.e. $E_{j,\tau} = (T_j - \tau)/(T_j - \beta_j \tau)$.

FIGURA 3
PERFILES EDAD-PRECIO Y EDAD-EFICIENCIA



Fuente: elaboración propia.

El panel (a) muestra el perfil edad-eficiencia y el correspondiente perfil edad-precio en el caso en que la eficiencia se pierde linealmente a lo largo de la vida del activo, $\beta = 0$. El panel (b) muestra el caso en el que la eficiencia se pierde hiperbólicamente, $\beta \in (0,1)$; y el panel (c) muestra el caso en el que la eficiencia se mantiene constante a lo largo de la vida del activo, $\beta = 1$.

Tal como ocurre en la figura 3, los perfiles edad-eficiencia y edad-precio suelen ser distintos. El único caso en que coinciden es cuando se supone que el perfil edad-eficiencia sea geométrico y que la vida útil de los activos sea infinita.

Esto significa que en general, las variaciones en el acervo de capital productivo y por lo tanto en los servicios de capital no coinciden con las variaciones en el acervo del capital neto ó de riqueza, por lo que su utilización en estudios de productividad sólo es apropiado cuando se utiliza un perfil edad-eficiencia geométrico.

2.2.2 Índice de volumen de servicios de capital

Una vez estimados los costos de uso de capital para cada tipo de activo, se puede obtener las variaciones del índice de valor de los servicios de capital utilizando un índice de Törnqvist (1936):

$$\Delta \zeta_{t,K^P} = \Pi_j \left(\frac{K_{j,t}^P}{K_{j,t-1}^P} \right)^{\bar{v}_j} \quad (22)$$

en donde los ponderadores se definen como:

$$\bar{v}_j = 0.5(v_{j,t} + v_{j,t-1}) \quad (23)$$

$$v_{j,t} = \frac{\mu_{j,t} K_{j,t}^p}{\sum_j \mu_{j,t} K_{j,t}^p}$$

Para comparar las variaciones en el índice de volumen de servicios de capital con las variaciones en el acervo de capital neto, estas también se calculan utilizando un índice de Törnqvist:

$$\Delta \zeta_{t,K^w} = \Pi_j \left(\frac{K_{j,t}^w}{K_{j,t-1}^w} \right)^{\bar{v}_j} \quad (24)$$

en donde los ponderadores son las proporciones nominales del capital neto:

$$\bar{v}_j = 0.5(v_{j,t} + v_{j,t-1}) \quad (25)$$

$$v_{j,t} = \frac{p_{j,t,0} K_{j,t}^w}{\sum_j p_{j,t,0} K_{j,t}^w}$$

3. Resultados

En esta sección se evalúa el efecto que tiene utilizar supuestos alternativos de la metodología descrita en la sección anterior, en las estimaciones de servicios de capital y productividad para 6 países de América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela, durante el periodo 1950-2006²⁵.

Adicionalmente se evalúa la sensibilidad de los resultados a los parámetros utilizados bajo cada uno de los siguientes casos:

Caso I – Método Hiperbólico. En este caso se utiliza una función de retiro Winfrey simétrica, truncada de manera que todos los retiros ocurran entre el 45% y el 155% de la vida media de los activos.

Asimismo, se utiliza un perfil edad-eficiencia hiperbólico (ecuación (7)); en donde se adoptan los valores de β utilizados por Mas et al. (2005), que son 0,5 para Maquinaria y Equipo y 0,75 para construcción.

Finalmente, la agregación entre tipos de activo se obtiene mediante un índice de Törnqvist utilizando el costo de uso como ponderador (ecuaciones (22) y (23) respectivamente).

Este es el mismo caso utilizado por Mas et al. (2005) y Baitour et al. (2007) para España y Bélgica respectivamente.

Caso II – Método Geométrico. En este caso se implementa la metodología de la Oficina de Análisis Económico (BEA) de los Estados Unidos, que adopta un perfil edad-eficiencia geométrico (ecuación (8)), que se supone refleja tanto el efecto de los retiros de activos como la pérdida de eficiencia²⁶.

²⁵ Salvo Brasil que cubre el periodo 1971-2003.

²⁶ Ver Fraumeni (1997) para más detalles.

En particular, se utilizan los valores de R estimados por la Oficina de Estadísticas del Trabajo (BLS) de los Estados Unidos, que son 1,65 para el caso de Maquinaria y Equipo, y 0,91 para Construcción.

De manera similar al Caso I, la agregación entre tipos de activo se obtiene mediante un índice de Törnqvist utilizando el costo de uso como ponderador.

Caso III – Método Tradicional. Este caso, que se analiza con fines comparativos, implementa el caso II con la única diferencia que la agregación entre tipos de activos se realiza utilizando las proporciones nominales del capital neto, en vez de los costos de uso, como ponderadores (ecuaciones (24) y (25)).

Con el fin de realizar el análisis con la mayor cobertura geográfica y temporal, sólo se consideran dos tipos de activo productivo: maquinaria y equipo y construcción, los cuales se supone tienen vidas medias de 20 y 50 años respectivamente. En el anexo se describen las variables utilizadas, así como sus fuentes, y se muestran los índices de servicios de capital estimados.

Los costos de uso se estiman utilizando una tasa de retorno real exógena. En particular, se supone una tasa real igual a 4% y la inflación se estima a partir del promedio móvil de tres periodos del deflactor agregado de la formación bruta de capital fijo, con el fin de disminuir el efecto de las distorsiones de los periodos inflacionarios de la década de los 80s. Adicionalmente, el precio de los activos se mide a través de promedios móviles de tres periodos de los deflatores de la formación bruta de capital fijo en construcción y en maquinaria y equipo.

La estimación del acervo de capital se realiza utilizando la modificación del método de inventario permanente propuesta por Harberger (1978): Suponiendo que el perfil edad-eficiencia geométrico refleja tanto el efecto del retiro de los activos como su obsolescencia (Fraumeni 1997), la ecuación de acumulación de capital a nivel agregado (5) puede ser escrita como:

$$K_t = I_t + (1 - \delta)K_{t-1} \Leftrightarrow \frac{K_t - K_{t-1}}{K_{t-1}} = -\delta + \frac{I_t}{K_{t-1}} \quad (26)$$

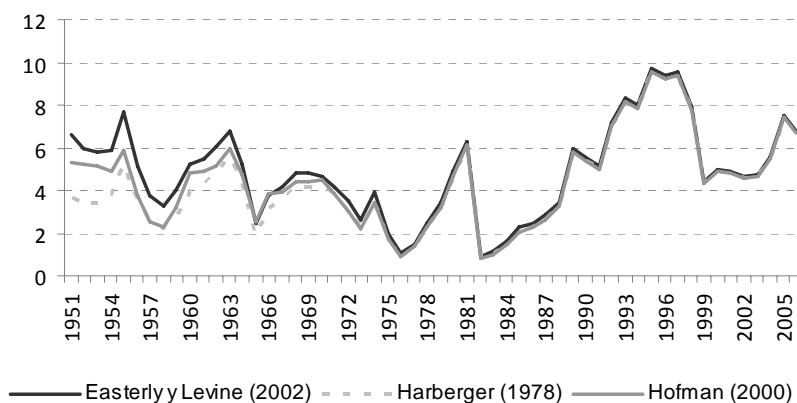
donde $\delta \equiv R/\bar{T}$. Suponiendo que en estado estacionario la tasa de crecimiento del producto, denotada por h , es igual a la tasa de crecimiento del acervo de capital; la ecuación (26) puede expresarse como:

$$K_{t-1} = \frac{I_t}{h + \delta}$$

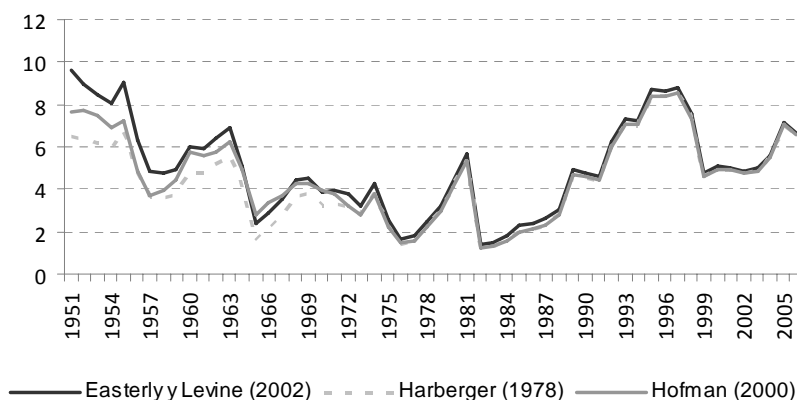
La magnitud de δ ha sido estimada en relativamente pocos países, en su mayoría desarrollados, con resultados muy disímiles. A manera de ejemplo, la OCDE (1991) en sus estimaciones de acervo de capital en 1988 estima tasas de 4,1% en Francia, 1,7% en Alemania, 2,6% en Inglaterra, 4,9% en Japón y 2,8% para los Estados Unidos. Basados en Nehru y Dharehwar (1993), quienes analizan la vida de los servicios de una amplia variedad de bienes de capital y examinan sus proporciones en la inversión, se seleccionó una tasa igual a 4%.

