

TEORÍAS Y MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL PRODUCTO DE TENDENCIA: UNA APLICACIÓN AL CASO DE CHILE

Francisco Gallego Y.*
Christian Johnson M.*

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta una revisión de algunos aspectos relacionados con el análisis y la medición del producto de tendencia. El estudio de esta variable tiene implicancias significativas respecto de la conducción de las políticas económicas por el gran impacto que tiene sobre el bienestar presente y futuro de las personas, y por su interrelación con otras variables macroeconómicas. En efecto, desde una perspectiva de política económica, una pregunta relevante que enfrentan los encargados de implementar y diseñar políticas es ¿cuál es el nivel y la tasa de crecimiento del producto que es alcanzable por la economía en el presente y en el futuro cercano? Luego de responder dicha observación puede darse un paso adicional y preguntarse ¿qué hacer para aumentar el nivel y la tasa de crecimiento del producto? Si se aplica lo anterior a la situación actual de la economía chilena, la pregunta es ¿cuánto es el crecimiento de tendencia de la economía en el presente?, ¿es cercano a 7% —el promedio del período 1986-1997— o más bajo? Y si es menor ¿por qué disminuyó? O alternativamente, ¿cómo se puede aumentar?

Una primera aproximación al tema requiere definir el producto de tendencia. Se entiende al producto de tendencia como aquella parte del producto efectivo que no corresponde a elementos coyunturales y transitorios (elementos cíclicos, estacionales e irregulares, entre otros). De modo que el producto de tendencia se refiere a una medida del nivel de producción de la economía en el largo plazo. En ese sentido se acerca al concepto de producto potencial, aquel nivel de producto consistente con una utilización “normal” de los insumos productivos.¹ El recuadro 1 presenta una discusión detallada respecto de estos conceptos y sus diferencias.

La discusión presentada en el párrafo previo pone de manifiesto la dificultad empírica de distinguir el componente de tendencia del componente cíclico del producto. Es por ello que se han desarrollado una serie de técnicas que, en diferentes grados, combinan economía y estadística para identificarlos. En este trabajo se presentan y aplican una serie de metodologías empíricas para separar el componente efectivo de su componente tendencial. Sin embargo, tal como ha señalado Robert Solow recientemente, el estudio del producto de tendencia está relacionado directamente con las teorías de crecimiento económico (ver Solow, 2001). Es por ello que en este artículo se revisan las principales aproximaciones teóricas para determinar el producto de tendencia de la economía. Lo anterior permite tener una mirada más general de su evolución y de sus determinantes, a la vez que ser capaces de interpretar los resultados asociados a las diferentes metodologías empíricas de medición.

Este artículo se organiza de la siguiente manera. La segunda sección revisa, teórica y empíricamente, la situación actual de la literatura que estudia los determinantes del crecimiento económico de largo plazo. La tercera sección presenta, en primer lugar, una revisión y evaluación de las principales metodologías para descomponer e identificar el componente tendencial del producto. Luego, revisa las metodologías de estimación del producto de tendencia que se han utilizado en un grupo selectivo de países y organismos internacionales para estimar

* Gerencia de Investigación Económica, Banco Central de Chile, Agustinas 1180, Santiago-Chile. Email: fgallego@bcentral.cl; cjohnson@bcentral.cl. Agradecemos los valiosos comentarios de Rómulo Chumacero, Felipe Morandé, Klaus Schmidt-Hebbel, Matías Tapia y de dos árbitros anónimos. Sin embargo, como siempre, todos los errores y omisiones son responsabilidad de los autores. Las ideas y contenidos presentes en este artículo representan nuestra opinión personal y no necesariamente la opinión del Banco Central de Chile y son completamente independientes de las proyecciones del crecimiento efectivo y de tendencia reportadas en sus Informes de Política Monetaria.

¹ Notar, por ejemplo, que Lansing (2001) usa indistintamente ambos términos.

el producto de tendencia, para terminar resumiendo un grupo de trabajos que han realizado estimaciones del crecimiento de largo plazo para Chile. La cuarta sección, que corresponde al mayor valor agregado de este trabajo, presenta una aplicación empírica de la estimación del producto de tendencia, utilizando una selección de las metodologías desarrolladas en la sección previa. Finalmente, se presentan las conclusiones.

II. TEORÍAS ALTERNATIVAS DE CRECIMIENTO ECONÓMICO

Desde la popularización del enfoque neoclásico con los trabajos de Solow (1956) y Swan (1956), han existido una serie de desarrollos teóricos sobre los determinantes del crecimiento económico. Se

presenta a continuación, una breve revisión de los principales elementos de las teorías de crecimiento, junto con sus predicciones empíricas y sus implicancias sobre las medidas de crecimiento de tendencia presentadas en este trabajo.

1. Teorías Clásicas

La teoría neoclásica parte de una función de producción agregada en que el crecimiento per cápita del producto depende de la acumulación de capital per cápita y de la tasa de crecimiento de la productividad, que es determinada exógenamente. Dicha función de producción tiene retornos constantes a escala y decrecientes en el capital, lo que implica que, en el largo plazo, el crecimiento del producto

RECUADRO 1

Producto de Tendencia

Como se señala en el texto, el producto de tendencia hace referencia al componente del producto que resulta luego de extraer las fluctuaciones cíclicas, estacionales, irregulares o relacionadas con errores de medición. El producto efectivo puede verse influido por una serie de factores que hacen que, en el corto plazo, se ubique sobre o bajo su nivel tendencial.

Al lector podrá llamarle la atención que se utilice el concepto de producto de tendencia y no de producto potencial. Es verdad que en muchos estudios se utilizan ambos términos indistintamente (Lansing, 2001), sin embargo, existen algunas diferencias importantes. En primer lugar, en términos metodológicos, la definición del producto de tendencia implica que su implementación práctica se realiza preferentemente usando métodos estadísticos. Mientras que el producto potencial se asocia a estimaciones que se derivan de una función de producción agregada o de modelos estructurales de la economía.

Sin embargo, tal como señalan Scacciavillani y Swagel (1999), existen también diferencias conceptuales subyacentes entre ambos enfoques. El producto potencial surge en un contexto más cercano a la tradición keynesiana, donde la economía puede moverse por largos períodos de acuerdo con las fluctuaciones de la demanda agregada, requiriendo una medición independiente de la oferta agregada. Para ello se puede utilizar un enfoque de contabilidad nacional o derivar implicancias de un modelo estructural de la economía (típicamente un VAR estructural). En esta línea surge, por ejemplo, el producto

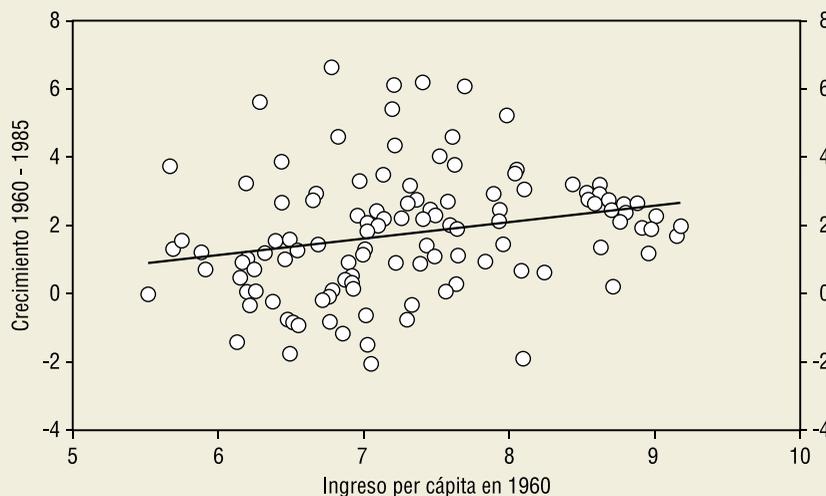
potencial como aquel nivel de producción asociado a la tasa de desempleo que no produce una aceleración inflacionaria o NAIRU (su acrónimo en inglés).

Por otro lado, el concepto de producto de tendencia se asocia más directamente a una noción neoclásica, donde la evolución del producto efectivo está muy correlacionada con la evolución de la oferta y las fluctuaciones son transitorias, reflejando los resultados de las elecciones de agentes optimizadores. Es por ello que el producto efectivo entrega la mayor parte de la información relevante respecto de la evolución del componente tendencial, lo que a su vez le da gran valor a la utilización de filtros que suavizan el producto.

Es interesante notar, sin embargo, que ambos conceptos debieran ser, en el largo plazo, consistentes, ya que las estimaciones de producto potencial debiesen reflejarse muy cercanamente en fluctuaciones del producto de tendencia. En términos más técnicos se podría afirmar que el producto de tendencia refleja la media de las realizaciones del producto, condicional a los insumos disponibles. Por ende, los métodos de función de producción o los VAR estructurales tienden a ser equivalentes a medidas de tendencia del producto en el largo plazo. Es por ello que en este estudio se asume que el componente tendencial del producto entrega información respecto de su componente permanente, nivel al cual colapsan las estimaciones tipo producto potencial. De modo que se utiliza el concepto de producto de tendencia y no de producto potencial, tomando de ese modo una aproximación más neoclásica.

GRÁFICO 1

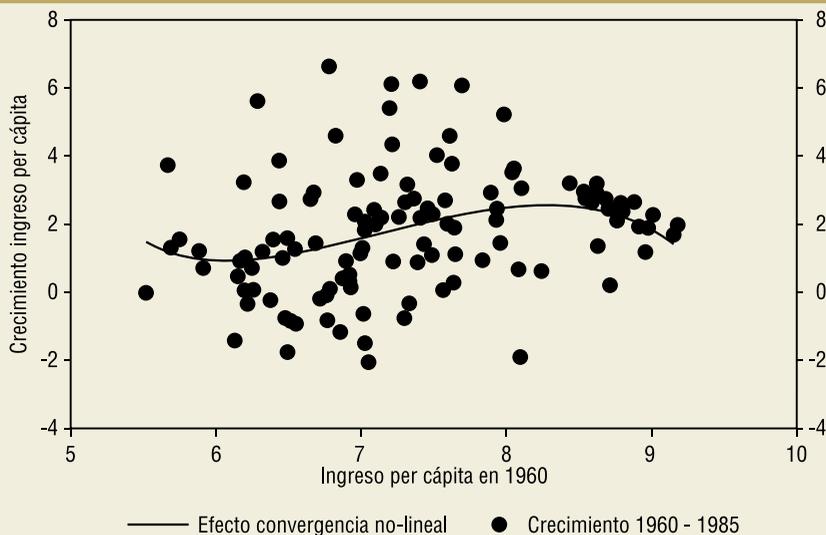
Convergencia Absoluta (crecimiento 1960-1985)



Fuente: Elaboración de los autores, utilizando los datos de Sala-i-Martin (1997).

GRÁFICO 2

Convergencia Absoluta (efectos no-lineales en el crecimiento 1960-1985)



Fuente: Elaboración de los autores, utilizando los datos de Sala-i-Martin (1997).

El efecto no lineal corresponde a un polinomio de tercer grado del ingreso per cápita inicial. El grado se obtuvo maximizando el R^2 ajustado de la regresión.

está determinado por la suma del cambio tecnológico y del crecimiento de la población, siendo ambos componentes exógenos. Estas características hacen que este enfoque corresponda básicamente a una aproximación “transicional”, es decir, que explica la dinámica del crecimiento de la economía hacia el estado estacionario, y no el crecimiento en sí mismo.

Una de las predicciones más conocidas del mundo neoclásico es la convergencia de ingresos per cápita entre países. La intuición es simple: si las diferencias en el nivel del producto se explican por diferencias en el *stock* de capital, entonces se producirá una acumulación de capital en los países con escasez relativa de ese factor.² De este mismo punto se derivan implicancias respecto de las tasas de retorno de los factores y los movimientos de factores productivos entre zonas con diferentes dotaciones.

En términos empíricos, sin embargo, la predicción de convergencia en los niveles de ingreso per cápita no ha sido fácil de verificar (ver Pritchett, 2000). Por ejemplo, en el período 1960-1985, existe divergencia en la muestra completa y sólo existe convergencia absoluta entre los países de ingresos altos (gráficos 1 y 2).³

En este contexto surge el enfoque de convergencia condicional planteado inicialmente por Barro (1991). La idea es que después de controlar por algunos factores que afectan el nivel de productividad y de eficiencia de los países, el ingreso de largo plazo converge. Es importante destacar que la convergencia condicional es plenamente consistente con el espíritu del modelo neoclásico, y, en cierto sentido, representa el modo correcto de aplicarlo al análisis de diferencias de tasas de crecimiento entre países (Solow, 2001), lo que explica

² Sin embargo, Solow (2001) plantea que no es una predicción del modelo neoclásico. El argumento es que no es posible derivar de su teoría implicancias sobre las diferencias entre países en las tasas de crecimiento porque nada asegura que las funciones de producción y que la eficiencia sea similar entre ellos.

³ La relación no-lineal que se observa en el gráfico 2 es plenamente consistente con los resultados de la literatura empírica de regresiones a la Barro (ver especialmente Barro, 1999).

su popularidad en los estudios empíricos de crecimiento. Un modo de ilustrar esta idea se presenta en el gráfico 3. En ese gráfico se evidencia que existe un efecto de convergencia de ingresos entre países, pero condicional en el capital humano de la población en 1960 (medido como el porcentaje de la población que tiene educación secundaria).

2. Crecimiento Endógeno

La teoría neoclásica del crecimiento tiene una limitación conceptual intrínseca, ya que, por construcción, sólo es capaz de explicar la transición de las variables relevantes hacia el estado estacionario (lo que depende de dos supuestos claves: que el crecimiento de la productividad y de la población sean exógenos y que existan rendimientos decrecientes en el capital). Aunque se podría afirmar, en defensa del enfoque neoclásico, que de ser los determinantes del crecimiento del estado estacionario efectivamente exógenos para la economía bajo análisis, lo único relevante sería estudiar la transición.⁴

Sin embargo, los supuestos básicos del modelo neoclásico y sus implicancias no han tenido suficiente apoyo empírico. Tanto por la dificultad de encontrar respaldo a la idea de retornos decrecientes al capital, como por el hecho de que muchos estudios encuentran que el crecimiento de las economías (tanto en el largo, como en el corto plazo) no se explica por la acumulación de factores, sino que por los factores exógenos al modelo.