Con el fin de evaluar el impacto de las condiciones iniciales, además de estimar el acervo de capital inicial utilizando la metodología de Harberger (1978), se utilizaron adicionalmente las metodologías propuestas por Hofman (2000), e Easterly y Levine (2002). Como es de esperarse las tres alternativas implican distintos niveles de capital inicial, los cuales se traducen en distintas tasas de crecimiento de los servicios de capital. Los resultados para Chile se ilustran en la figura 4.

FIGURA 4
CHILE 1950-2006: CRECIMIENTO ANUAL DEL ÍNDICE DE SERVICIOS DE CAPITAL
Geométrico



Hiperbólico



Fuente: elaboración propia.

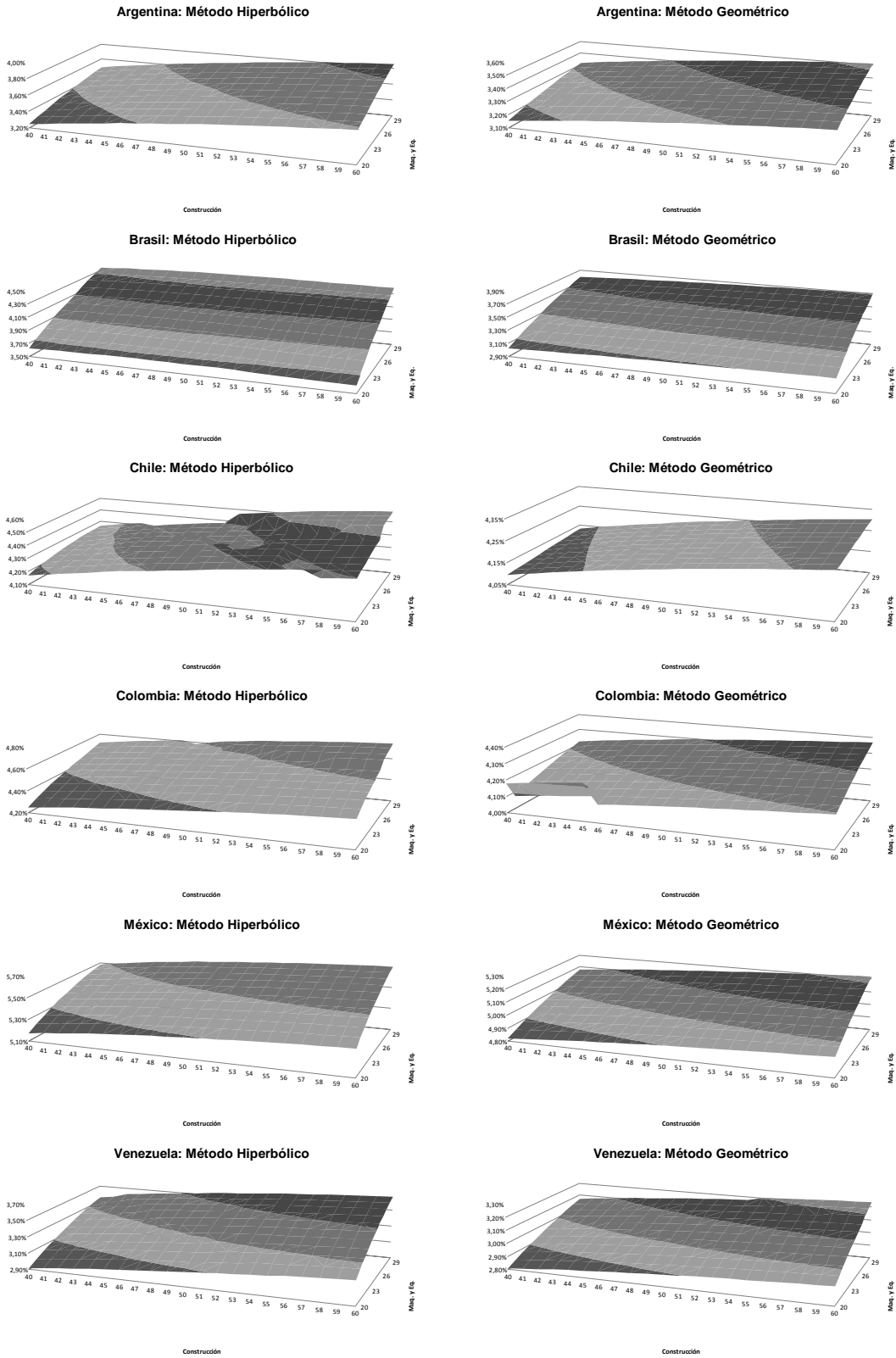
No obstante lo anterior, dichas diferencias desaparecen al cabo de 20 años aproximadamente, tiempo de vida media de la maquinaria y equipo. De hecho, no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de las medias entre las distintas series para toda la muestra.

3.1 Análisis de Sensibilidad

Como se mencionó, existe relativamente poca información empírica con respecto de la vida de servicio de los activos, así como de las formas funcionales de las funciones de retiro y eficiencia. Por ello, antes de comparar los resultados obtenidos en los tres casos bajo consideración, a continuación se realiza un análisis de sensibilidad de las estimaciones de servicios de capital y productividad para cada caso con respecto de los parámetros utilizados.

En la figura 5 se ilustra el efecto de la elección de vidas medias sobre la tasa de crecimiento promedio de las estimaciones de servicios de capital de los países seleccionados para el periodo 1950-2005. Se considera un rango de entre 20 y 30 años para el caso de maquinaria y equipo, y de entre 40 y 60 años para el caso de la construcción.

FIGURA 5
AMÉRICA LATINA: SENSIBILIDAD DEL CRECIMIENTO DEL ÍNDICE DE SERVICIOS DE CAPITAL CON RESPECTO A LA VIDA MEDIA DE LOS ACTIVOS

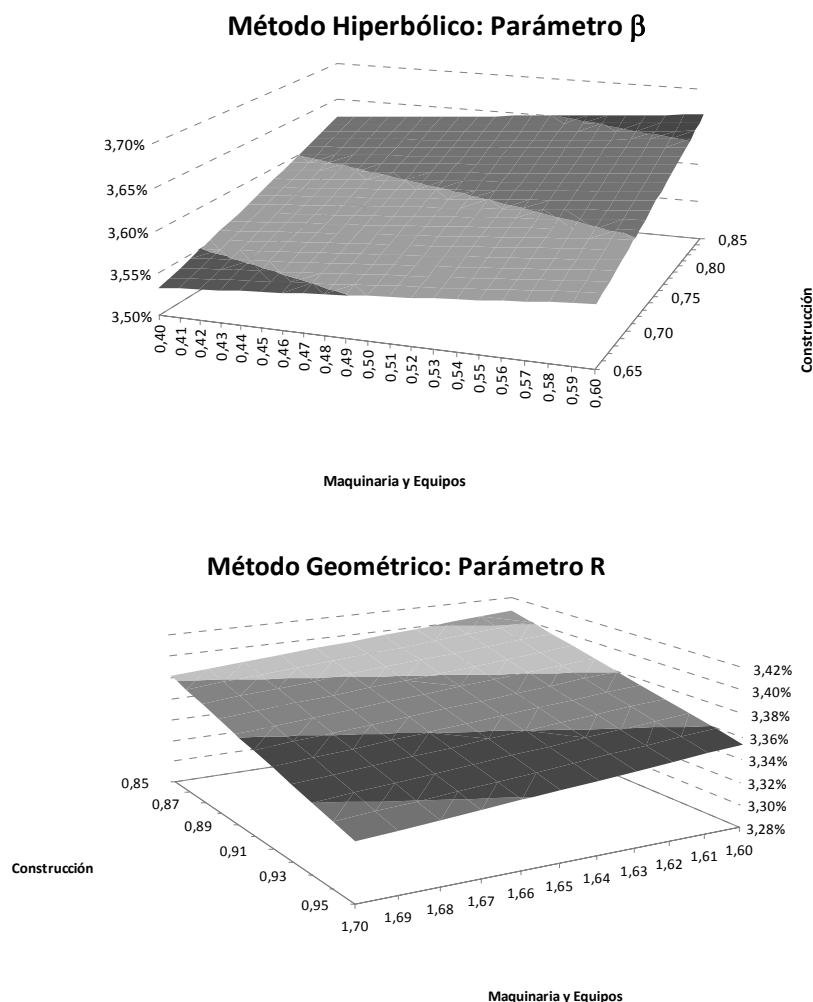


Tal como en el caso de Brasil, en términos generales, la tasa de crecimiento promedio de los servicios de capital depende positivamente de las vidas medias seleccionadas; sin embargo en algunos casos como Colombia y Chile se manifiestan algunas no-linealidades dentro de ciertos rangos.

Es importante destacar que la magnitud de esta sensibilidad varía entre países. Utilizando el caso hiperbólico, un aumento del 50% en las vidas medias de los bienes de capital de Argentina, Brasil y Venezuela, resulta en un incremento en la tasa de crecimiento promedio de sus servicios de capital de 18,4%, 21,3% y 25,7% respectivamente²⁷, lo cual contrasta con el caso de Chile, Colombia y México, que en promedio registran un incremento de tan sólo 11% en la tasa de crecimiento promedio de sus servicios de capital²⁸.

La sensibilidad, en los resultados al utilizar distintas vidas medias, es consecuencia directa de la volatilidad observada en los flujos de la formación bruta de capital fijo de cada país, puesto que son los países que presentan las caídas más pronunciadas en dichas tasas los más sensibles al supuesto de edad utilizado. Por lo tanto, realizar estudios para determinar las vidas medias de distintos tipos de activo es particularmente relevante, en especial para aquellos países que han registrado fuertes fluctuaciones en sus flujos de inversión.

FIGURA 6
ARGENTINA: SENSIBILIDAD DEL CRECIMIENTO DEL ÍNDICE DE SERVICIOS DE CAPITAL CON RESPECTO A LOS PARÁMETROS DE PÉRDIDA DE EFICIENCIA



²⁷ Los incrementos en el caso geométrico son 14,4%, 22,5% y 15,3% respectivamente.

²⁸ 7% en el caso geométrico.

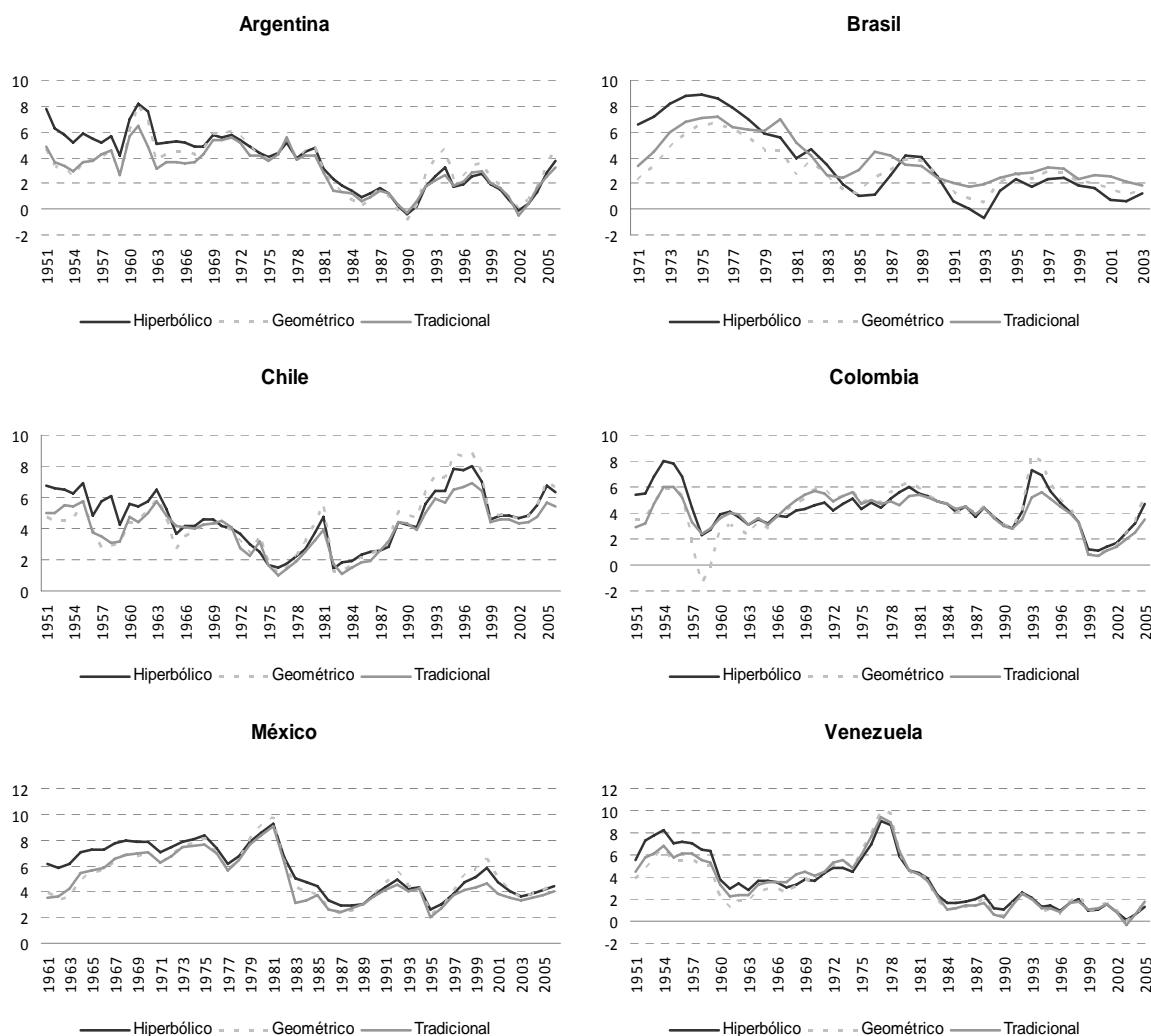
Fuente: elaboración propia.

La figura 6 muestra la sensibilidad de Argentina con respecto de cambios en los parámetros de pérdida de eficiencia. Se seleccionó el caso Argentino ya que es el país de mostró mayor sensibilidad a la elección de vidas medias. Tal como se discutió en el apartado 2.1.3, la pérdida de eficiencia del perfil hiperbólico es proporcional al valor del parámetro β , contrario al caso del perfil geométrico en que es inversamente proporcional al parámetro R . Sin embargo, la variación en los resultados es relativamente menor ubicándose dentro de un rango de $\pm 0,1\%$ ²⁹.

3.2 Análisis comparativo

A continuación se presenta una comparación de las estimaciones obtenidas baja cada uno de los casos considerados.

FIGURA 7
AMÉRICA LATINA 1960-2005: CRECIMIENTO ANUAL DEL
ÍNDICE DE VOLUMEN DE SERVICIOS DE CAPITAL



Fuente: elaboración propia.

²⁹ El resto de los países muestran una sensibilidad similar a la elección de los parámetros de pérdida de eficiencia.

Como se puede observar en la figura 7, las principales diferencias entre las estimaciones obtenidas en el caso hiperbólico y geométrico se encuentran al inicio del periodo de análisis, pues las tasas de crecimiento de los servicios de capital en el caso hiperbólico son mayores a las del caso geométrico; resultado esperado considerando las formas de retiro involucradas: en el caso hiperbólico los retiros comienzan superando el 45% de la vida media de los activos, mientras que en el caso geométrico los retiros comienzan a partir de la fecha de instalación del activo. En la primera década de estudio son Brasil y México quienes de mejor manera representan este efecto.

Sin duda, el contar con estimaciones oficiales con respecto de los acervos de capital disponibles para años de referencia serían muy útiles para determinar la validez de los resultados obtenidos

Comparando las estimaciones de los casos hiperbólico y geométrico, en donde la agregación de activos se realiza utilizando sus respectivos costos de uso, con el caso tradicional, donde la agregación se realiza utilizando las proporciones nominales del capital neto; se puede observar que las estimaciones de los dos primeros casos presentan mayor variabilidad que el caso tradicional. Es decir, el caso tradicional subestima la aportación del capital en periodos de expansión y la sobreestima en periodos de contracción.