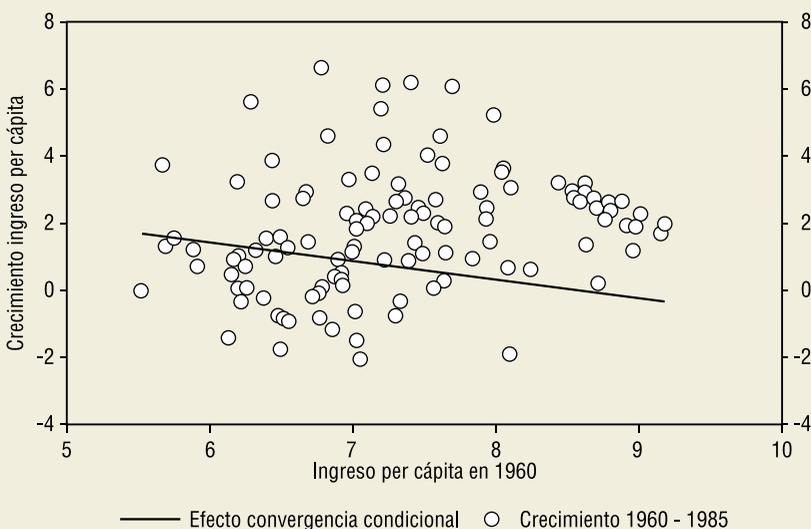
⁴ Asumir que el estado estacionario de una variable es exógeno al modelo no tiene ningún problema conceptual y es, de hecho, lo que se hace en el estudio de algunas variables. Por ejemplo, es el caso del nivel de estado estacionario de la tasa de interés en una economía pequeña y abierta, que es igual al nivel de las tasas externas, que son exógenas al modelo.

⁵ Segerstrom (1998) define estos modelos como aquellos en los que "las tasas de cambio tecnológico y crecimiento económico son endógenamente determinadas de acuerdo con el comportamiento optimizador de las firmas y consumidores" (citado en Stiroh, 2001).

⁶ Este trabajo presenta sólo los elementos centrales de las teorías de crecimiento endógeno. Para una revisión exhaustiva ver Aghion y Howitt (1998).

GRÁFICO 3

Convergencia Condicional (controlando por capital humano inicial: crecimiento 1960-1985)



Fuente: Elaboración de los autores utilizando los datos de Sala-i-Martin (1997).

Así ha surgido una literatura que intenta endogeneizar lo que el modelo neoclásico supone exógeno.⁵ Para ello, la nueva literatura ha extendido y modificado el modelo previo en dos dimensiones relacionadas entre sí: el estudio de modelos de crecimiento donde los retornos de la acumulación de factores no es decreciente y modelos donde se endogeneiza el crecimiento de la productividad total de factores (CPTF).⁶ Dentro de los primeros se ubican los modelos "AK" (Rebelo, 1991) donde el "capital amplio" (que incluye todas las formas de capital) presenta retornos constantes a escala. En estos modelos, el crecimiento de estado estacionario depende del crecimiento de la tecnología (exógeno) y de la acumulación de capital.

La segunda familia de modelos de crecimiento endógeno corresponde a aquellos que explican endógenamente la innovación tecnológica. El punto central de estos enfoques se relaciona con los determinantes de la asignación de recursos por parte de firmas y consumidores al desarrollo tecnológico y a las mejoras productivas. En otras palabras, esta literatura analiza las razones que llevan a distintos países a mantener diferentes niveles (y/o tasas de crecimiento) de la PTF y, con ello, recursos más productivos, crecimiento permanente y divergencia de ingresos, entre otros.

No obstante sus similitudes, ambas clases de modelos generan predicciones diferentes sobre los factores que explican el crecimiento. Mientras en la primera familia de modelos, el crecimiento se explica fundamentalmente por la acumulación de capital, en el segundo grupo está relacionado con mejoras tecnológicas e innovaciones.

Finalmente, en estos modelos también puede existir una “transición dinámica” en que la economía se encuentra convergiendo al estado estacionario. Esta convergencia puede producirse por fenómenos tales como la existencia de costos en la reasignación de recursos entre sectores (modelos tipo Lucas-Uzawa, ver Lucas, 1988), acceso imperfecto al mercado de capitales internacional (Braun y Braun, 1999), modelos de varios sectores donde existen rendimientos decrecientes a parte del capital y con ello una combinación de crecimiento endógeno y exógeno (Jones y Manuelli, 1992; Barro y Sala-i-Martin, 1995) y difusión internacional (Grossman y Helpman, 1991), entre otros.⁷ Este punto es importante para los análisis posteriores de este artículo, ya que implica que la interpretación neoclásica de que el efecto negativo del nivel rezagado de ingreso sobre la tasa de crecimiento se origina en la existencia de rendimientos decrecientes al capital, no sería correcta.

3. Evidencia Empírica

El estudio empírico de los determinantes del crecimiento económico es una de las áreas de investigación con mayor número de estudios realizados. Existe una serie de metodologías que utilizan diferentes aproximaciones y fuentes de información, que van desde la estimación de estudios de series de tiempo para un país hasta trabajos que usan paneles de países. De hecho, según Durlauf y Quah (1999), se han utilizado más de 90 variables explicativas en regresiones de crecimiento económico, resaltando tanto el gran interés que existe al respecto en la literatura, como lo complejo y multidimensional de su estudio. Además, se han desarrollado técnicas para estudiar la robustez de los resultados de las regresiones de corte transversal (ver Levine y Renelt, 1992 y Doppelhofer *et al.*, 2000). La idea es que, como no es posible incorporar todos los determinantes potencialmente importantes en una regresión de crecimiento (por la pérdida de grados de libertad), es necesario verificar si los resultados son robustos a algunas variables omitidas.

A continuación se presenta una revisión de los principales resultados de las estimaciones de crecimiento, utilizando los dos enfoques teóricos mencionados en la sección previa y el reciente trabajo de Easterly y Levine (2001), como base para organizar la discusión.

Dicho trabajo documenta cinco regularidades relacionadas con el crecimiento económico: (1) las diferencias de ingresos y de tasas de crecimiento no se explican por diferencias en la acumulación de factores; (2) el nivel de ingreso diverge en el largo plazo; (3) la acumulación de factores es persistente en el tiempo, pero el crecimiento no lo es; (4) la actividad económica está altamente concentrada, con movimientos de factores hacia las zonas ricas; y (5) las políticas de los países afectan sus tasas de crecimiento.

Estos hechos sugieren que las teorías basadas en la acumulación de factores no parecen ser muy importantes a la hora de explicar el crecimiento económico de largo plazo. ¿Qué lo explica entonces? Una respuesta inicial puede relacionarse con el CPTF, pero el producto (y el crecimiento) en un momento del tiempo puede no corresponder a su nivel de tendencia, y es por ello que no sería posible concluir que, si la acumulación de factores no explica el crecimiento, entonces la tecnología sería el factor fundamental. Sin embargo, tanto la importancia que parecen tener algunas políticas nacionales en la explicación de las diferencias en las tasas de crecimiento (como indica la quinta regularidad mencionada), como lo difícil que es sostener que el producto se encuentre permanentemente lejos de sus niveles de tendencia, hacen que la hipótesis de que el CPTF juega un rol significativo parezca tener justificación.

Los resultados de Easterly y Levine (2001) son refrendados por otros influyentes trabajos. Por ejemplo, Prescott (1998) parte reconociendo que aún no existe una teoría consistente de crecimiento de la productividad en el ámbito agregado, pero resalta la importancia empírica de esta variable. Más aún, sugiere que las disparidades del CPTF se originan en el proceso de asignación de recursos al desarrollo de tecnologías superiores, a través de aspectos

⁷ Para un análisis más detallado ver Barro y Sala-i-Martin (1995) y, especialmente, Turnovsky (2000).

relacionados con las instituciones legales y de protección de la competencia (Parente y Prescott, 1999).

Conclusiones similares se alcanzan en un proyecto desarrollado por la OECD y resumido en Temple (2000). En las conclusiones de este proyecto se enfatiza la importancia del CPTF para explicar el crecimiento de largo plazo, a la vez que se postula la importancia que parecen tener aspectos institucionales en la asignación eficiente de recursos. Se indica que, usando datos microeconómicos para EE.UU, los procesos de destrucción creativa parecen ser muy importantes para entender la evolución agregada del CPTF. Este proceso depende fundamentalmente de los incentivos existentes a la asignación de recursos, a través del funcionamiento del sistema de precios y de factores tales como el desarrollo del sector financiero y la apertura al comercio exterior. Finalmente, Temple (2000) documenta un proceso de convergencia en las tasas de crecimiento de los países de la OECD, ocasionado por el reciente despegue de los países pequeños y medianos tales como Irlanda, Nueva Zelanda, España, Portugal y Australia.

Pritchett (2000) muestra un interesante patrón de crecimiento económico en el mundo, en absoluto relacionado con la idea de convergencia. En general, el mundo desarrollado ha mantenido una posición de crecimiento permanentemente superior. Además, este trabajo identifica distintos patrones de crecimiento: desde países que se comportan con tasas altas y estables (“cordilleras”), hasta países con caídas catastróficas de sus tasas de crecimiento (“acantilados”).

⁸ Nuevamente en este punto se mencionan los aspectos más importantes de esta literatura. Para una revisión más detallada de las variables consideradas, de sus efectos sobre el crecimiento y de algunas discusiones abiertas, ver Barro (1997), Durlauf y Quah (1999) y Temple (1999).

⁹ La importancia de dicho efecto varía en los diferentes trabajos, encontrándose estimaciones de la vida media de la convergencia de entre 8 y 30 años. Las tasas de convergencia más altas se obtienen en estudios de panel que usan estimadores del Método de los Momentos Generalizados, por ejemplo Caselli et al. (1996); en el otro extremo se encuentran los estudios que usan datos de corte transversal (Mankiw et al., 1992) y el método de estimación de Regresiones Aparentemente No-Relacionadas (SUR) para paneles de datos, Barro y Sala-i-Martin (1995).

La literatura que estudia el crecimiento usando muestras mundiales de países también encuentra algunas regularidades empíricas dignas de mencionar. Los resultados indican que variables como el desarrollo financiero, un gasto de gobierno bajo, la apertura comercial, una inflación baja, factores institucionales que protegen las libertades y niveles de educación altos afectan positivamente el crecimiento (Barro, 1999; Easterly, 2001). Más recientemente, se ha enfatizado que algunos aspectos relacionados con el ciclo económico mundial parecen jugar un rol importante para explicar las tasas de crecimiento de los países (Easterly, 2001).⁸ Además, esta literatura apoya fuertemente la idea de convergencia condicional, vale decir, que existe un efecto negativo del ingreso rezagado sobre las tasas de crecimiento, luego de controlar por otros factores.⁹

No obstante la popularidad de la literatura previa, existe un grupo de trabajos que es bastante escéptico a ella, tanto desde un punto de vista conceptual como desde un punto de vista econométrico (ver por ejemplo, Brock y Durlauf, 2001, Chumacero, 2001a y Kremer *et al.*, 2001). Es por ello que, tal como afirma Rodrik (2001), parece ser que nos encontramos operando en la zona donde el retorno marginal de las regresiones mundiales de crecimiento es decreciente. Así, varios autores han sugerido comenzar a explotar el estudio de casos con una base analítica en los modelos de crecimiento (Pritchett, 2000; Rodrik, 2001; Solow, 2001).

4. Implicancias sobre las Estimaciones y el Análisis del Producto de Tendencia

El análisis presentado en esta sección revisa un conjunto de elementos teóricos y empíricos relevantes tanto para las metodologías de estimación del producto de tendencia, como para el análisis y la interpretación en los movimientos de las series estimadas, ya que, por un lado se generan predicciones respecto de la evolución de las tasas de crecimiento del producto en respuesta a una serie de determinantes subyacentes y, por otro lado, se imponen ciertas restricciones a las propiedades de las series

analizadas. Estos elementos son fundamentales para complementar las estimaciones presentadas más adelante en este trabajo.

Un ejemplo de su utilidad se relaciona con el estudio del efecto de la “Nueva Economía” sobre el crecimiento de tendencia de Estados Unidos en los últimos años. La pregunta relevante en este caso es si el aumento observado en las tasas de crecimiento es un fenómeno de largo plazo (de tendencia), o sólo responde a una expansión cíclica de corto plazo. Dado que los diferentes métodos de descomposición del producto entregan una amplia variedad de respuestas, una evaluación complementaria respecto de sus bondades relativas podría provenir de las predicciones de las teorías del crecimiento económico. El recuadro 2 presenta una revisión de la literatura reciente que estudia el impacto de la llamada “Nueva Economía” sobre el crecimiento de tendencia de Estados Unidos.

Una segunda dimensión, en la cual la revisión previa entrega elementos importantes para el análisis, se relaciona con las propiedades estadísticas de las series, en particular respecto de la estacionariedad de las mismas. Las predicciones de la teoría neoclásica plantean que los países convergen a un nivel de ingreso que crece a la suma de las tasas de crecimiento de la población y del progreso técnico, siendo ambas variables exógenas. Esto implica que es posible representar el comportamiento del producto como si fuese estacionario con tendencia, dado que las fluctuaciones se debiesen corregir para asegurar que el retorno de los factores se encuentre en niveles consistentes con el estado estacionario. En cambio, en el contexto de los modelos de crecimiento endógeno el nivel del producto puede ser más bien integrado.

Sin embargo, existen un par de cualificaciones que hacer respecto de la argumentación previamente presentada. En primer lugar, aun si el producto es estacionario con tendencia (como parece sugerirse de pruebas estadísticas que incorporan implicancias económicas, ver Chumacero, 2001b), no es claro que los modelos de crecimiento endógeno no sean relevantes. Lo anterior, pues la determinación de la tendencia es relevante y depende de los elementos planteados por estas teorías. Es bastante diferente

que el producto sea estacionario en torno a una tendencia de crecimiento de largo plazo de 2 ó de 5%. Más aún, la pregunta es qué explica esa diferencia y, probablemente, la respuesta puede ser entregada por las teorías de crecimiento endógeno y no por las teorías neoclásicas. En segundo lugar, la existencia de procesos de convergencia de ingresos que podría asociarse a los modelos neoclásicos es, por un lado, difícil de probar en periodos cortos (Chumacero, 2001a) y, por otro lado, es una propiedad que también presentan una serie de modelos de crecimiento endógeno, como se mencionó más arriba

En resumen, el marco presentado en esta sección presenta elementos importantes para la interpretación y el análisis realizado en las secciones siguientes de este trabajo.

III. METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS DE MEDICIÓN DEL PRODUCTO DE TENDENCIA Y SUS APLICACIONES

Luego de una discusión detallada de los argumentos teóricos y empíricos relativos a los determinantes del producto de tendencia, esta sección aborda la tarea de medirlo (*i.e.*, descomponer el producto efectivo en sus componentes de tendencia y cíclicos). La determinación del producto de tendencia permite a las autoridades evaluar si el actual nivel de crecimiento responde a factores de carácter permanente o transitorio, determinando una elección de política de acuerdo con tal diagnóstico. Esta sección revisa, en primer lugar, los elementos fundamentales de una serie de metodologías alternativas para generar estimadores del producto de tendencia, analizando las fortalezas y debilidades de cada una de ellas. Un anexo entrega detalles técnicos específicos respecto de ellas. Luego, con el objetivo de presentar una evaluación implícita de las ventajas y limitaciones relativas de cada una de los métodos, se revisan brevemente las metodologías utilizadas por un grupo de bancos centrales y organismos internacionales respecto del cálculo del producto de tendencia. Finalmente, se presentan los resultados de una serie de trabajos que se han desarrollado en Chile en los últimos años con el objetivo de generar medidas del crecimiento de tendencia de la economía chilena.

RECUADRO 2

Impacto de la “Nueva Economía”

Uno de los temas que recientemente ha despertado más interés en la profesión se refiere al impacto de la llamada “Nueva Economía” sobre las tasas de crecimiento de tendencia de Estados Unidos. Se busca evaluar si la expansión de 1995-99 corresponde a un cambio estructural o de tendencia asociado al desarrollo de las ICT (*Information and Communications Technologies*) o a una expansión transitoria asociada a fluctuaciones de demanda y/o a cambios no sostenibles en el precio de algunos insumos de producción.

Si bien la mayor parte de las mediciones estadísticas para identificar el componente de tendencia del PIB muestran que el aumento en las tasas de crecimiento corresponde a un fenómeno permanente (Lansing, 2001), una serie de autores ha realizado ejercicios de descomposición de las fuentes del crecimiento para evaluar esos resultados desde un punto de vista más estructural. En estos artículos la pregunta fundamental es identificar si la expansión reciente de EE.UU. es el resultado de un aumento en la tasa de acumulación y utilización de factores productivos o a mejoras tecnológicas agregadas.

Para organizar la discusión es posible utilizar la siguiente ecuación:

$$\Delta g = \beta[\Delta h + \Delta(\alpha(k - h) + cptf)]_{ICT} + (1 - \beta)[\Delta h + \Delta(\alpha(k - h) + cptf)]_{RESTO}$$

Donde Δ indica cambio respecto del período previo, g es el crecimiento del PIB, β es la participación del sector productor de ICT en el PIB, h es el crecimiento de las horas trabajadas, α es la participación del capital en la producción total de cada sector, k es el crecimiento del stock de capital y $cptf$ es el crecimiento de la productividad total de factores, en cada sector.

Esta ecuación descompone el aumento del crecimiento de EE.UU. entre la contribución del sector ICT y del resto de la economía, a la vez que diferencia si el efecto se ha producido por un aumento de las horas trabajadas o por un aumento de la productividad laboral. A su vez, el aumento de la productividad laboral puede explicarse por una expansión del capital o por un aumento de la productividad total de factores. La idea es que si el incremento del crecimiento se debe a mejoras tecnológicas ($cptf$ más altos) en ambos sectores, entonces estaríamos en presencia de un cambio estructural que incrementaría la tasa de crecimiento del PIB permanentemente.

Los resultados de los ejercicios realizados presentan algunas conclusiones relativamente consensuales, pero dejan otros aspectos aún abiertos.

- h ha aumentado significativamente en ambos sectores, explicando entre un tercio y la mitad del aumento en g (Jorgenson y Stiroh, 2000; Gordon, 2000; Jorgenson, 2001; Nordhaus, 2001).
- Las causas del aumento de la productividad laboral no son consensuales. Existe acuerdo en que el factor central corresponde a la baja en los precios de los productos ICT (Jorgenson, 2001, desarrolla en detalle esta idea). Pero, por un lado, algunos trabajos plantean que corresponde a un aumento en $cptf$ en el sector productor de ICT combinado con un aumento en la acumulación de capital en el resto de la economía (Jorgenson y Stiroh, 2000; Gordon, 2000). Por otro lado, otros trabajos plantean que el $cptf$ es el elemento fundamental para explicar el aumento de la productividad laboral en ambos sectores (Nordhaus, 2001 y Oliner y Sichel, 2000).¹

Por lo tanto, la evidencia no es clara respecto del impacto de la “Nueva Economía” en el crecimiento de tendencia de EE.UU. en el futuro. Las estimaciones van desde un optimista aumento de 1.5% de g , a las pesimistas estimaciones de economistas como Robert Gordon que ubican sus estimaciones del aumento de g en torno a 0.5% anual. El consenso de las estimaciones se ubica en torno a un aumento del 1% anual. Estos valores son consistentes con los crecimientos de la productividad en la década de 1920 cuando se produjo un gran impacto del automóvil y de la electricidad.

Finalmente es interesante poner los resultados previos en el contexto de las teorías de crecimiento y de los problemas que surgen en su estudio empírico. En primer lugar, las controversias surgidas se derivan básicamente de cuestiones metodológicas relacionadas con la medición adecuada del producto y de los insumos, lo que indica la importancia de generar buenas mediciones del “residuo de Solow”. En segundo lugar, se observa una de las más importantes limitaciones de la metodología de descomposición del crecimiento, que es no considerar, por construcción, los determinantes de la acumulación de factores y los desarrollos de la productividad. Por ejemplo, en el modelo neoclásico un aumento de la PTF de una sola vez genera un aumento en la acumulación de capital hasta lograr un nuevo estado estacionario. Consistente con lo anterior, si se toma literalmente los resultados de Jorgenson y Stiroh (2000) de que el aumento del crecimiento de la economía americana en los años 1990 se debió a acumulación de capital, no se está dejando claro qué factor generó esta acumulación.

¹ Jorgenson (2001) no defiende esta idea, pero los datos que presenta parecen apoyarla.

1. Metodologías de Medición del Producto de Tendencia

En esta sección se revisan brevemente las metodologías de estimación del producto de tendencia presentadas en la literatura. En el anexo se presenta una descripción detallada de todas ellas.

En primer lugar, la metodología más cercana a la noción que un economista tiene acerca del producto de tendencia viene dada por el *análisis de la función de producción*, el cual describe el máximo PIB alcanzable sujeta a una utilización eficiente de los recursos. Analíticamente esta metodología define un nivel de producto asociado a una relación tecnológica del tipo $y = F(L, K, PTF)$ donde y es el nivel de producto tendencial, L representa el empleo consistente con una tasa natural de desempleo, K define una tasa de uso de capital normal y PTF la productividad total de factores de tendencia. Una ventaja de este enfoque es que permite descomponer explícitamente los determinantes del crecimiento en términos de sus factores contribuyentes, sin embargo, la estimación de la función requiere de información muchas veces no disponible, como el capital, o directamente no observables, como la productividad de los factores. Lo que lleva a que en muchas ocasiones se deba recurrir a los filtros estadísticos que a continuación se mencionan.

Una estrategia alternativa descansa en la riqueza de los métodos estadísticos que existen para el análisis de series de tiempo, sin necesidad de reproducir ninguna estructura económica particular. Los también denominados *enfoques univariados mecánicos*, imponen una estructura estadística que fuerza una descomposición de la serie en dos elementos, uno de carácter transitorio, y otro de comportamiento más permanente o de largo plazo. El componente transitorio se identifica como la brecha del producto (*gap*), y se utiliza típicamente como un indicador de inflación de tendencia futura, mientras que el componente permanente se asocia al factor de largo plazo o producto de tendencia. Entre estos métodos se puede mencionar el *método de tendencia segmentada*, los filtros de *Hodrick-Presscot (HP)*, de *Baxter-King*, y de *Wavelets*, el *método de "running media smoothing"* y las *estimaciones no-paramétricas tipo kernel*.

Una crítica común a los métodos univariados mencionados emerge de su naturaleza eminentemente estadística y mecánica, que deja de lado consideraciones económicas, como, por ejemplo, la interacción que puede darse entre el producto y otras variables macroeconómicas, como la inflación o el consumo privado. La crítica de insuficiente especificación de los modelos univariados trasladó la atención hacia *metodologías de descomposición multivariadas*, que relacionan un conjunto de variables con el producto, de manera de capturar con mayor certeza los componentes permanentes de esta última serie. Entre los enfoques más populares en esta categoría se pueden mencionar la *descomposición de Cochrane*, el *método multivariado de Beveridge-Nelson*, los *VAR estructurales* y la *metodología de estado-espacio (State-Space)* o *variables latentes*.

2. Estimaciones del Producto de Tendencia por Bancos Centrales y Organismos Internacionales

En esta sección se presentan las metodologías usadas por una serie de organismos interesados en estimar el producto de tendencia. Aplicando preferencias reveladas, esto nos puede ayudar a evaluar la importancia relativa de cada una de ellas e identificar los métodos más exitosos en la práctica. El cuadro 1 presenta un resumen de los resultados y a continuación se presenta una descripción detallada de cada caso.

Australia: Si bien el banco central de este país aún no hace públicos sus modelos, en el trabajo de Cagliarini y Debelle (2001) aparecen estimaciones del producto de tendencia, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$yp = \alpha + 0.115_{(0.051)} tot^* - 0.075_{(0.035)} tcr^* + 1.361_{(0.014)} y^{US}$$

donde yp es el producto de tendencia, tot el nivel de los términos de intercambio, tcr el nivel del tipo de cambio real e y^{US} el producto de Estados Unidos, un asterisco indica que la variable está en su nivel de equilibrio. La constante α se calibra para un año en que se juzga que el producto efectivo es igual al de tendencia. Los valores de equilibrio del crecimiento de tot e y^{US} se introducen exógenamente y el valor de tcr^* es determinado endógenamente en un modelo estructural de la economía.

En otro trabajo, De Brouwer (1998) discute la utilización de cinco técnicas para estimar el producto

de tendencia en los años noventa. Estas son tendencias lineales, el filtro HP, filtro HP multivariado, método de variables latentes y el enfoque de funciones de producción. Argumenta que si bien las predicciones de los distintos métodos son imprecisas, en general producen un perfil de brechas de producto que tiene alto poder predictivo respecto de la inflación futura.

Canadá: Longworth y O'Reilly (2001) indican que el Banco de Canadá se movió inicialmente de estimar el producto de tendencia como una simple tendencia lineal a usar un filtro HP, para llegar en la actualidad a usar un filtro multivariado que combina información estructural con un enfoque de filtrado simple (filtro HP-multivariado). La definición del producto de tendencia corresponde a la siguiente ecuación:

$yp = PML^T N^T (1 - u^T) tp^T H^T / \alpha_L^T$, donde yp es el producto de tendencia, PML es la productividad marginal, N la población, u la tasa de desempleo, tp la tasa de participación, H las horas trabajadas y α_L la participación del trabajo en el ingreso, el superíndice T indica valores de tendencia. Las tendencias de

cada componente se estiman utilizando filtros multivariados (Ver Butler, 1996, para más detalles).

Banco Central Europeo (BCE): Cambda y Rodríguez (2001) desarrollan estimaciones del producto de tendencia utilizando filtros multivariados. Lo anterior se realiza en el contexto de la estimación de sistemas donde incorporan el PIB, la inflación y el desempleo. Los métodos utilizados son 2 VAR (el primero utilizando la descomposición de Beveridge y Nelson y el segundo el método de Blanchard y Quah) y un modelo de componentes no observados. Para evaluar las ventajas relativas de cada uno de los métodos, usan dos criterios: (i) que las medidas de brecha de PIB asociadas tengan poder predictivo sobre la inflación y (ii) que sean consistentes en el tiempo, o sea con las revisiones *ex post* de la tendencia del PIB (cuando existe un mejor entendimiento de la evolución de la economía y cuando los errores de medición de las variables desaparecen).

Sus resultados indican que el método de los componentes no observados domina a las otras dos

CUADRO 1

**Metodologías de Estimación del Producto de Tendencia:
Bancos Centrales y Organismos Internacionales**

Método	Países					
	Australia	Canadá	BCE	Inglaterra	Nueva Zelanda	OECD
Función de Producción	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Tendencia Segmentada						<input checked="" type="checkbox"/>
Hodrick-Prescott	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Baxter-King						
<i>Running Media Smoothing</i>						
Wavelets						
Kernel						
Cochrane						
Beveridge-Nelson			<input type="checkbox"/>			
Var Estructurales			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<i>State-Space</i>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Otros:						
• Tendencia lineal	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
• HP multivariado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
• Ecuación calibrada	<input type="checkbox"/>					

Nota : Adicional Principal Utilizado en el pasado

Fuente: Elaboración de los autores.

aproximaciones respecto del primer criterio, pero ocurre lo contrario respecto del segundo aspecto.

Inglaterra: El Banco de Inglaterra (BoE) tiene una aproximación ecléctica al tema, y por ello utiliza tres aproximaciones complementarias entre sí (ver Bank of England, 1999). La primera es un enfoque de funciones de producción convencional. Se considera que esta aproximación es bastante simple y consecuentemente se utiliza sólo de modo suplementario a las estimaciones estadísticas.

El enfoque estadístico utiliza filtros para descomponer el producto cíclico y el producto de tendencia. En primer lugar se usa un filtro de Hodrick-Prescott (HP), eligiendo un parámetro de suavización (λ) que maximice la correlación entre la medida de producto cíclico y la inflación (ver anexo para más detalles al respecto). Sin embargo, el BoE tiende a preferir aproximaciones multivariadas donde se utiliza el filtro de Kalman o el método de vectores autoregresivos estructurales (SVAR) de modo de generar estimaciones del producto de tendencia que varíen en el tiempo. En el caso de los filtros de Kalman se implementan a través de la estimación de un sistema de ecuaciones en que aparece tanto la inflación como el producto de tendencia (o la tasa de desempleo *NAIRU*). Mientras que la estimación de los SVAR se hace usando los supuestos identificatorios convencionales en el contexto de un sistema bi-variado donde se incluye a la inflación *core* y el producto (o el desempleo). Los resultados de la brecha producto efectivo-de tendencia son muy similares a los que resultan de un filtro de Kalman y existen intervalos de confianza bastante anchos.