En general, este sesgo resulta en una estimación menor del crecimiento del capital para el periodo completo cuando la agregación no se realiza utilizando el costo de uso como ponderador (método tradicional). Es interesante destacar los casos de Brasil y Venezuela en donde, en contraste con los demás países, para un importante número de años la estimación del caso tradicional es mayor a la de los casos hiperbólico y geométrico. Este resultado se debe a que en ambos casos el crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo es inferior a la registrada en construcción, lo cual resulta en una menor ponderación tal como se discutió en el apartado 2.2.1. Lo anterior ilustra la importancia de utilizar los ponderadores correctos en la agregación de los servicios de distintos tipos de activos productivos.

A continuación se presentan los resultados de un ejercicio de contabilidad de crecimiento utilizando las medidas de capital obtenidas. Para ello, se supone que la función de producción (1) es tipo Cobb-Douglas, lo que implica que la ecuación de contabilidad de crecimiento (4) se puede escribir como:

$$g_t = \Delta y_t - \alpha \Delta k_t - (1 - \alpha) \Delta l_t$$

donde las minúsculas denotan logaritmos naturales³⁰.

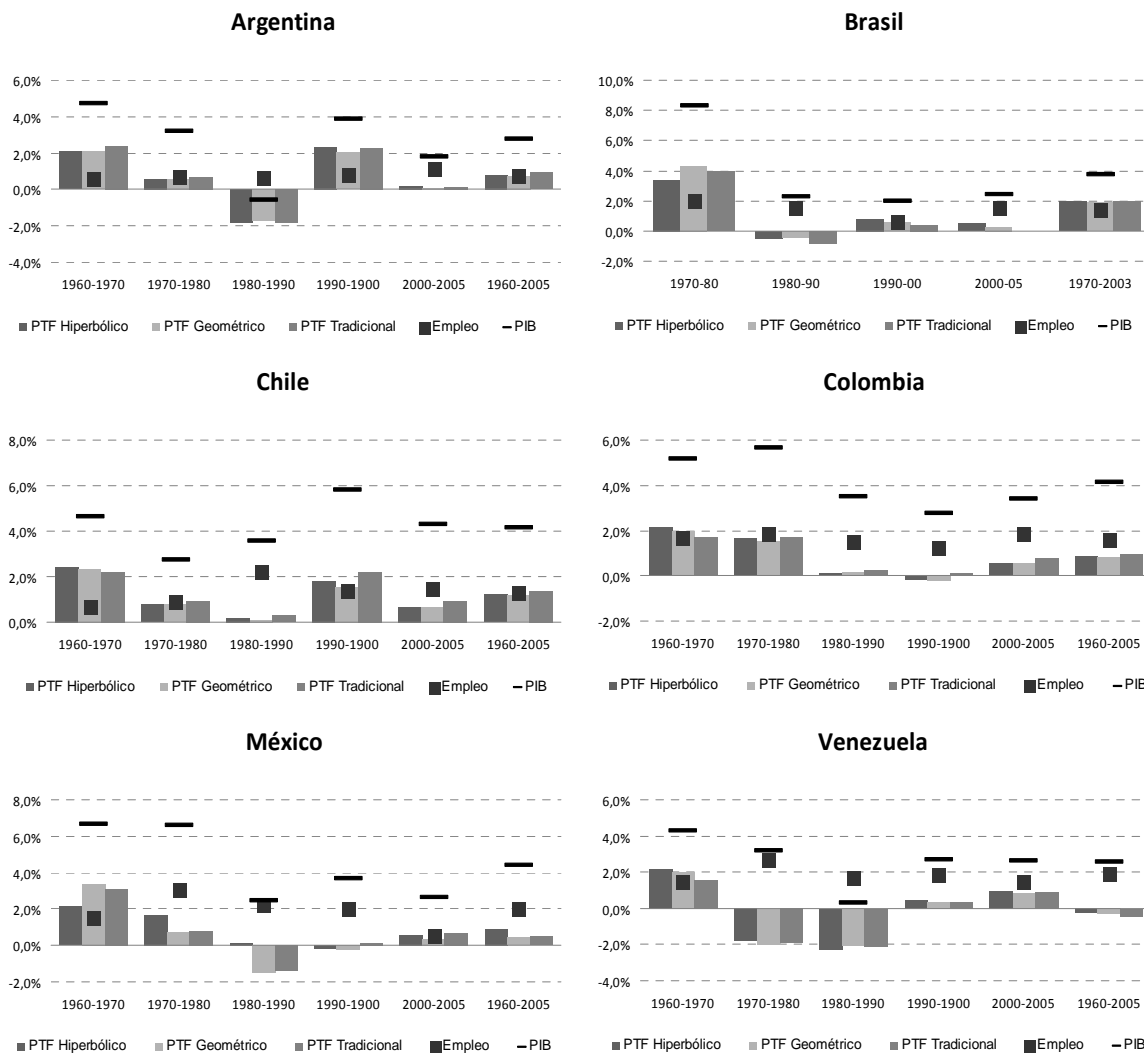
Adicionalmente, se supone que la participación del capital en el producto es igual a dos quintos ($\alpha = 0,4$). Lo anterior obedece a que se usa un valor de 0,6 para la participación del trabajo, cifra que es superior a la que se obtiene de cuentas nacionales dado que su ingreso es subestimado en las empresas pequeñas. Las diferencias en los resultados son poco significativas si se aumenta levemente su aporte.

En la figura 8, se muestran los resultados del ejercicio de contabilidad de crecimiento para el periodo 1960—2005³¹. Tanto el crecimiento del PIB, como el aporte del empleo se mantienen constantes durante cada periodo. Sin embargo, el aporte del capital y de la productividad dependen del método utilizado. Con el fin de mantener la legibilidad de la figura, solo se muestra el aporte de la productividad multifactorial bajo cada uno de los casos considerados.

³⁰ El factor trabajo se mide utilizando las horas totales trabajadas por año, las cuales provienen de la base de datos de The Conference Board (TED 2008).

³¹ Para Brasil la cobertura temporal es 1970-2003.

FIGURA 8
AMÉRICA LATINA 1960-2005: APOORTE DEL EMPLEO Y LA PRODUCTIVIDAD MULTIFACTORIAL AL CRECIMIENTO



Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos son consistentes con los encontrados en estudios previos.³² Es decir, se puede observar un quiebre que ocurre en la década de los 80 a partir de donde el producto crece a una tasa menor y con un comportamiento más volátil. Asimismo, se observa que salvo el caso de Brasil y en menor medida Chile, la acumulación de factores ha sido el elemento determinante del crecimiento económico. Finalmente, durante la década de los 80 se observa una fuerte reducción en la estimación de la productividad multifactorial, la cual registra valores negativos en la mayoría de los países excepto Chile y Colombia.

Considerando la interpretación tradicional de productividad como cambio técnico, la observación de aportes negativos de productividad durante la llamada "década pérdida" resulta sorprendente, ya que literalmente implicaría que hubo una regresión tecnológica. Por ello, resulta conveniente recordar que si bien la estimación de productividad en este contexto registra el efecto de cambio técnico, en general mide la eficiencia con la que se combinan los insumos en el proceso productivo. Tomando en cuenta lo

³² Ver Loayza et al. (2005) para un caso reciente.

anterior, este resultado suele ser interpretado como reflejo de la pérdida de eficiencia producido por los cambios de política observados durante este periodo (Barro 1999).

Como se había anticipado, los resultados indican que la estimación utilizando el método tradicional subestima (en términos absolutos) la aportación del capital al proceso productivo. La subestimación de la productividad multifactorial obtenida con el método tradicional, para el período 1960-2005, cubre un rango que va de 0,5% a 47,1% cuando se compara con los resultados obtenidos con el método hiperbólico y entre 5,1% y 21,4% con el método geométrico.

Los casos de Colombia y México en el periodo 1990-2000 merecen atención porque las estimaciones de los casos hiperbólico y geométrico resultan en una productividad de los factores negativa. Este resultado que no se observa en el caso tradicional, es interesante ya que destaca la importancia de la correcta estimación de los insumos a utilizar en los ejercicios de contabilidad de crecimiento. Si se consideran el nivel de agregación utilizado y el hecho que las horas trabajadas no se corrigen por calidad, es muy probable que este resultado no sea una anomalía, sino una característica del crecimiento en América Latina que no había sido considerado previamente por errores de medición.

A partir de la década de los 90 del siglo XX se observa que la productividad multifactorial es menor en comparación a los periodos previos, excepto en los casos de Argentina y Chile, cuyo crecimiento fue superior al 2% en el primer caso y muy cercano a ese porcentaje en el segundo caso. Este comportamiento puede estar asociado a los heterogéneos resultados de las políticas económicas y las reformas estructurales aplicadas³³ durante los años 80. En el periodo previo a la crisis de los ochenta, destaca el esfuerzo en materia de acumulación de factores productivos de los países latinoamericanos lo que se traduce en una mayor contribución del capital al crecimiento económico.

Finalmente, la evidencia cuantitativa reportada alerta sobre la necesidad de implementar sistemáticamente las recomendaciones de la OECD sobre medición de los servicios de capital y que los organismos estadísticos nacionales construyan series desgregadas y completas de formación bruta de capital.

³³ Uno de los principales cambios fue una orientación del aparato productivo hacia el mercado internacional con lo que se termina con una larga experiencia de industrialización en base a la sustitución de importaciones, que en algunos países implicó un desmantelamiento de la industria nacional.

4. Conclusiones y recomendaciones

En este estudio se presentó la metodología integrada propuesta por la OCDE (OCDE 2001a, 2001b) para estimar series de servicios de capital y productividad para seis países de América Latina. Considerando la escasa información disponible sobre vidas medias, funciones de retiro y perfiles edad-eficiencia de bienes productivos en la región, se realizó un análisis de sensibilidad de las estimaciones obtenidas con respecto de las formas funcionales y los parámetros seleccionados.

Los resultados muestran que las estimaciones de servicios de capital son sensibles a la elección de vidas medias de los tipos de activos considerados y que dicha sensibilidad se acrecienta con la volatilidad en las series de formación bruta de capital fijo. Similarmente, las estimaciones varían en función de los parámetros de pérdida de eficiencia seleccionados, aunque la magnitud del efecto es más modesta.

Posteriormente, se compararon las estimaciones de servicios de capital utilizando dos combinaciones distintas de funciones de retiro y perfiles edad-eficiencia. Exceptuando el periodo inicial, en donde se observan algunas discrepancias entre ambas estimaciones, producto de las diferencias en la manera en la cual se consume el acervo inicial de capital productivo, las estimaciones de ambos métodos son muy similares. Por ello, parece razonable recomendar el uso del método geométrico (Caso II), en la estimación de series de servicios de capital, por lo menos cuando se trabaje con un nivel de agregación similar.

Adicionalmente, se compararon las estimaciones de productividad obtenidas bajo las tres estimaciones de capital. Es importante recordar que la diferencia de fondo radica en el cómo se realiza la agregación entre activos, que en los casos hiperbólico y geométrico se realiza utilizando el costo de uso como ponderador, mientras que en el caso tradicional se realiza utilizando las proporciones nominales del acervo neto de cada tipo de activo.

Los resultados obtenidos son cualitativamente consistentes con los obtenidos en otros ejercicios de contabilidad de crecimiento en América Latina: Se observa un quiebre de la tendencia del crecimiento en la década de los 80, a partir del cual el crecimiento es en promedio menor y con una mayor volatilidad. Para toda la muestra, la acumulación de factores es el elemento que más aporta al crecimiento.

Asimismo, se observa que durante la década de los 80 el aporte de la productividad al crecimiento fue negativo³⁴, fenómeno que comenzó en la década de los 70 en el caso de Venezuela y en los casos de Colombia y México se observó incluso durante la década de los 90. Este resultado es difícil de entender como una regresión tecnológica, por lo que se suele interpretar como una pérdida de eficiencia asociada a cambios en la estructura productiva de la región.

No obstante lo anterior, al comparar las variaciones del acervo de capital (método tradicional) con las de los servicios de capital (métodos hiperbólico y geométrico), los resultados son cuantitativamente distintos. Las estimaciones del método tradicional subestiman el aporte del capital en periodos de crecimiento y lo sobreestiman en periodos de contracción, contaminando así la estimación del aporte de la productividad. Tomando en cuenta que el análisis se lleva a cabo utilizando solamente dos tipos de activos, lo cual introduce un sesgo hacia la baja en las estimaciones de las aportaciones al capital, estos resultados hacen suponer que los problemas de estimación del método tradicional se harían más pronunciados al realizar este análisis con una mayor desagregación de activos y de industrias³⁵.

Por lo tanto, un primer conjunto de recomendaciones tiene que ver con la urgente necesidad de contar con estudios que permitan verificar empíricamente la validez de edades medias utilizadas, así como las formas funcionales y los parámetros de las funciones de retiro y los perfiles edades-eficiencia. Asimismo, es necesario contar con mayor información sobre acervos de capital disponible para años de referencia, formación bruta de capital fijo e índices de precios corregidos por calidad desagregados por tipo de activo y por tipo de industria. Aunque existen algunas iniciativas en la región encaminadas en esta dirección, la disponibilidad de datos sigue siendo muy limitada³⁶.

La evidencia cuantitativa reportada en este documento indica que en futuros trabajos se debiera profundizar en: (a) las vidas medias, las formas funcionales de las funciones de retiro y eficiencia, y de las tasas de obsolescencia, para ello se hace necesario realizar estudios específicos en los países en desarrollo, (b) incentivar y apoyar a los institutos estadísticos nacionales en la producción y disseminación de estadísticas desagregadas de formación bruta de capital fijo por industria y por tipo de activo y (c) elaborar índices de precios corregidos por calidad que permitan corregir el insumo de capital y con ello medir el aporte de las TIC en la productividad.

Finalmente, en la medida en la que los datos dejen de ser una limitante en el análisis empírico del crecimiento, los análisis realizados permitirán tener una idea más clara de la evolución de la productividad tanto a nivel agregado como por tipo de industria, lo cual sin duda permitirá formular hipótesis más acertadas sobre los determinantes de la productividad, así como el efecto de la inversión en determinados tipos de activos en el crecimiento económico.

³⁴ Con excepción del caso de Chile.

³⁵ Ver de Vries et al. (2007) para un estudio reciente donde se desagrega la inversión en Tecnologías de Información y Comunicaciones.

³⁶ En particular se destaca el estudio realizado por Argentina (DNCN 2004).

Referencias

- Abramowitz, M. (1957). Resource and Output Trends in the U.S. since 1870. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 46(2):5-23.
- Barro, R. J. (1999). Notes on Growth Accounting. *Journal of Economic Growth*, 4(2):119-137.
- Barro, R. J. y Sala-i Martin, X. (2004). *Economic Growth*. MIT Press, Cambridge MA, 2da edición.
- Berndt, E. R. y Fuss, M. A. (1986). Productivity measurement with adjustments for variations in capacity utilization and other forms of temporary equilibrium. *Journal of Econometrics*, 33(1-2):7-29.
- Biatour, B., Bryon, G., y Kegels, C. (2007). Capital Services and Total Factor Productivity Measurements: Impact of Various Methodologies for Belgium. Technical report, Federaal Planbureau.
- Bureau of Economic Analysis (BEA) (2003). *Fixed Assets and Consumer Durable Goods in the United States, 1925-1999*. U.S. Government Printing Office, Washington DC.
- Coremberg, A. A. (2002). *Capital Stock Contribution to the Productivity of the Argentine Economy during the 1990.*, Documento preparado para 29a conferencia de la International Association for Research in Income and Wealth.
- Corrado, C., Hulten, C., y Sichel, D. (2004). Measuring Capital and Technology: An Expanded Framework. *Federal Reserve Board Finance and Economics Discussion Series*, (65).
- Diewert, W. E. (2005). Issues in the Measurement of Capital Services, Depreciation, Asset Price Changes and Interest Rates. In Corrado, C., Haltiwanger, J., and Sichel, D., editors, *Measuring Capital in the New Economy*. University of Chicago Press, Chicago.
- _____ (2001). Measuring the Price and Quantity of Capital Services under Alternative Assumptions. Discussion paper, Department of Economics, The University of British Columbia.
- _____ (1980). Aggregation Issues in the Measurement of Capital. En Usher, D., editor, *The Measurement of Capital*. The University of Chicago Press, Chicago.