Nueva Zelanda: Gaiduch y Hunt (2000) señalan que el Banco de Reserva de Nueva Zelanda (BRNZ) utiliza básicamente un filtro multivariado. Este filtro añade información derivada del modelo *core* del BRNZ para mejorar las propiedades de identificación de oferta y demanda del filtro HP univariado. La información se deriva de la estimación de la curva de Phillips, de la ley de Okun y de la capacidad utilizada.

El mismo trabajo indica que, además de este tipo de estimación, se han utilizado dos modelos adicionales para estimar simultáneamente los componentes de tendencia, cíclicos e irregulares del

PIB, del desempleo y de la utilización. La primera utiliza un filtro de Kalman y el método de máxima verosimilitud, y la segunda parte de la base de la estimación de un SVAR.

OECD: Giorno *et al.* (1995) señala que el método utilizado antiguamente por la OECD correspondía a un método de tendencia segmentada. Luego comparan este método con estimaciones usando el filtro HP (con un λ específico a cada país) y con estimaciones usando funciones de producción. Esta aproximación es la utilizada desde entonces por la Secretaría de la OECD y se basa en una descomposición tradicional Cobb-Douglas del crecimiento del producto. Por lo tanto, se requiere generar predicciones del empleo y de la PTF de tendencia y combinarlos con el stock actual de capital. La predicción del empleo de tendencia se asocia a una estimación de un nivel de empleo que no produce aceleración inflacionaria.

Las metodologías presentadas parecen indicar que los organismos interesados en generar proyecciones del producto de tendencia (o de la brecha producto efectivo-de tendencia) tienden a utilizar varios enfoques, más que uno sólo. Lo anterior se deriva de que la mayor parte de los trabajos que evalúan el desempeño de los diferentes métodos reconocen que, en general, estos enfoques tienden a generar estimaciones bastante imprecisas del nivel de la brecha producto efectivo-de tendencia (aunque no del cambio en esa variable), y por ello es recomendable utilizar diferentes tipos de filtros. Se observa, además, cierta popularidad de los enfoques estadísticos de filtros que utilizan una aproximación multivariada. Lo anterior se deriva de la necesidad de recoger de un modo formal la información que entregan otras variables de la economía respecto de la evolución del producto de tendencia.

Finalmente, cabe destacar que el enfoque de funciones de producción se mantiene como un método utilizado, aunque con serios problemas de implementación (dado que requiere generar estimaciones del nivel de tendencia de los factores productivos, lo que es difícil, y por ello, en muchas ocasiones se termina generando proyecciones estadísticas de los valores de tendencia de sus componentes). Sin embargo, mantiene su popularidad, porque parece entregar un marco analítico más claro para pensar en el producto de tendencia.

3. Revisión de Estimaciones del Crecimiento de Tendencia para Chile

Un grupo de trabajos en los últimos años ha desarrollado diferentes metodologías de estudio del crecimiento de tendencia en Chile. Cabe hacer un par de acotaciones previas al análisis. En primer lugar, algunos de los estudios no estiman directamente tasas de crecimiento de tendencia, sino que conceptos diferentes. Sin embargo, de todas formas es posible inferir implicancias respecto de las tasas de crecimiento de tendencia. En segundo lugar, los estudios han sido realizados en diferentes momentos del tiempo y por ello en general se refieren a proyecciones para un período inmediatamente posterior a su fecha de publicación y no necesariamente para el presente. El cuadro 2 presenta un resumen de

estos estudios, identificando las metodologías utilizadas, tasas de crecimiento proyectadas y supuestos implícitos más importantes.

Un primer conjunto de estudios realiza estimaciones del crecimiento de tendencia de la economía utilizando un enfoque de contabilidad nacional, vale decir, se identifica una función de producción del tipo neoclásica y se estudia el comportamiento de las fuentes de crecimiento y las proyecciones futuras “normales”. En esta línea se encuentran los trabajos de Marfán y Bosworth (1994), De Gregorio (1997) y Roldós (1997). El trabajo de Roldós (1997) desarrolla una metodología que controla por la calidad de los factores productivos y por su utilización, generando estimaciones más precisas del aporte relativo de los factores productivos y de la tecnología.

CUADRO 2

Estudios del Crecimiento del Producto de Tendencia en Chile

Estudio	Metodología	Crecimiento Proyectado	Supuestos y Comentarios
Marfán y Bosworth (1994)	Función de producción,	4.2-7.5 Contabilidad del crecimiento	Inversión: 20-27.5% CPTF: 0-3%
Chumacero y Quiroz (1997)	Estimaciones bayesianas de cambio de régimen	8.1 (Crecimiento natural)	El cambio de régimen depende del valor de la tasa de interés y de la instancia monetaria
Rojas <i>et al.</i> (1997)	Función de producción, estimación usando vectores de cointegración	7.0	Inversión: 30%
De Gregorio (1997)	Función de producción, contabilidad del crecimiento	6.5-7.0	Inversión: 25-30% Crec. trabajo: 1.5% CPTF: 2.5%
Roldós (1997)	Función de producción, contabilidad del crecimiento	6.4-7.5	Inversión: 24-29% Crec. calidad del trabajo: 0.6% Crec. calidad del capital: 0-0.5% CPTF: 1.9-2.4%
Barro (1999)	Función de producción, usando paneles de datos	3.0 per cápita +1.5 crec. pob.=4.5	
Braun y Braun (1999)	Modelo de crecimiento endógeno de equilibrio general calibrado a la economía chilena	Período 1999-2009: 6.4% En 2010: 5% Estado estacionario: 4%	Modelo de equilibrio general, por lo tanto, todas las variables son endógenas y la transición dinámica se debe a que existe acceso imperfecto al mercado de capitales internacional.
Coeymans (1999)	Función de producción usando series de tiempo	Rango: 4.73 – 8.17	Crec. Trabajo: 1.5-2.5% CPTF: 2-4%
Schmidt-Hebbel (1998)	Modelo de crecimiento endógeno con transición dinámica	Estado estacionario: 5-6.5%	Inversión: 25.5-28%
Johnson (2000)	Modelo de cambio de régimen usando algoritmos iterativos	6% (normalidad)	Se identifican tres estados de la naturaleza (recesión, normalidad y <i>boom</i>) y se relaciona la probabilidad de ocurrencia de ellos con la política monetaria

Fuente: Elaboración de los autores.

Estos trabajos presentan la limitación de que no identifican los determinantes subyacentes de la acumulación de factores y del progreso tecnológico, y por ello tienen más valor descriptivo que predictivo. Algunos trabajos, partiendo de la base de un enfoque de función de producción, han extendido el análisis a su estimación directa. Así, por ejemplo, Coeymans (1999) y Rojas *et al.* (1997) realizan estimaciones de series de tiempo de funciones de producción extendidas para incorporar determinantes adicionales al crecimiento de los factores productivos. Rojas *et al.* (1997) enfatiza el efecto del comercio internacional, mientras que Coeymans (1999) también enfatiza el rol de la apertura comercial y además señala la influencia de los ciclos externos.

Recientemente han surgido algunos trabajos que avanzan desde el enfoque neoclásico tradicional a modelos consistentes con los modelos de crecimiento endógeno. En un primer intento, Schmidt-Hebbel (1998) desarrolla un modelo para estudiar el crecimiento, consistente con un modelo de crecimiento en que existe una parte del capital que presenta rendimientos decrecientes y otra parte que genera crecimiento endógeno (Modelo de Jones y Manuelli, 1992), complementado por un sector de recursos naturales. Utilizando valores de parámetros estimados y observados, aplica un enfoque de contabilidad del crecimiento, pero en el contexto de un modelo de crecimiento endógeno, estimando niveles de crecimiento de largo plazo consistentes con diferentes escenarios.

Braun y Braun (1999) construyen un modelo de crecimiento endógeno para la economía chilena. Este modelo utiliza valores para los *stocks* de recursos físicos y humanos y calibra el modelo a un año base. Este modelo presenta transición dinámica asociada a restricciones al endeudamiento externo. Por ello es un modelo que genera convergencia a un nivel de crecimiento de estado estacionario. Adicionalmente, conviene destacar que el resto de las variables relevantes son endógenas (inversión, precios y otros). Una limitación de este enfoque es que el crecimiento de la economía viene determinada básicamente por la acumulación de capital y no por los cambios tecnológicos.

Otra línea ha sido el desarrollo de metodologías que explotan las propiedades estadísticas del producto. Chumacero y Quiroz (1997) y Johnson (2000) han implementado modelos de cambios de régimen para

el crecimiento del IMACEC. En ambos trabajos, utilizando diferentes supuestos y métodos estadísticos, se identifican diferentes estados de la naturaleza, y se estudia si existen algunos determinantes para la probabilidad de ubicarse en diferentes tasas de crecimiento. Estos trabajos realizan esfuerzos para endogeneizar la probabilidad de cambio de régimen y en ambos casos destacan el impacto de la política monetaria. Además, Chumacero y Quiroz (1997) muestran la importancia de la evolución del precio del cobre.

Finalmente, Barro (1999) utiliza información derivada de estimaciones de paneles de datos para estudiar el crecimiento de largo plazo de Chile. Para realizar lo anterior utiliza los parámetros mundiales y los valores de una serie de variables de política y estructurales de la economía chilena y proyecta el crecimiento para la década 1995-2005. Ciertamente este enfoque es relativamente limitado por los fuertes supuestos implícitos respecto de la homogeneidad entre países de los parámetros estimados.

Más allá de los valores estimados, llama la atención que las tasas de crecimiento estimadas se ubiquen en niveles en torno a 6 ó 7%, bastante cerca del promedio histórico o de los valores observados en el momento en que se desarrollaron los estudios. Pocos trabajos incorporan en sus estimaciones transiciones hacia el estado estacionario, y es un hecho interesante que aquellos estudios que lo hacen tienden a generar tasas de crecimiento de tendencia inferiores. Esto último sugiere que es importante partir de un modelo explícito de crecimiento para entender la tendencia de largo plazo de la economía, más que ocupar métodos que explícita o implícitamente sólo usan datos históricos.

IV. ESTIMACIÓN DE PRODUCTO DE TENDENCIA PARA CHILE

En esta sección se aplica la discusión conceptual y empírica a la estimación e interpretación económica del nivel y de la tasa de crecimiento del producto de tendencia para Chile. Con este fin se presentan los resultados de una batería de estimaciones utilizando una selección de los métodos discutidos en este artículo.

En primer lugar, se realizan estimaciones del crecimiento de tendencia usando el método de descomposición de las fuentes de crecimiento (utilizando una metodología similar a la seguida por el Banco de Inglaterra). Esta metodología se puede representar con la siguiente

ecuación (similar en espíritu a la presentada en el recuadro 2):

$g^T = cptf + \alpha k_{-1} + (1 - \alpha)h^T$, donde g^T es el crecimiento de tendencia estimado, $cptf$ es el crecimiento de la productividad total de factores, k_{-1} es el crecimiento del stock de capital en el período previo (lo que asume que el capital utilizado en el proceso de producción actual es el stock de capital al inicio de cada período), y h^T es el crecimiento de las horas trabajadas de tendencia. Por lo tanto, para encontrar el crecimiento de tendencia del período presente se deben estimar $cptf$ y h^T , y utilizar un valor para el parámetro α . El parámetro se tomó en 0.525,

consistentemente con las estimaciones de Herrera y López (1998). Con ese valor se estimó $cptf$ como la constante de una regresión con datos anuales para el período 1985-2000 de la ecuación anterior y se obtuvo un valor de 0.02. El valor de k_{-1} está predeterminado, y el valor de h^T se estima filtrando las series de horas trabajadas por trabajador y de empleo mediante el filtro de Hodrick-Prescott (los valores obtenidos corresponden a 0.025 en promedio y 0.01 hacia el final de la muestra). Los resultados se presentan en el gráfico 4. Como se puede apreciar la serie estimada se mueve en valores entre 5 y 7.5%, con una tendencia a disminuir hacia el final del período (con una estimación punto de 5.4% y un intervalo que va entre 4.1 y 6.8%).

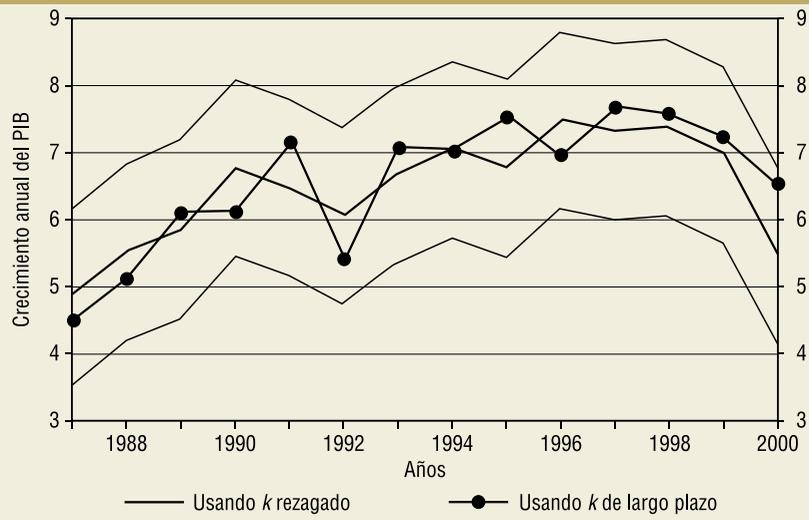
El resultado anterior asume un comportamiento del capital que viene determinado por el comportamiento efectivo de la inversión en el pasado. Sin embargo, esta variable puede estar sujeta a fluctuaciones cíclicas. Para corregir este problema se generan estimaciones del

¹⁰ En ese trabajo se estiman regresiones de la razón de inversión a PIB para un panel de países entre 1960 y 1995, usando como regresores un conjunto de determinantes fundamentales de la inversión (variables tales como el nivel de ingreso per cápita, el nivel de capital humano, la expectativa de vida al nacer, el tamaño del gobierno, la apertura comercial, la tasa de inflación y el crecimiento de los términos de intercambio).

¹¹ En este caso no es posible estimar intervalos de confianza, dado que no se tiene acceso a los datos utilizados en las regresiones de Barro (2001), o en su defecto a la matriz varianza-covarianza de los estimadores.

GRÁFICO 4

**Crecimiento de Tendencia del PIB:
Método de Función de Producción**



Fuente: Elaboración de los autores.

valor del crecimiento del capital de largo plazo, sobre la base de los resultados reportados en Barro (2001).¹⁰ Con los valores relevantes para Chile se obtiene una estimación de la razón de inversión a PIB de equilibrio, que combinados con los valores del capital inicial permiten estimar el crecimiento de equilibrio del stock de capital en cada período. Los resultados de este ejercicio se presentan en el gráfico 4, y como se puede observar son bastante similares a las estimaciones previas (la correlación de ambas medidas es de 0.83), aunque la estimación punto para el período final se ubica en torno a 6.5% ubicado cerca del límite superior de la estimación que utiliza el capital rezagado.¹¹

En segundo lugar se estima la tasa de crecimiento de tendencia usando los resultados de estimaciones de paneles de datos para explicar el crecimiento económico. Para ello se utilizan dos fuentes: (i) los

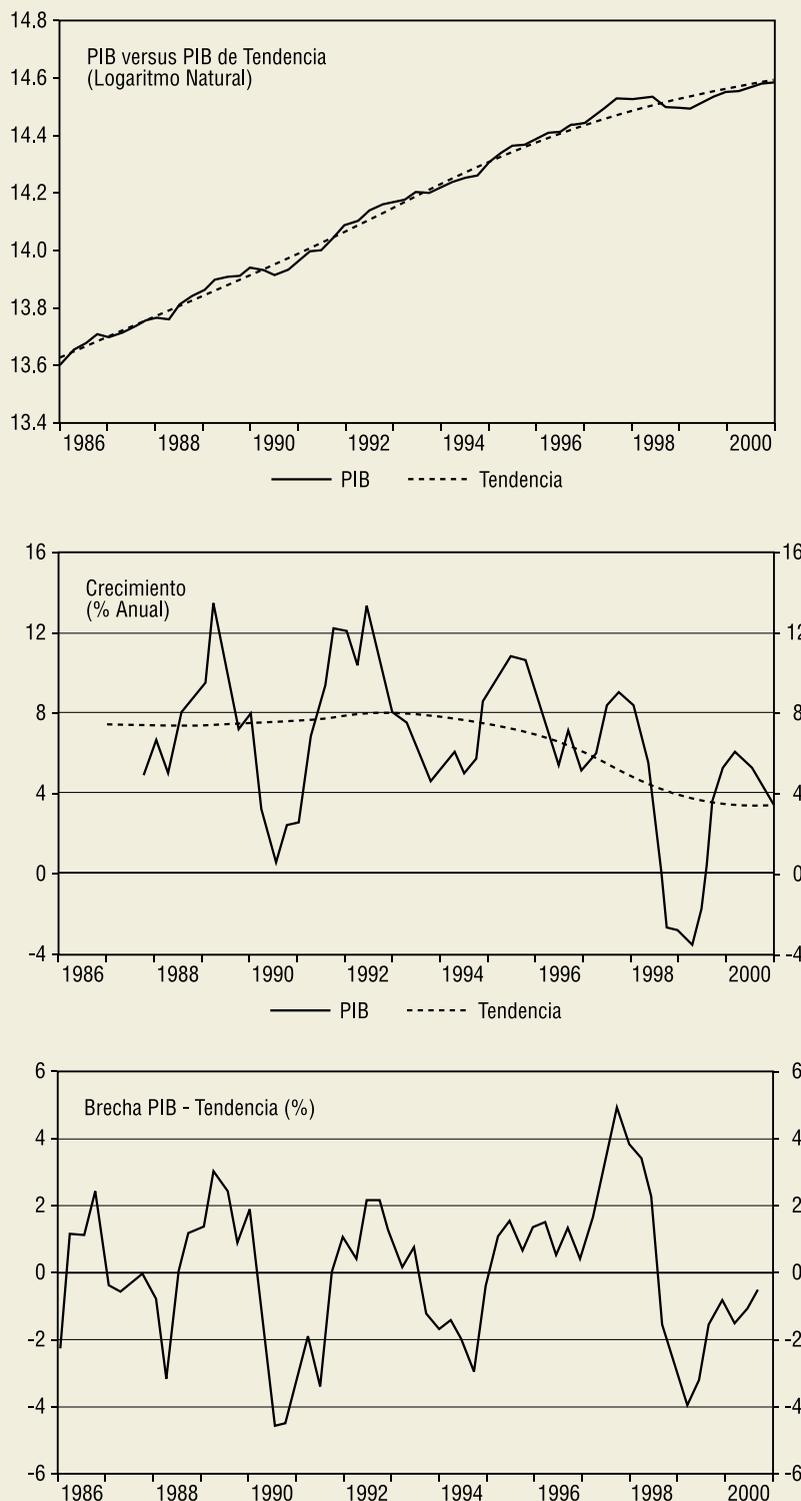
CUADRO 3

**Proyecciones del Crecimiento de Tendencia
usando Paneles de Datos
(por quinquenio)**

Quinquenio	Banco Mundial	Barro (2001)	Efectivo
1985-89	4.0%	5.9%	7.2%
1990-94	2.6%	3.3%	7.0%
1995-99	5.2%	4.3%	5.4%
2000	5.7%	4.5%	5.2%

Fuente: Elaboración de los autores.

Producto de Tendencia: Método de Hodrick y Prescott



Fuente: Elaboración de los autores.

valores implícitos en las llamadas “Proyecciones de crecimiento basadas en indicadores objetivos de política” del grupo de “*Economic Growth Research*”¹² del Banco Mundial¹³ y (ii) los valores derivados de las estimaciones de las regresiones de crecimiento presentadas en Barro (2001).¹⁴ Las estimaciones se basan en los resultados de regresiones que relacionan el crecimiento per cápita de cada país con un grupo de determinantes fundamentales y se inscriben en la tradición de investigación empírica presentada en la sección II de este trabajo. Dado que estas estimaciones explican el crecimiento per cápita, para obtener estimaciones del crecimiento de largo plazo se suma el crecimiento de la población en cada período. Los resultados se presentan en el cuadro 3 para los períodos 1985-1989, 1990-1994 y 1995-2000, dado que este tipo de estimaciones se realizan usando promedios quinquenales (ya que se quiere abstraer de fluctuaciones cíclicas). Estas proyecciones son algo menores que las estimaciones previas y presentan valores en torno a 4% para la década de los noventa (con un crecimiento para el año 2000 de 4.5% en las estimaciones

¹² Se encuentran disponibles en <http://www.worldbank.org/research/growth/objective%20model.xls>. Los datos utilizados en este ejercicio están disponibles en <http://www.worldbank.org/research/growth/GDNdata.htm>.

¹³ Las variables que se incorporan en la regresión son el ingreso per cápita rezagado, la prima del mercado negro, el nivel de sobrevaluación real de la moneda, el nivel de inflación, el desarrollo del mercado financiero, la tasa de escolaridad secundaria de la población adulta, el número de líneas telefónicas por trabajador y el crecimiento de la OECD.

¹⁴ En este caso los regresores son los mismos que en las ecuaciones de inversión previamente citadas y, además, se agrega la tasa de inversión a PIB.

de Barro y de 5.7% en el estudio del Banco Mundial).

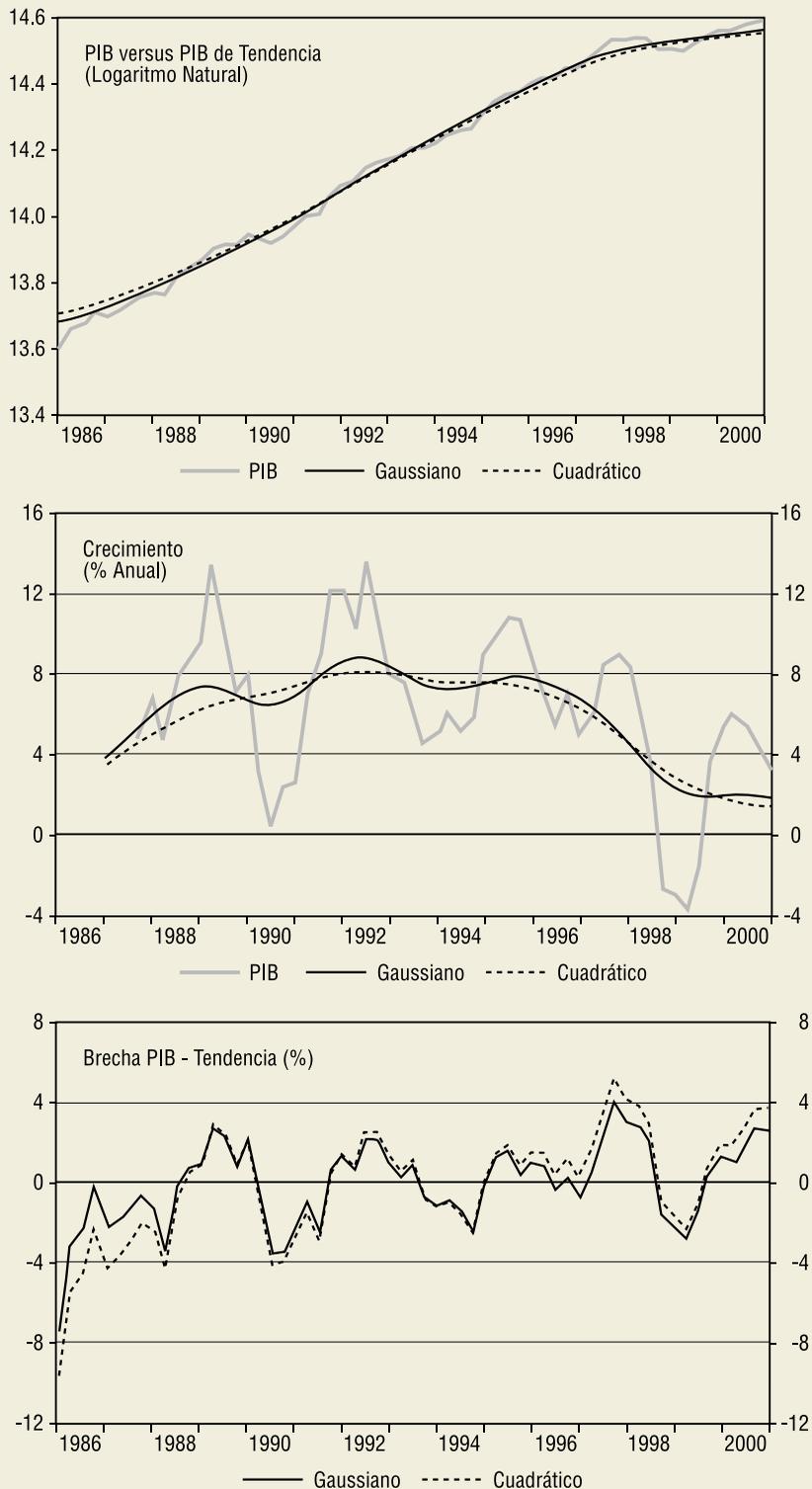
Las estimaciones previas parten de la base de modelos predeterminados para la economía y utilizan estimaciones sujetas a una serie de problemas. Por ejemplo, la estimación utilizando paneles tiende a subestimar persistentemente el crecimiento de las economías que crecen sobre el promedio, y esto se refleja en las proyecciones para la economía chilena (Barro, 1999).

A continuación se aplica una batería de estimaciones utilizando una selección de alguno de los métodos estadísticos uni y multivariados discutidos en la sección III de este artículo y detallados en el anexo. Los métodos considerados para la estimación del PIB de tendencia y la brecha de éste con respecto al PIB efectivo son cinco: Hodrick y Prescott, Kernel Gaussiano, Kernel Cuadrático, el método de filtros sobre la base de *Wavelets*, y por último, el método de VAR estructural de Beveridge y Nelson.

A partir de las primeras figuras de los gráficos 5 a 8, que representan la evolución del PIB trimestral desestacionalizado (usando X-12) desde 1986:01 hasta 2001:01 con los respectivos productos de tendencia estimados a partir de cada método. En esos gráficos es posible observar que los métodos de kernel (gaussiano y cuadrático) y el filtro de Hodrick y Prescott, entregan aproximaciones suaves de la evolución del producto de tendencia, siendo además altamente dependientes de los valores extremos de las series. Mientras que los otros dos filtros presentan aproximaciones menos suaves de la tendencia del crecimiento.

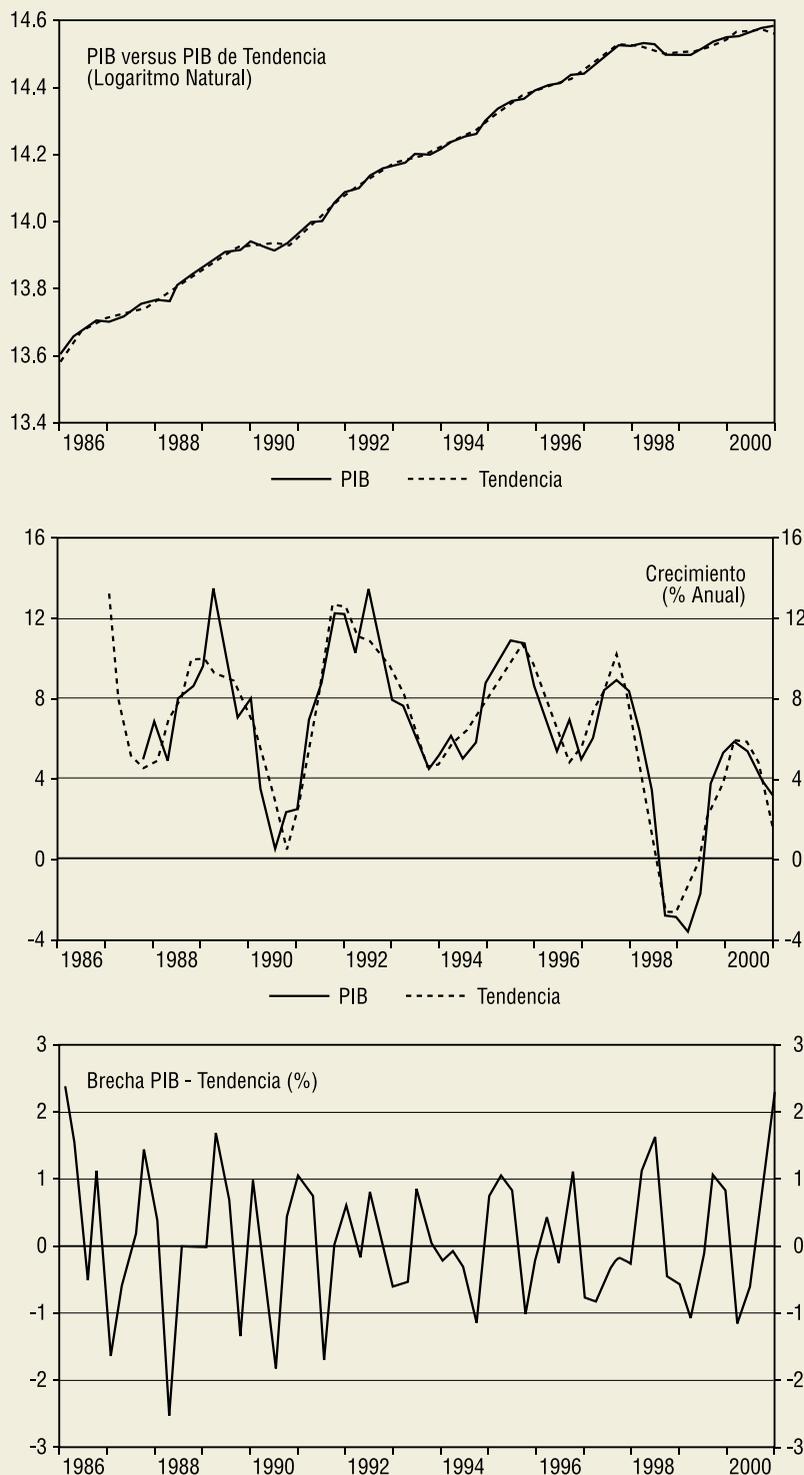
GRÁFICO 6

**Producto de Tendencia:
Método de Kernel Cuadrático y Gaussiano**



Fuente: Elaboración de los autores.