- Dirección Nacional de Cuentas Nacionales (DNCN) (2004). *Capital Stock in Argentina 1990-2003. Sources Methods and Series*. INDEC, Buenos Aires.
- Easterly, W. y Levine, R. (2002). It Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models. En Loayza, N. y Soto, R., editores, *Economic Growth: Sources, Trends and Cycles*. Banco Central de Chile, Santiago.
- Elías, V. J. (1992). *Sources of Growth: A Study of Seven Latin American Economies*. Fundación del Tucumán; International Center for Economic Growth, San Francisco, CA.
- Erumban, A. A. (2008). Lifetime of Machinery and Equipment: Evidence form Dutch Manufacturing. *Review of Income and Wealth*, 54(2):237-268.
- Fraumeni, B. (1997). The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Product Accounts. *Survey of Current Business*, pages 7-23.
- Griliches, Z. (1994). Productivity, R&D, and the Data Constraint. *American Economic Review*, 84(1):1-23.
- Grupo Intersecretarial de Trabajo sobre Cuentas Nacionales (SCN) (2003). *Sistema de Cuentas Nacionales 1993*. Comisión de las Comunidades Europeas-Eurostat, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, Naciones Unidas, Banco Mundial, Bruselas/Luxemburgo, Nueva York, París, Washington D.C.
- Hall, R. E. y Jorgenson, D. W. (1967). Tax Policy and Investment Behavior. *The American Economic Review*, 57(3):391-414.
- Harberger, A. (1978). Perspectives on Capital and Technology in Less Developed Countries. En Artis, M. and Nobay, A., editores, *Contemporary Economic Analysis*. Croom Helm, Londres.
- Harchaoui, T. M. y Tarkhani, F. (2002). A Comprehensive Revision of Statistic Canada Estimates of Capital Input for Productivity Accounts. Technical report, Statistics Canada.
- Harper, D. J., Berndt, E. R., y Wood, D. O. (1989). Rates of Return and Capital Aggregation Using Alternative Rental Prices. En Jorgenson, D. W. y Landau, R., editores, *Technology and Capital Formation*. The MIT Press, Cambridge MA.
- Hofman, A. A. (2000). *The Economic Development of Latin America in the Twentieth Century*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Hulten, C. R. (2009) Growth Accounting, *NBER Working Paper*, 15341
- ____ (2001). Total Factor Productivity: A Short Biography. En Hulten, C. R., Dean, E. R., y Harper, M. J., editores, *New Developments and Productivity Analysis*, volumen 63 de *Studies in Income and Wealth*. The University of Chicago Press for the National Bureau of Economic Research, Chicago.
- ____ (1990). The Measurement of Capital. En Berndt, E. R. y Triplett, J., editores, *Fifty Year of Economic Measurement*. University of Chicago Press, Chicago.
- Hulten, C. R. y Wykoff, F. C. (1981a). Economic Depreciation and the Taxation of Structures in United States Manufacturing Industries: An Empirical Analysis. En Usher, D., editor, *The Measurement of Capital*, pp. 83-120. University of Chicago Press, Chicago.
- ____ (1981b). The Estimation of Economic Depreciation using Vintage Assets Prices: An Aplicacion of the Box-Cox Power Transformation. *Journal of Econometrics*, 15:367-396.
- ____ (1981c). The Measurement of Economic Depreciation. En Hulten, C. R., editor, *Depreciation, Inflation and the Taxation of Income from Capital*, pages 81-125. The Urban Institute Press, Washington.
- Jorgenson, D. W. (2005). Accounting for Growth in the Information Age. En Aghion, P. y Durlauf, S., editores, *Handbook of Economic Growth*, volume 1A. North-Holland, Amsterdam.
- ____ (1999). New Methods for Measuring Capital. Documento preparado para la reunión del Grupo de Canberra sobre estadísticas de acervos de capital.
- Jorgenson, D. W. y Griliches, Z. (1967). The Explanation of Productivity Change. *Review of Economic Studies*, (34):249-283.
- Kendrick, J. H. (1956). *Productivity Trends: Capital and Labour*. National Bureau of Economic Analysis, Nueva York.
- Koszerek, D., Havik, K., Mc Morrow, K., Röger, W., y Schönborn, F. (2007). An Overview of the EU KLEMS Growth and Productivity Accounts. *European Economy Economic Papers*, (290).
- Loayza, N., Fajnzylber, P., y Calderón, C. (2005). *Economic Growth in Latin America and the Caribbean. Stylized Facts, Explanations and Forecasts*. The World Bank, Washington.
- Mandler, M. (1999). *Dilemmas in Economic Theory: Persisting Foundational Problems of Microeconomics*. Oxford University Press, Oxford.
- Mas, M., Pérez, F., y Uriel, E. (2005). *El stock y los servicios de capital en España, nueva metodología*. Fundación BBVA, Bilbao.

- Nehru, V. y Dhareshwar, A. (1993). A New Database on Physical Capital Stock: Sources, Methodology and Results. *Revista de Análisis Económico*, 8(1):37-59.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) (2001a). *Measuring Capital. Measurement of Capital Stocks, Consumption of Fixed Capital and Capital Services*. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, París.
- ____ (2001b). *Measuring Productivity. Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, París.
- ____ (1991). *Flows and Stocks of Fixed Capital (1969-89)*. OECD Department of Economics and Statistics.
- Oulton, N. (2007). Ex Post versus Ex Ante Measures of the User Cost of Capital. *Review of Income and Wealth*, 53(2):295-317.
- Oulton, N. y Srinivasan, S. (2003). Capital Stocks, Capital Services, and Depreciation: An Integrated Framework. *Bank of England Working Paper*, (192).
- Prescott, E. C. (1998). Needed: A Theory of Total Factor Productivity. *International Economic Review*, 39:525-552.
- Russo, J. y Cowles, H. A. (1980). Revalidation of the Iowa Type Survivor Curves. *The Engineering Economist*, 26(1):1-16.
- Schreyer, P. (2006). Measuring Multi-Factor Productivity when Rates of Return are Endogenous. In Diewert, W. E., Balk, B. M., Fixler, D., Fox, K. J., and Nakamura, A. O., editors, *Price and Productivity Measurement*. Trafford Press.
- Schreyer, P., Bignon, P.-E., y Dupont, J. (2003). OECD Capital Services Estimates: Methodology and a First Set of Results. *OECD Statistics Working Papers*, 2003(6).
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39(3):312-320.
- The Conference Board - Groningen Growth and Development Centre (TED) (2008). Total economy database. <http://www.conference-board.org/economics> <http://www.conference-board.org/economics>.
- Törnqvist, L. (1936). The Bank of Finland Consumption Price Index. Monthly Bulletin 10, Bank of Finland.
- Vries de, G., Mulder, N., Borgodal, M., y Hofman, A. (2007). *ICT Investment in Latin America: Does it Matter for Economic Growth?* Universidad de Groningen.
- Winfrey, R. (1935). *Statistical Analysis of Industrial Property Retirements*. Number 125 in Iowa Engineering Experiment Station Bulletin. Iowa State University, Ames, Iowa.
- Winfrey, R. (1967). *Statistical Analysis of Industrial Property Retirements. Revised*. Number 125 in Iowa Engineering Experiment Station Bulletin. Iowa State University, Ames, Iowa.

Anexo

Series Estadísticas

CUADRO 1
DESCRIPCIÓN DE DATOS Y FUENTES

Variable	Fuente
Producto Interno Bruto	
Producto Interno Bruto en moneda nacional a precios constantes	Series históricas de la División de Estadísticas y Proyecciones Económicas de la CEPAL.
Formación Bruta de Capital Fijo (FBKF)	
FBKF en maquinaria y equipos en moneda nacional a precios constantes	Series históricas de la División de Estadística y Proyecciones Económicas de la CEPAL, Años base: Argentina 1993, Brasil 1990, Chile 2003, Colombia 2000, México 1993 y Venezuela 1997.
FBKF en maquinaria y equipos en moneda nacional a precios corrientes	Series históricas de la División de Estadísticas y Proyecciones Económicas de la CEPAL.
FBKF en construcción en moneda nacional a precios constantes	Series históricas de la División de Estadísticas y Proyecciones Económicas de la CEPAL. Años base: Argentina 1993, Brasil 1990, Chile 2003, Colombia 2000, México 1993 y Venezuela 1997.
FBKF en construcción en moneda nacional a precios corrientes	Series históricas de la División de Estadística y Proyecciones Económicas de la CEPAL.
Precios	
Deflactor de la FBKF en maquinaria y equipos	Series históricas de la División de Estadística y Proyecciones Económicas de la CEPAL.
Deflactor de la FBKF en construcción	Series históricas de la División de Estadística y Proyecciones Económicas de la CEPAL.
Empleo	
Horas totales trabajadas por año	Groningen Growth and Development Centre

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 2
SERVICIOS DE CAPITAL, 1950-2005