Producto de Tendencia: Método de Wavelets



Fuente: Elaboración de los autores.

En los mismos gráficos es posible observar las tasas de crecimiento de los distintos estimadores, lo que permite verificar la diferencia entre ellos. Los filtros con *Wavelets* y el método de Beveridge y Nelson parecen ser los más volátiles. El primero de ellos es el que más se aproxima a la evolución efectiva del crecimiento del PIB, mientras que las alternativas de HP y kernels muestran crecimientos mucho más suaves, que se alejan de la evolución contemporánea del PIB.

Además, es interesante notar que el método *wavelets* entrega cierta independencia con respecto a los métodos alternativos. Posee una discrecionalidad elevada, al tener que decidir sobre los valores de una multiplicidad de parámetros que serán determinantes en la evolución de la serie ajustada. Tal como es posible verificar en el gráfico 7, su evolución sigue de cerca al PIB efectivo, siendo poco valioso para dilucidar cuál es el producto de tendencia de la economía. En cierto sentido, los resultados de este filtro, y sus parámetros subyacentes, se ubicarían en el espíritu de las teorías de ciclos reales, donde la evolución del PIB de tendencia se asemeja a la del producto efectivo, representando una serie de decisiones optimizadoras de los agentes económicos.

Por otro lado, cabe destacar, no obstante las diferencias establecidas, la reducción de las estimaciones del crecimiento del producto de tendencia a partir del año 2000, todos los cuales entregan estimaciones que van desde 2% (kernels y *wavelets*) a 4% (Hodrick y Prescott). Sin embargo, si para evitar la dependencia de las estimaciones a observaciones que están fuera de

la tendencia (1999 y 2000), dejamos fuera los últimos dos años, las estimaciones del crecimiento del PIB de tendencia son del orden del 7 u 8% para todos los métodos considerados. Esto ilustra la limitación de estos métodos que, basados en una aproximación eminentemente estadística, dependen de manera fundamental de los valores del período final de la muestra, el cual es justo el momento en que más interesa proyectar la tasa de crecimiento del PIB de tendencia.

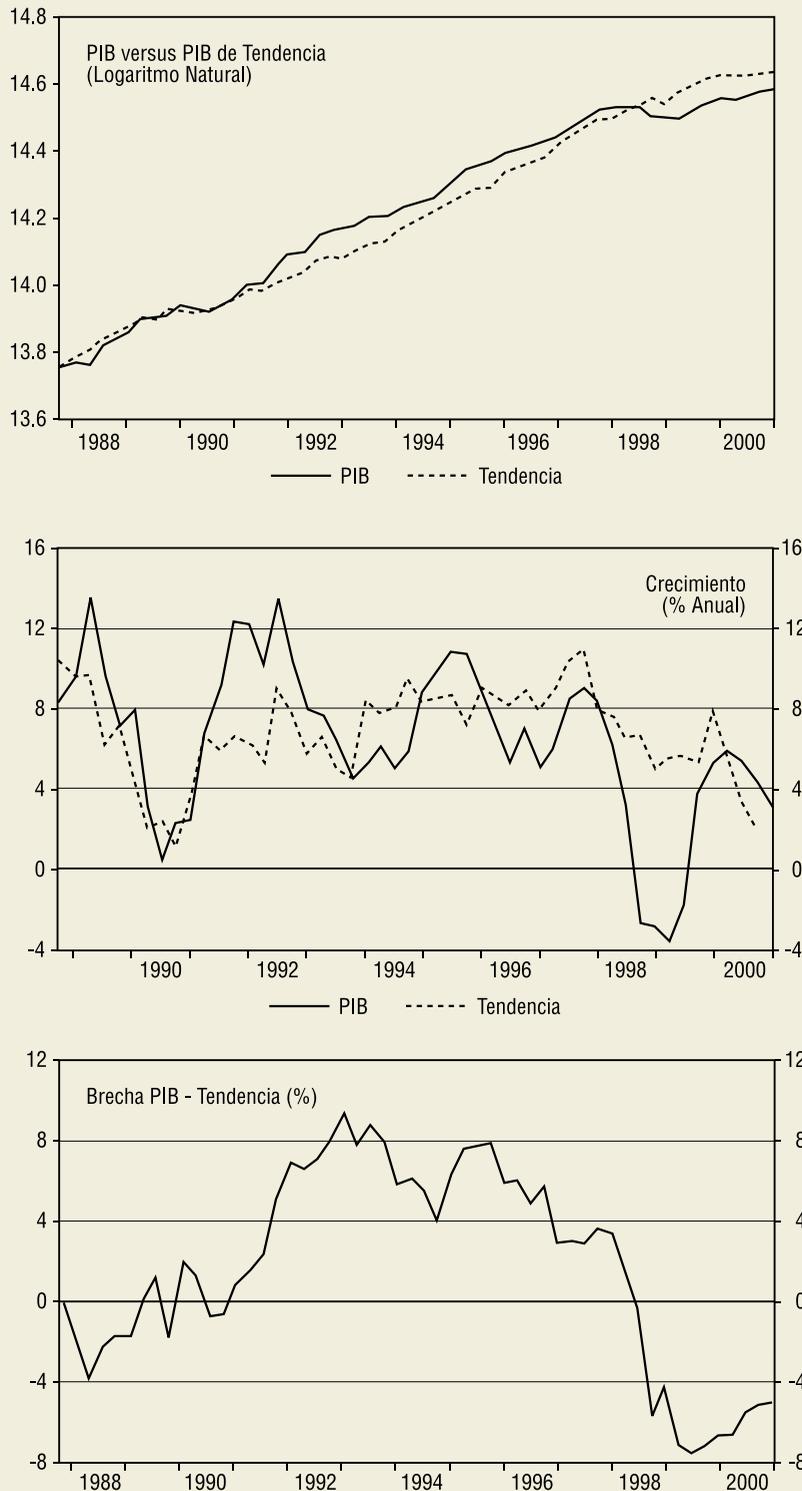
Si analizamos la proporción *producto-producto de tendencia*¹⁵ (tercera figura en cada gráfico), es posible destacar la correlación entre las brechas generadas por algunos métodos. Los estimadores en base a algunos filtros univariados (HP y kernels) presentan una alta correlación, mientras que los métodos SVAR y *wavelets* presentan una trayectoria diferente. Tal como mencionamos más arriba, la estimación por *wavelets* es la menos informativa, generando brechas que no van más allá del 1%.

Una advertencia debe plantearse antes de derivar conclusiones de resultados en apariencia tan dispares. Como se mencionó antes, los resultados obtenidos dependen de modo crucial del comportamiento de los últimos datos de la serie. Un ejercicio simple permite ilustrar estas diferencias. En el gráfico 9 se presentan los resultados de estimar el filtro HP en dos muestras: 1986-2001 y 1986-1997. El gráfico muestra que la tasa de crecimiento del producto de tendencia está influenciada significativamente por los datos de fines del período,

¹⁵ Se calcula como $(\text{PIB}_t - \text{PIB de Tendencia}) / \text{PIB de Tendencia}_t (\%)$.

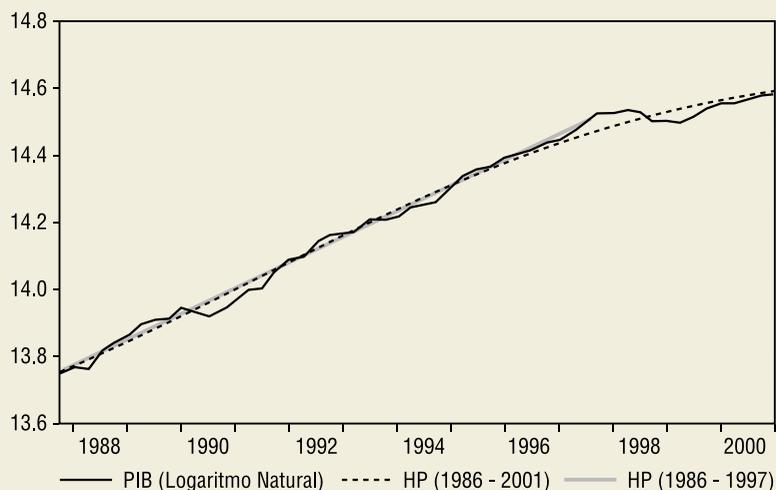
GRÁFICO 8

Producto de Tendencia:
Método de VAR Estructural



Fuente: Elaboración de los autores.

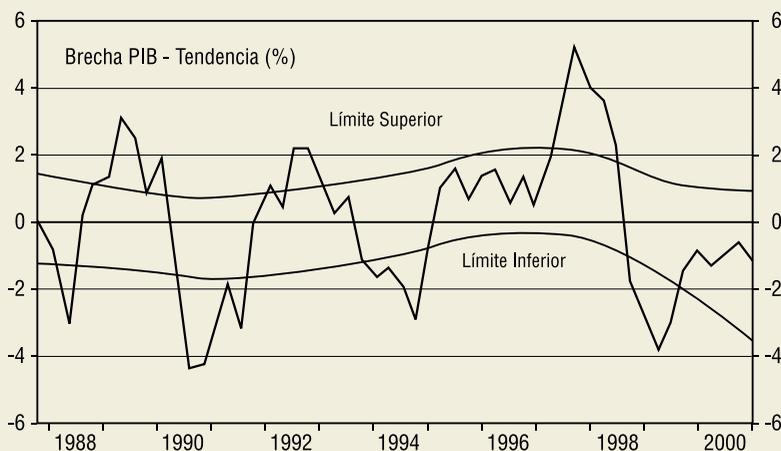
Limitaciones del Filtro de Hodrick-Prescott: Producto de Tendencia para diferentes Períodos



Fuente: Elaboración de los autores.

GRÁFICO 10

Intervalo de Confianza de 90% para Brecha PIB según Método de Hodrick-Prescott (bootstrap 5001 simulaciones)



Fuente: Elaboración de los autores.

reduciéndose las estimaciones de la tasa de crecimiento a partir de mediados de 1996 para la muestra 1986-2001. Dada la incertidumbre respecto del tipo y la persistencia del *shock* que sufrió la economía al final de la muestra sería importante generar intervalos de confianza para los valores estimados.

Un argumento similar se puede aplicar para los resultados de las estimaciones de VAR estructurales. Este trabajo toma una aproximación inicial al tema, en especial

dado que se estima un VAR simple que sólo relaciona producto y consumo de bienes no-durables. Por ejemplo, Dupasquier *et al.* (1999) presenta las estimaciones a partir de un VAR estructural utilizando diversas especificaciones. Los ejercicios de estimación del PIB de tendencia para EE.UU. y sus respectivas brechas, dejan de manifiesto la unicidad de las conclusiones. Empíricamente, dada la incertidumbre que subyace a los *shocks* estructurales y los parámetros estimados de VAR alternativos, estos autores generan intervalos de confianza para las respectivas brechas, encontrándose que las predicciones de los modelos alternativos no diferían sustancialmente. Las brechas fluctúan en torno a $\pm 2\%$, saliendo excepcionalmente de este margen definido como estadísticamente cero, y generado en base a ejercicios de *bootstrapping*.

Un ejercicio exploratorio en esta línea se efectuó con los valores estimados usando el filtro de HP y el VAR estructural. En base a ejercicios de *bootstrapping* (tomando cinco mil simulaciones), se generó un intervalo de confianza para la trayectoria de la brecha del producto en base al método de HP y al SVAR (ver gráficos 10 y 11). El intervalo es de 5% para las estimaciones derivadas del método HP y de 50% para las estimaciones del VAR. Las estimaciones del filtro de HP presentan intervalos

relativamente cerrados en torno al valor predicho, que sólo aumentan su tamaño y se hacen asimétricos hacia el final del período de análisis. Este resultado no es extraño ya que, como se mencionó antes, hacia el final del período existe una alta incertidumbre respecto de la tendencia estimada (esto es, si el *shock* negativo corresponde a un fenómeno permanente o transitorio). Esta asimetría se traduce en que hacia el final del período

se genera una banda para la brecha con límites que van de +1% a -3%. El análisis de los resultados entrega evidencia a favor de que la economía chilena ha sufrido una serie de ciclos positivos y negativos que duran entre 4 y 5 trimestres, con algunos períodos intermedios de producción en torno al producto de tendencia. La brecha que se observa hacia el final del período si bien es negativa aparece como *estadísticamente* no significativa.

El gráfico 12 presenta los intervalos de confianza para el crecimiento de tendencia estimado usando el filtro HP y el ejercicio de *bootstrapping*. Se observa un crecimiento de tendencia estable y en torno a 7.5% hasta mediados de 1995 para luego comenzar a disminuir y llegar a valores en el rango de tasas de crecimiento anuales de entre 3 y 5% (con una estimación punto de 4%) en el primer trimestre del año 2001.

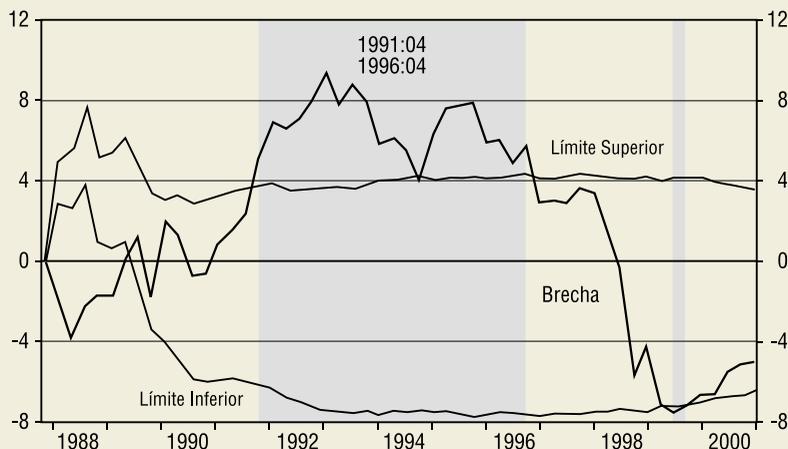
Las estimaciones de los intervalos de confianza para el VAR indican una gran asimetría en los residuos generándose una banda con límites de 4% a -8% para la brecha. Este intervalo bastante ancho refleja la incertidumbre subyacente en las estimaciones del VAR. El análisis de este intervalo entrega evidencia a favor de que desde 1992 a 1996, la economía chilena estuvo *estadísticamente* por encima de su producto de tendencia. Posteriormente, durante 1999 y hasta el primer trimestre del año 2001 esta brecha ha sido negativa.

Las estimaciones muestran que durante 1999 esta brecha alcanzó un valor de -8%, con valores cercanos a -5% en la actualidad, siguiendo una trayectoria que parece cerrarse lentamente.

Para finalizar, se intentará estudiar la bondad relativa de las diferentes estimaciones del producto de tendencia. Para ello se sigue a Cambda y Rodríguez (2001),

GRÁFICO 11

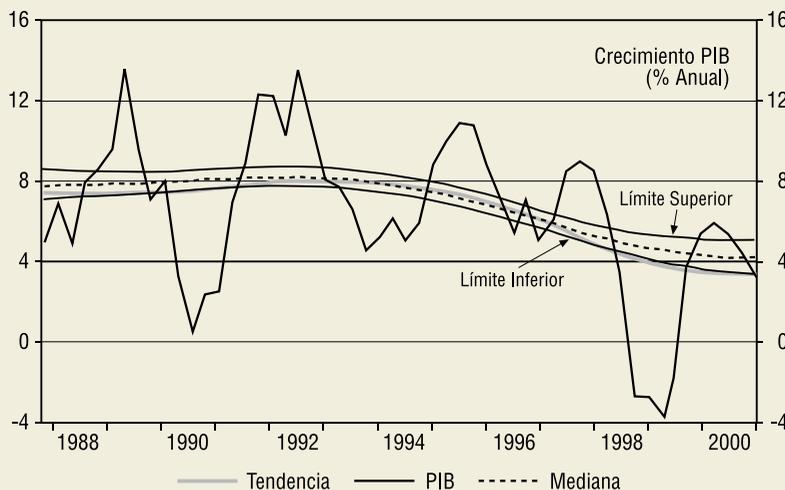
**Intervalo de Confianza de 50% para Brecha PIB:
Método de VAR Estructural
(bootstrap 5001 simulaciones)**



Fuente: Elaboración de los autores.

GRÁFICO 12

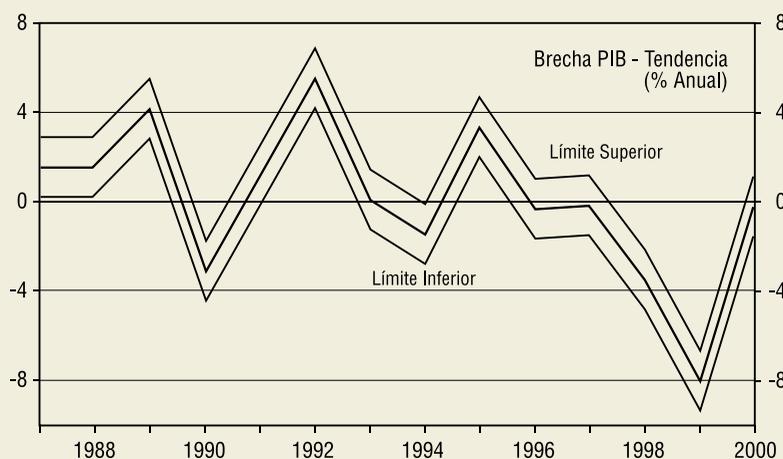
**Intervalo de Confianza de 90% para el Crecimiento de Tendencia:
Método de Hodrick-Prescott
(bootstrap 5001 simulaciones)**



Fuente: Elaboración de los autores.

quienes evalúan los diferentes métodos para identificar el producto de tendencia, de acuerdo con dos criterios: (i) el poder predictivo sobre la inflación de la brecha *producto-producto de tendencia* (luego de controlar por otros factores, en el contexto de una curva de Phillips ampliada) y (ii) la consistencia de las estimaciones con la evolución observada de la economía.

**Intervalo de Confianza de 90% para Brecha PIB:
Método de Función de Producción**



Fuente: Elaboración de los autores.

Para implementar los criterios planteados se realizaron dos ejercicios. En primer lugar se estimó una ecuación para la inflación en el espíritu de una curva de Phillips ampliada por expectativas de inflación (siguiendo a García *et al.*, 2000):

$$\pi_t = \alpha + \beta(e_t + \pi_t^*) + \chi\pi_{t+1}^e + (1 - \beta - \chi)\pi_{t-1} + \delta gap_{t-1} + \phi(\pi_t^T - \pi_t) + \varepsilon_t$$

donde π es la inflación subyacente, e es el cambio porcentual en el tipo de cambio nominal, π^* es la inflación externa, π^e corresponde a la inflación futura, gap es la brecha producto-producto de tendencia y π^T es la variación de la inflación total, α , β , χ , δ y ϕ son parámetros a estimar y los subíndices t se refieren al período de tiempo. Las estimaciones se realizaron en el período 1986-2000 y en el cuadro 4 se presenta el valor y la desviación estándar del parámetro δ estimado y el R^2 de la regresión. Se observa que la brecha que entrega mayor poder predictivo respecto de la inflación es aquella derivada del filtro HP, seguida por el VAR

estructural. Las estimaciones usando los métodos kernel no son estadísticamente significativas, aunque presentan los signos correctos y efectos de órdenes de magnitud similares a los estimados para el VAR. Cabe destacar, en todo caso, que el aporte de las medidas a la evolución de la inflación no parecen muy altas, y además, que la brecha derivada del método VAR sea estadísticamente significativa, a pesar de que corresponde sólo a un ejercicio exploratorio. Lo último sugiere que avanzar en esta línea de modelación del producto de tendencia puede ser bastante promisorio.

En el segundo ejercicio se evaluó la consistencia de las estimaciones obtenidas con la evolución observada de la economía. Para ello se compararon los resultados obtenidos de los estimadores del producto de tendencia con las estimaciones derivadas del método de funciones de producción especificado más arriba, y que representa la aproximación “más económica” a identificar el producto de tendencia. Adicionalmente, se comparó la evolución de las brechas generadas por los métodos VAR y HP, con las brechas implícitas en el método de funciones de producción (que se presentan en el gráfico 13).

Respecto de las tasas de crecimiento, el método de HP parece generar valores que se ubican en torno o sobre el límite superior del intervalo de confianza para las tasas de crecimiento generados por el método de funciones de producción (o sea de los valores estimados que son estadísticamente equivalentes), especialmente al comienzo de la muestra. Mientras que en el otro extremo, el método VAR genera estimaciones bastante volátiles y que en algunos

CUADRO 4

Estimaciones del Efecto de la Brecha Producto-Producto de Tendencia en Curva de Phillips

Método	HP	VAR	Kernel Gaussiano	Kernel Cuadrático
α estimado	0.124*	0.041*	0.047	0.042
error estándar	0.054	0.020	0.064	0.047
R^2 ajustado regresión	0.495	0.465	0.457	0.460

Nota: * indica variable estadísticamente significativa al 5%.
Fuente: Elaboración de los autores.

períodos (como el año 1990 y el período final de la muestra) se encuentran cerca o más abajo del límite inferior del intervalo de confianza estimado usando funciones de producción. Por otro lado, los métodos de kernel siguen bastante de cerca la evolución de las estimaciones usando el método de función de producción, salvo en el período final de la muestra en que se ubican bajo el límite inferior del intervalo de confianza.

Respecto de la comparación de las brechas generadas por los diferentes métodos, no parece existir un predominio claro de una estimación respecto de la otra. El método de HP tiende a reproducir de un modo más cercano los ciclos presentados en el gráfico 13 (sobre todo al comienzo del período) y las brechas estimadas usando el método SVAR replican los valores positivos para la brecha de comienzos de la década de los años noventa.

Por otro lado, es posible evaluar si los diferentes métodos tienden a replicar algunos períodos en que *ex-post* existe cierta certeza de que la economía se encontraba operando sobre o bajo su tendencia (por ejemplo, los años de crecimiento superior a 10% como 1989, 1992 y 1995, y los años de crecimiento inferior a 4% como 1990 y el período 1998-1999). En este caso, el filtro HP tiende a replicar brechas con el signo esperado en todos los períodos identificados, salvo en la expansión de 1995. Este método genera, además, estimaciones en el sentido correcto, pero algo imprecisas para el ciclo 1998-1999, pero también tiende a sobreestimar la duración del ciclo de 1990 e identifica la brecha máxima en el año 1997, período que si bien presentó una tasa de crecimiento del PIB alta, no parece tan claramente expansiva como los años de crecimiento anual superior a 10% (especialmente el año 1995). Por otro lado, el método de VAR identifica los ciclos positivos de 1992 y 1995 y un trimestre de brecha negativa en 1998.

Con todo, los criterios establecidos parecen sugerir que no existe un método inambiguamente superior al resto, aunque las estimaciones derivadas de los métodos HP y VAR parecen producir mejores estimaciones del producto de tendencia, dados los criterios de evaluación utilizados. Esto sirve para poner una nota de precaución respecto de la interpretación que se haga de los resultados derivados de los diferentes métodos utilizados en este trabajo.

Cabe mencionar que, de ser correctas las estimaciones de la evolución del nivel y de la tasa de crecimiento del producto de tendencia presentadas en este trabajo, surgen una serie de preguntas e hipótesis respecto de la evolución pasada y futura del producto, a la luz de los desarrollos teóricos y empíricos presentados en la sección II de este trabajo. En particular, se puede generar un listado de hipótesis potencialmente relevantes para explicar los fenómenos planteados (en particular, la baja en la tasa de crecimiento hacia el final del período). Por ejemplo, la potencial existencia de un proceso de convergencia en las tasas de crecimiento del producto luego de un largo período de crecimiento (en el espíritu del modelo de Jones y Manuelli, 1992, e implementado por Schmidt-Hebbel, 1998, para Chile), especialmente en el contexto de un crecimiento basado fuertemente en la explotación de recursos naturales no renovables; niveles bajos de capital humano, tanto en años de educación como especialmente en la calidad de la misma (Barro, 1999 enfatiza fuertemente este punto, mientras que Bravo y De Gregorio, 2000, destaca la potencial interrelación del capital humano con la dotación de recursos naturales); la relevancia de la combinación de *shocks* externos con mercados financieros domésticos subdesarrollados y vínculos débiles con los mercados de capitales internacionales (Caballero, 2001); la posibilidad de que las reformas estructurales implementadas en la economía tengan un rendimiento decreciente en el tiempo y/o que para que sean efectivas deben implementarse en grupos completos y no sólo individualmente; la ausencia de incentivos a la innovación tecnológica; empeoramiento del clima de negocios (inhibiendo inversión física e innovación) debido a la existencia de trabas micro e incertidumbre respecto de algunas leyes (ver en particular Djankov *et al.*, 2000, para la generación de índices que muestran la magnitud de este fenómeno para Chile); la relativa carencia de capital social (Knack y Keefer, 1997).

Una evaluación adecuada de la relevancia y de importancia de las hipótesis previamente mencionadas escapa al objetivo de este trabajo, y requeriría evaluarlas respecto de un modelo estructural de la economía que parta de un enfoque teórico basado en los desarrollos analíticos y empíricos de las teorías de crecimiento económico. Esto refuerza la idea de que un adecuado entendimiento de la evolución del nivel y de la tasa de crecimiento del producto de tendencia requiere de una combinación de métodos de cálculo del producto de

tendencia y de modelos basados en los desarrollos de las teorías de crecimiento económico.

V. CONCLUSIONES

El estudio del crecimiento de tendencia del PIB históricamente ha presentado una serie de desafíos teóricos y empíricos. Dentro de los primeros están los esfuerzos desarrollados en orden a endogeneizar, en un contexto de optimización económica, las decisiones relevantes para explicar el crecimiento económico. Mientras que dentro de los desafíos empíricos se encuentran tanto las “revoluciones” que han incrementado la capacidad de crecimiento de los países (probablemente desde que el ser humano comenzó a ser capaz de utilizar el fuego hasta la reciente revolución de las tecnologías de información), como la observación de experiencias desastrosas o afortunadas de países con relación a su crecimiento de largo plazo. Así los desarrollos teóricos y empíricos asociados al estudio del crecimiento económico de los países juegan un rol fundamental para entender la evolución del nivel y de la tasa de crecimiento del producto de tendencia.

En este trabajo se revisa, en primer lugar, el estado actual respecto de la literatura de crecimiento económico. Dicha literatura ha pasado crecientemente desde el conocido enfoque neoclásico y sus predicciones, a los enfoques de las nuevas teorías que enfatizan la acumulación endógena de tecnología y su efecto sobre el crecimiento. Este punto ha sido respaldado con una serie de trabajos recientes que enfatizan el rol del crecimiento de la productividad total de factores en el crecimiento económico de largo plazo. Dichos trabajos enfatizan, asimismo, el rol que juegan una serie de aspectos institucionales y políticas para estimular el crecimiento económico. Es importante destacar este punto, ya que entrega un marco analítico básico para entender el análisis empírico que a continuación se desarrolla, y que intenta identificar la evolución del PIB de tendencia de Chile.

Desde el punto de vista empírico, existen diversas metodologías para estimar el producto de tendencia. Por ejemplo aquellas basadas en modelos univariados, de los cuales el más difundido es el método desarrollado por Hodrick y Prescott, a pesar de que este involucra algunos inconvenientes, como por ejemplo, la generación de ciclos espurios, la subjetividad en la elección del parámetro de

suavización λ , y finalmente el supuesto de estabilidad estructural en la(s) serie(s) bajo observación.