Año	Método hiperbólico						Método geométrico					
	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	República Bolivariana de Venezuela	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	República Bolivariana de Venezuela
1950	16,7	N.D	12,8	11,0	N.D.	19,7	18,8	N.D.	13,7	12,5	N.D.	22,1
1951	18,0	N.D	13,6	11,6	N.D.	20,8	19,6	N.D.	14,2	13,0	N,D,	22,7
1952	19,0	N.D	14,5	12,2	N.D.	22,2	20,2	N.D.	14,7	13,4	N,D,	23,3
1953	20,1	N.D	15,3	13,1	N.D.	23,9	20,7	N.D.	15,2	14,1	N,D,	24,3
1954	21,0	N.D	16,3	14,1	N.D.	25,8	21,1	N.D.	15,8	14,9	N,D,	25,7
1955	22,2	N.D	17,4	15,2	N.D.	27,5	21,8	N.D.	16,6	15,8	N,D,	26,9
1956	23,4	N.D	18,2	16,3	N.D.	29,4	22,6	N.D.	17,2	16,6	N,D,	28,1
1957	24,6	N.D	18,8	17,0	N.D.	31,3	23,5	N.D.	17,6	16,9	N,D,	29,5
1958	25,9	N.D	19,5	17,2	N.D.	33,1	24,5	N.D.	18,0	16,5	N,D,	30,8
1959	26,9	N.D	20,3	17,4	N.D.	35,0	25,2	N.D.	18,5	16,3	N,D,	32,2
1960	28,7	N.D	21,2	18,0	12,1	35,8	26,7	N.D.	19,2	16,7	14,3	32,6
1961	31,0	N.D	22,2	18,6	12,8	36,2	29,0	N.D.	20,0	17,2	14,6	32,6
1962	33,2	N.D	23,4	19,1	13,5	36,9	30,9	N.D.	21,0	17,7	14,9	32,9
1963	34,5	N.D	24,7	19,5	14,3	37,3	32,0	N.D.	22,2	18,0	15,2	33,3
1964	36,1	N.D	25,7	20,1	15,2	38,0	33,3	N.D.	23,1	18,6	15,8	34,0
1965	37,6	N.D	26,1	20,6	16,3	38,6	34,7	N.D.	23,6	19,2	16,5	34,8
1966	39,2	N.D	26,7	21,2	17,4	39,2	36,2	N.D.	24,3	19,9	17,3	35,7
1967	40,7	N.D	27,4	21,9	18,7	39,5	37,7	N.D.	25,2	20,7	18,2	36,5
1968	42,4	N.D	28,4	22,7	20,1	40,0	39,4	N.D.	26,2	21,7	19,4	37,6
1969	44,7	N.D	29,5	23,5	21,5	40,8	41,7	N.D.	27,3	22,8	20,6	38,9
1970	47,1	37,9	30,4	24,6	23,1	41,8	44,2	38,4	28,4	24,2	22,0	40,3
1971	49,7	34,0	31,4	25,8	24,5	43,3	46,8	39,3	29,5	25,6	23,3	42,1

(continúa)

CUADRO 2 (continuación)

Año	Método hiperbólico						Método geométrico					
	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Venezuela	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Venezuela
1972	52,4	36,4	32,4	27,0	26,1	45,1	49,5	40,6	30,4	26,9	24,8	44,3
1973	54,9	39,4	33,3	28,3	28,0	47,3	51,9	42,5	31,0	28,4	26,6	46,7
1974	57,3	42,8	34,6	29,8	29,9	49,3	54,0	45,0	32,1	30,0	28,7	49,0
1975	59,5	46,6	35,4	31,3	32,1	52,3	56,1	47,9	32,6	31,4	31,0	52,3
1976	62,1	50,6	35,9	32,9	34,1	56,2	58,5	51,1	32,9	33,1	33,1	56,5
1977	65,5	54,6	36,4	34,6	35,9	61,8	61,8	54,3	33,3	34,7	34,8	62,5
1978	68,0	58,4	37,2	36,6	38,0	68,1	64,1	57,3	34,1	36,7	37,0	69,1
1979	71,1	61,8	38,3	39,0	40,8	72,4	66,9	60,0	35,1	39,0	40,0	73,3
1980	74,5	65,3	39,9	41,7	44,2	75,9	70,2	62,7	36,7	41,6	43,8	76,3
1981	76,8	67,9	42,0	44,3	48,4	79,4	72,1	64,3	38,9	44,1	48,2	79,4
1982	78,4	71,1	42,5	46,8	51,4	82,7	73,3	66,8	39,2	46,5	51,1	82,2
1983	79,5	73,5	43,1	49,2	53,6	84,7	73,9	68,4	39,6	48,8	52,9	83,3
1984	80,3	75,0	43,8	51,7	55,9	85,9	74,3	69,5	40,2	51,1	54,7	83,8
1985	80,7	75,8	44,6	53,9	58,0	87,2	74,3	70,4	41,0	53,1	56,5	84,5
1986	81,4	76,6	45,6	56,3	59,6	88,5	74,8	72,1	42,0	55,4	57,6	85,4
1987	82,5	78,7	46,6	58,6	61,0	89,8	75,9	74,3	43,0	57,6	58,5	86,3
1988	83,2	81,9	47,9	61,2	62,5	91,2	76,6	77,1	44,4	60,2	59,7	87,5
1989	82,9	85,2	50,2	63,6	64,2	91,9	76,3	80,0	47,0	62,5	61,3	87,7
1990	82,0	87,4	52,5	65,7	66,4	92,2	75,5	82,1	49,5	64,5	63,6	87,7
1991	81,7	88,0	54,8	67,7	69,2	93,3	75,6	83,2	52,0	66,2	66,6	88,7
1992	82,9	88,0	58,1	70,4	72,6	95,2	77,8	83,9	55,6	69,1	70,5	90,8
1993	85,1	87,5	62,2	75,8	75,5	96,6	81,0	84,4	60,1	75,3	73,6	92,5
1994	88,0	88,7	66,5	81,2	78,6	96,9	85,1	86,2	64,8	81,5	76,9	93,0
1995	89,5	90,7	72,1	86,0	80,2	97,4	87,1	88,6	71,0	86,7	78,2	93,7

(continúa)

CUADRO 2 (continuación)

Año	Método hiperbólico						Método geométrico					
	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Venezuela	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Venezuela
1996	91,2	92,3	78,2	90,3	82,2	97,5	89,4	90,6	77,5	91,1	80,2	94,1
1997	93,7	94,4	84,9	94,2	85,3	98,2	92,5	93,3	84,8	95,1	83,5	95,8
1998	96,4	96,7	91,1	97,4	89,3	99,3	95,9	96,0	91,4	98,3	88,1	98,2
1999	98,4	98,5	95,3	98,8	94,1	99,4	98,3	98,0	95,3	99,2	93,4	98,9
2000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2001	100,7	100,8	104,9	101,5	104,8	101,1	100,9	101,6	104,8	101,2	105,0	101,6
2002	100,5	101,5	109,9	103,3	109,0	101,5	101,0	102,7	109,6	102,7	109,1	102,3
2003	100,9	102,7	115,3	106,0	112,9	101,2	101,8	104,2	114,7	105,2	112,8	102,1
2004	102,3	N.D.	121,6	109,4	117,2	101,2	103,5	N.D.	121,0	108,8	117,0	102,5
2005	105,6	N.D.	130,2	114,8	122,1	102,4	107,3	N.D.	129,9	115,0	121,9	104,2

Fuente: elaboración propia.