Un enfoque de análisis que considera la interrelación de variables económicas contemporáneas se presenta en los métodos multivariados. Entre ellos destacan los métodos de Beveridge y Nelson y el enfoque de VAR estructurales, los cuales permiten incorporar información “de control” en la estimación del producto de tendencia, al considerar la evolución del consumo o de la inflación, por ejemplo.

Utilizando una selección de las metodologías presentadas en el artículo, se estima el producto de tendencia, las tasas de crecimiento implícitas y la brecha *producto-producto de tendencia* para el período de 1986 a 2001, utilizando datos trimestrales. Considerando la incertidumbre envuelta en los residuos y en el vector de parámetros estimados, las diversas estimaciones apuntan a que a fines del 2000 la brecha del producto estaría prácticamente cerrada, es decir, sería estadísticamente nula, aunque se deriva una amplia gama de estimaciones el crecimiento del producto de tendencia en el año 2000, que van entre 3 y 7%, con valores puntuales en torno a 5%.

Más allá de los valores estimados, el conjunto de métodos utilizados en este trabajo para estimar el componente tendencial del producto entregan una amplia gama de estimaciones, pero sin embargo, tienden a mostrar una disminución de las tasas de crecimiento de largo plazo de la economía chilena hacia el final del período de análisis. Una evaluación de las ventajas relativas de estos métodos queda pendiente para futuras investigaciones, a la vez que la generación de modelos que expliquen la evolución de las tasas de crecimiento de largo plazo a partir de derivaciones de los modelos de crecimiento económico revisados al comienzo de este trabajo.

REFERENCIAS

- Aghion, P. y P. Howitt (1998). *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, MA., EE.UU.: The MIT Press.
- Bank of England (1999). *Macroeconomic Models at the Bank of England*. Londres, Reino Unido: Bank of England. <http://www.bankofengland.co.uk/Links/setframe.html>

- Barro, R. (1991). "Economic Growth in a Cross-Section of Countries." *Quarterly Journal of Economics* 106(2): 407-43.
- Barro, R. (1997). *Determinants of Economic Growth: A Cross-Country Empirical Study*. Cambridge, MA., EE.UU.: The MIT Press.
- Barro, R. (1999). "Determinants of Economic Growth: Implications of the Global Experience for Chile." *Cuadernos de Economía* N° 107: 443-78. http://volcan.facea.puc.cl/economia/publicaciones/cuadernos/n107/art_rjb.pdf
- Barro, R. (2001). "Economic Growth in East Asia Before and After the Financial Crisis." NBER Working Paper N° 8330, junio. <http://papers.nber.org/papers/W8330>
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. (1995). *Economic Growth*. Nueva York, EE.UU.: Mc Graw Hill.
- Baxter, M. y R. King (1995). "Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series." NBER Working Paper N° 5022, febrero. <http://papers.nber.org/papers/W5022>
- Beveridge, S. y C. Nelson (1981). "A New Approach to the Decomposition of Economic Time Series, into Permanent and Transitory Components with Particular Attention to the Business Cycle." *Journal of Monetary Economics* 7(2): 151-74.
- Blanchard, O. y D. Quah (1989). "The Dynamic Effect of Aggregate Demand and Supply Disturbances." *American Economic Review* 79(4): 655-73.
- Braun, J. y M. Braun (1999). "Crecimiento Potencial: El Caso de Chile." *Cuadernos de Economía* N° 107: 479-517. http://volcan.facea.puc.cl/economia/publicaciones/cuadernos/n107/art_jbl_mbl.pdf
- Bravo, C. y J. De Gregorio (2000). "The Relative Richness of the Poor. Natural Resources, Human Capital and Economic Growth." Mimeo, University of California, at Berkeley, octubre.
- Brock, W. y S. Durlauf (2001). "Growth Economics and Reality." Mimeo, University of Wisconsin-Madison, marzo. <http://www.ssc.wisc.edu/econ/archive/wp2024.htm>
- Burns, A. y W. Mitchell (1944). *Measuring Business Cycles*. Nueva York, EE.UU.: National Bureau of Economic Research.
- Butler, L. (1996). "The Bank of Canada's New Quarterly Projection Model: Part 4 — A Semi-Structural Method to Estimate Potential Output: Combining Economic Theory with a Time-Series Filter." Bank of Canada Technical Report N° 77, octubre. <http://www.bankofcanada.ca/publications/techreports/tr77.pdf>
- Caballero, R. (2001). "Coping with Chile's External Vulnerability: A Financial Problem." Mimeo, MIT, mayo. http://web.mit.edu/caball/www/chile_11bmay2001.ps.pdf
- Cagliarini, A. y G. Debelle (2001). "The Effect of Uncertainty on Monetary Policy: How Good are the Brakes?" En *Monetary Policy: Rules and Transmission Mechanisms*, editado por N. Loayza y K. Schmidt-Hebbel. Santiago: Banco Central de Chile.
- Cambda-Méndez, G. y D. Rodríguez-Palenzuela (2001). "Assessment Criteria for Output Gap Estimates." European Central Bank Working Paper N° 54, abril. <http://www.ecb.int/pub/wp/ecbwp054.pdf>
- Caselli, F., G. Esquivel y F. Lefort (1996). "Reopening the Convergence Debate: A New Look at Cross-Country Growth Empirics." *Journal of Economic Growth* 1(3): 363-89.
- Chumacero, R. (2001a). "Absolute Convergence, Period." Mimeo, Banco Central de Chile, mayo. <http://www.econ.uchile.cl/rchumace/papers/growth.pdf>
- Chumacero, R. (2001b). "Testing for Unit Roots using Economics." Mimeo, Banco Central de Chile. <http://www.econ.uchile.cl/rchumace/papers/uroot.pdf>
- Chumacero, R., y J. Quiroz (1997). "Ciclos y Crecimiento en la Economía Chilena: 1985-1996." En *Análisis Empírico del Crecimiento en Chile*, editado por F. Morandé y R. Vergara. CEP/ILADES.
- Cochrane, J. (1994). "Permanent and Transitory Components of GNP and Stock Prices." *Quarterly Journal of Economics* 109(1): 241-65.
- Coe, D. T. y J. McDermott (1997). "Does the Gap Model Work in Asia?" *IMF Staff Papers* 44(1): 59-80.
- Coeymans, J. E. (1999). "Ciclos y Crecimiento Sostenible a Mediano Plazo en la Economía Chilena." *Cuadernos de Economía* N° 107: 545-96. http://volcan.facea.puc.cl/economia/publicaciones/cuadernos/n107/art_jeca.pdf
- Cogley, Tim (1997). "Evaluating Non-structural Measures of the Business Cycle." *Federal Reserve Bank of San Francisco Economic Review* N° 3: 3-21. <http://www.frbsf.org/econrsrch/econrev/97-3/3-21.pdf>
- De Brouwer, G. (1998). "Estimating Output Gaps." Research Bank of Australia Discussion Papers 9804, agosto. <http://www.rba.gov.au/rdp/rdp9809.pdf>
- De Gregorio, J. (1997) "Crecimiento Potencial en Chile: una Síntesis." En *Análisis Empírico del Crecimiento en Chile*, editado por F. Morandé y R. Vergara. Santiago, Chile: CEP/ILADES.
- De Masi, P. (1997). "IMF Estimates of Potential Output: Theory and Practice." *IMF Working Paper* N° 97177, diciembre. <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/wp97177.pdf>
- Deserres, A., A. Guay y P. St-Amant (1995). "Estimating and Projecting Potential Output Using Structural VAR Methodology: The Case of the Mexican Economy." Bank of Canada Working Paper N° 95-2, marzo. http://www.bankofcanada.ca/publications/working_papers/1995/wp95-2.pdf

- Djankov, S., R. La Porta, F. López de Silanes y A. Shleifer (2000). "The Regulation of Entry." NBER Working Paper N° 7892, septiembre. <http://papers.nber.org/papers/W7892>
- Donoho, D. (1993). "Non-Linear Wavelets Methods for Recovery of Signals, Densities and Spectra from Indirect and Noisy Data." En *Proceeding of Symposia in Applied Mathematics*, editado por I. Daubechies. American Mathematical Society. <http://www-stat.stanford.edu/~donoho/Reports/1993/ShortCourse.pdf>
- Doppelhofer, G., R. Miller y X. Sala-i-Martin (2000). "Determinants of Long-Term Growth: A Bayesian Averaging of Classical Estimates (BACE)." NBER Working Paper N° 7750, junio. <http://papers.nber.org/papers/W7750>
- Dupasquier, C., A. Guay y P. St-Amant (1999). "A Survey of Alternative Methodologies for Estimating Potential Output and the Output Gap." *Journal of Macroeconomics* 21(3): 577-95.
- Durlauf, S. y D. Quah (1999). "The New Empirics of Economic Growth." En *Handbook of Macroeconomics*, editado por J. Taylor y M. Woodford. Nueva York, EE.UU.: Elsevier Science, North-Holland.
- Easterly, W. (2001). "The Lost Decades: Developing Countries' Stagnation in Spite of Policy Reform 1980-1998." *Journal of Economic Growth* (por publicarse). http://www.worldbank.org/research/growth/pdffiles/lost%20decades_joeg.pdf
- Easterly, W. y R. Levine (2001). "It's not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models." Mimeo, Banco Mundial, abril. <http://www.worldbank.org/research/growth/pdffiles/Solow%20comment%20042301.pdf> <http://www.worldbank.org/research/growth/pdffiles/fact%20final.pdf>
- Evans, G. y L. Reichlin (1994). "Information, Forecasts, and Measurement of the Business Cycle." *Journal of Monetary Economics* 33(2): 233-54.
- Gaiduch, V. y B. Hunt (2000). "Inflation Targeting under Potential Output Uncertainty." Reserve Bank of New Zealand Discussion Paper Series 2000/08, abril. http://www.rbnz.govt.nz/research/discusspapers/dp00_8.pdf
- García, P., L. Ó. Herrera y R. Valdés (2000). "New Frontiers for Monetary Policy in Chile." Mimeo, Banco Central de Chile, noviembre. <http://www.bcentral.cl/Estudios/Conferencias/2000/Garcia.pdf>
- Giorno, C., P. Richardson, D. Roseveare y P. van den Noord (1995). "Estimating Potential Output, Output Gaps and Structural Budget Balances." OECD Economics Department Working Papers N° 152, febrero. <http://www.oecd.org/eco/wp/edwp152.pdf>
- Gordon, R. (2000). "Does the 'New Economy' Measure up to the Great Inventions of the Past?" *Journal of Economic Perspectives* 14(4): 49-74.
- Grossman, G. y E. Helpman (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA, EE.UU.: The MIT Press.
- Harvey, A. C. y A. Jaeger (1993). "Detrending, Stylized Facts and the Business Cycle." *Journal of Applied Econometrics* 8(3): 231-47.
- Herrera, L. Ó. y E. López, (1998). "Reestimación del Crecimiento Potencial a partir de la Revisión de Cuentas Nacionales." Mimeo, Banco Central de Chile, mayo.
- Hodrick, R. J. y E. C. Prescott (1997). "Postwar US Business Cycles: An Empirical Investigation." *Journal of Money, Credit, and Banking* 29(1): 1-16.
- Johnson, C. (2000). "Un Modelo de Switching para el Crecimiento en Chile." Documento de Trabajo N° 84, Banco Central de Chile, noviembre. <http://www.bcentral.cl/Estudios/DTBC/84/dtbc84.pdf>
- Jones, L. y R. Manuelli (1992). "Finiter Lifetimes and Growth." *Journal of Economic Theory* 58(2): 171-97.
- Jorgenson, D. (2001). "Information Technology and the U.S. Economy." *American Economic Review* 91(1): 1-32.
- Jorgenson, D. y K. Stiroh (2000). "Raising the Speed Limit: US Economic Growth in the Information Age." *Brookings Papers on Economic Papers* N° 1: 125-211.
- Kichian, M. (1999). "Measuring Potential Output within a State-Space Framework." Bank of Canada Working Paper N°99-9, abril. http://www.bankofcanada.ca/publications/working_papers/1999/wp99-9.pdf
- Knack, S. y P. Keefer (1997). "Does Social Capital Have an Economic Payoff? A Cross-Country Investigation." *Quarterly Journal of Economics* 112(4): 1251-88.
- Kremer, M., A. Onatski y J. Stock (2001). "Searching for Prosperity." NBER Working Paper N° 8250, abril. <http://papers.nber.org/papers/W8250>
- Kuttner, K. (1994). "Estimating Potential Output as a Latent Variable." *Journal of Business and Economic Statistics* 12(3): 361-68.
- Lansing, K. (2001). "Learning About a Shift in Trend Output: Implications for Monetary Policy and Inflation." Working Papers in Applied Economic Theory N° 2000-16. Federal Reserve Bank of San Francisco, enero. <http://www.frbsf.org/econsrch/workingp/2000/wp00-16bk.pdf>
- Levine, R. y D. Renelt (1992). "A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions." *American Economic Review* 82(4): 942-63.
- Longworth y O'Reilly (2001). "The Monetary Policy Transmission Mechanism and Policy Rules in Canada." En *Monetary Policy: Rules and Transmission Mechanisms*, editado por N. Loayza y K. Schmidt-Hebbel. Santiago: Banco Central de Chile.

- Lucas, R. (1988). "On the Mechanisms of Economic Development." *Journal of Monetary Economics* 22(1): 33-42.
- Mankiw, G., D. Romer y D. Weil (1992). "A Contribution to the Empirics of Economic Growth." *Quarterly Journal of Economics* 107(2): 407-32.
- Marfán, M. y L. Bosworth (1994). "Saving, Investment, and Growth." En *The Chilean Economy: Policy Lessons and Challenges*, editado por L. Bostworth, R. Dornbusch y R. Labán. Washington, D.C.: Brookings Institution.
- Nordhaus, W. (2001) "Productivity Growth and the New Economy." NBER Working Paper N° 8096, enero. <http://papers.nber.org/papers/W8096>
- Oliner, S. y D. Sichel (2000). "The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?" *Journal of Economic Perspectives* 14(4): 3-22.
- Parente, S. y E. Prescott (1999). "Monopoly Rights: A Barrier to Riches." *American Economic Review* 89(5): 1216-33.
- Prescott, E. (1998) "Needed: A Theory of Total Factor Productivity." *International Economic Review* 39(3): 525-51.
- Pritchett, L. (2000). "Understanding Patterns of Economic Growth: Searching for Hills among Plateaus, Mountains, and Plains." *World Bank Economic Review* 14(2): 221-50. <http://www.worldbank.org/