NACIONES UNIDAS

Serie

C E P A L

estudios estadísticos y prospectivos

Números publicados

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en

www.cepal.org/publicaciones

- 68, Estimación de servicios de capital y productividad para América Latina, Claudio Aravena, José Jofré, Francisco Villarreal LC/L.3157-P, N° de venta S.09.II.G.130. (US\$ 10.00), noviembre, 2009.
- 67, Estado de situación de las estadísticas ambientales en América Latina y el Caribe al 2008: avances, desafíos y perspectivas, Kristina Taboulchanas y Franco Fernández LC/L.3003-P, N° de venta S.09.II.G.11, (US\$ 10.00), febrero, 2009.
- 66, Política comercial de Chile y los TLC con Asia: evaluación de los efectos de los TLC con Japón y China, Andrés R, Schuschny, José E, Durán, Carlos J, de Miguel (LC/L.2951-P), N° de venta S.08.II.G.54, (US\$ 10.00), julio, 2008.
- 65, Ejercicios de política económica y sistemas de cuentas de los sectores institucionales, Martín Puchet Anyul (LC/L.2920-P), N° de venta S.08.II.G.55, (US\$ 10.00), julio, 2008.
- 64, Encuestas de opinión empresarial del sector industrial en América Latina, Mauricio Gallardo y Michael Pedersen (LC/L.2917-P), N° de venta S.08.II.G.51, (US\$ 10.00), julio, 2008.
- 63, Descomposición del coeficiente de Gini por fuentes de ingreso: Evidencia empírica para América Latina 1999-2005, Fernando Medina y Marco Galván (LC/L.2911-P), N° de venta S.08.II.G.45, (US\$ 10.00), junio, 2008.
- 62, Propuesta de ampliación del segundo objetivo de desarrollo del Milenio: un estado de avance, Pablo Villatoro (LC/L.2856-P), N° de venta S.07.II.G.179, (US\$ 10.00), diciembre, 2007.
- 61, Retirada.
- 60, La medición del ingreso para los estudios de pobreza en América Latina: aspectos conceptuales y empíricos, Luis Beccaria (LC/L. 2802-P), N° de venta S.07.II.G.135, (US\$ 10.00), diciembre, 2007.
- 59, Descomponiendo la desigualdad salarial en América Latina: ¿Una década de cambios?, Dante Contreras y Sebastián Gallegos (LC/L. 2789-P), N° de venta S.07.II.G.127, (US\$ 10.00), noviembre, 2007.
- 58, Pobreza en dimensiones distintas al ingreso, Osvaldo Larrañaga (LC/L.2785-P), N° de venta S.07.II.G.118, (US\$ 10.00), octubre, 2007.
- 57, El séptimo objetivo del Milenio en América Latina y el Caribe: avances al 2007, Rayén Quiroga (LC/L.2782-P), N° de venta S.07.II.G.116, (US\$ 10.00), octubre, 2007.
- 56, Principios y aplicación de las nuevas necesidades de energía según el Comité de Expertos FAO/OMS 2004, Erik Díaz Bustos (LC/L.2780-P), N° de venta S.07.II.G.114, (US\$ 10.00), agosto, 2007.
- 55, La cohesión social en los países desarrollados: conceptos e indicadores, sin autor (LC/L.2781-P), N° de venta S.07.II.G.115, (US\$ 10.00), agosto, 2007.
- 54, Imputación de datos: teoría y práctica, Fernando Medina y Marco Galván (LC/L.2772-P), N° de venta S.07.II.G.109, (US\$ 10.00), julio, 2007.
- 53, Indicadores de los objetivos de desarrollo del Milenio en América Latina y el Caribe: una comparación entre datos nacionales e internacionales, Simone Cecchini e Irene Azócar (LC/L.2767-P), N° de venta S.07.II.G.103, (US\$ 10.00), julio, 2007.
- 52, Transversalizando la perspectiva de género en los objetivos de desarrollo del milenio, Daniela Zapata (LC/L.2764-P), N° de venta S.07.II.G.100, (US\$ 10.00), junio 2007.
- 51, Un sistema de indicadores líderes compuestos para la región de América Latina, Mauricio Gallardo y Michael Pedersen (LC/L. 2728-P), N° de venta S.07.II.G.66, (US\$ 10.00), mayo, 2007.
- 50, Propuesta regional de indicadores complementarios al Objetivo de Desarrollo del Milenio 7: “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”, Rayén Quiroga Martínez, (LC/L.2746-P), N° de venta S.07.II.G.84, (US\$ 10.00), mayo, 2007.
- 49, Indicadores líderes compuestos, Resumen de metodologías de referencia para construir un indicador regional en América Latina, Mauricio Gallardo y Michael Pedersen (LC/L.2707-P), N° de venta S.07.II.G.55, (US\$ 10.00), abril, 2007.

- 48, The millennium development goals: opportunities and challenges for national statistical systems in Latina America and the Caribbean, (LC/L.2673-P), N° de venta E.07.II.G.40, (US\$ 10.00), March, 2007.
- 47, El consumo aparente de energía fósil en los países latinoamericanos hacia 1925: una propuesta metodológica a partir de las estadísticas de comercio exterior, Mauricio Folchi y María del Mar Rubio (LC/L.2658-P), N° de venta S.07.II.G.9, (US\$ 10.00), enero, 2007.
- 46, El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe, Andrés Schuschny (LC/L.2657-P), N° de venta S.07.II.G.8, (US\$ 10.00), enero, 2007.
- 45, Can Latin America Fly? Revising its engines of growth, Hubert Escaith (LC/L.2605-P), N° de venta E.06.II.G.125, (US\$ 10.00), September, 2006.
- 44, Importaciones y modernización económica en América Latina durante la primera mitad del siglo XX, Las claves de un programa de investigación, Albert Carreras, Mauricio Folchi, André Hofman, Mar Rubio, Xavier Tafunell y César Yáñez (LC/L.2583-P), N° de venta S.06.II.G.113, (US\$ 10.00), septiembre, 2006.
- 43, La medición de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en las áreas urbanas de América Latina, Simone Cecchini, Jorge Rodríguez y Daniela Simioni (LC/L.2537-P), N° de venta S.06.II.G.64, (US\$ 10.00), junio, 2006.
- 42, Latin America and the Caribbean, Projections 2006-2007, Economic Projections Centre, (LC/L.2528-P), Sales No, E.06.II.G.55, (US\$ 10.00), June, 2006.
- 42, América Latina y el Caribe: proyecciones 2006-2007, Centro de Proyecciones Económicas (LC/L.2528-P), N° de venta S.06.II.G.55, (US\$ 10.00), abril, 2006.
- 41, Propuesta para un compendio Latinoamericano de indicadores sociales, Unidad de Estadísticas Sociales, (LC/L.2471-P), N° de venta S.06.II.G.15, (US\$ 10.00), diciembre 2005.
- 40, Oportunidades digitales, equidad y pobreza en América Latina: ¿Qué podemos aprender de la evidencia empírica? Simone Cecchini, (LC/L.2459-P), N° de venta S.05.II.G.206, (US\$ 10.00), diciembre 2005.
- 39, El seguimiento de los objetivos de desarrollo del milenio: oportunidades y retos para los Sistemas Nacionales de Estadística, José L. Cervera Ferri, (LC/L.2458-P), N° de venta S.05.II.G.204, (US\$ 10.00), diciembre, 2005.
- 38, Elementos teóricos del ajuste estacional de series económicas utilizando X-12-ARIMA y TRAMO-SEATS, Francisco G. Villarreal (LC/L.2457-P), N° de venta S.05.II.G.203, (US\$ 10.00), diciembre 2005.
- 37, Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones, Andrés Ricardo Schuschny, (LC/L.2444-P), N° de venta S.05.II.G.191, (US\$ 10.00), diciembre 2005.
- 36, Demanda de exportaciones e importaciones de bienes y servicios para Argentina y Chile, Claudio Aravena, (LC/L.2434-P), N° de venta S.05.II.G.180, (US\$ 10.00), diciembre de 2005.
- 35, Propuesta metodológica para el desarrollo y la elaboración de estadísticas ambientales en países de América Latina y el Caribe, Dharmo Rojas, (LC/L.2398-P), N° de venta S.05.II.G.143, (US\$ 10.00), octubre, 2005.
- 34, Indicadores sociales en América Latina y el Caribe, Simone Cecchini, (LC/L.2383-P), N° de venta S.05.II.G.127, (US\$ 10.00), septiembre, 2005.
- 33, El acuerdo de libre comercio MERCOSUR-Comunidad Andina de Naciones: una evaluación cuantitativa, Daniel Berrettoni y Martín Cicowiez (LC/L.2310-P), N° de venta S.05.II.G.59, (US\$ 10.00), abril, 2005.
- 32, América Latina y el Caribe: proyecciones 2005, Centro de Proyecciones Económicas (CPE), (LC/L.2297-P), N° de venta S.05.II.G.45, (US\$ 10.00), abril, 2005.
- 31, Metodología de proyecciones económicas para América Latina: formulación de proyecciones de corto plazo a partir de la base de datos de coyuntura, Centro de Proyecciones Económicas, (LC/L.2296-P), N° de venta S.05.II.G.44, (US\$ 10.00), abril, 2005.
- 30, Cuentas ambientales: conceptos, metodologías y avances en los países de América Latina y el Caribe, Farid Isa, Marcelo Ortúzar y Rayén Quiroga, (LC/L.2229-P), N° de venta: S.04.II.G.151, (US\$ 10,00), enero, 2005.
- 29, Crecimiento económico, creación y erosión de empleo: un análisis intersectorial, Gabriel Gutiérrez (LC/L.2199-P), N° de venta S.04.II.G.125, (US\$ 10.00), octubre, 2004.
- 28, Un enfoque contable y estructural al crecimiento y la acumulación en Brasil y México, (1983-2000), (LC/L.2188-P), N° de venta S.04.II.G.116, (US\$ 10.00), diciembre, 2004.

- El lector interesado en adquirir números anteriores de esta serie puede solicitarlos dirigiendo su correspondencia a la Unidad de Distribución, CEPAL, Casilla 179-D, Santiago, Chile, Fax (562) 210 2069, correo electrónico: publications@cepal.org.

Nombre:
Actividad:
Dirección:
Código postal, ciudad, país:
Tel.: Fax: E.mail: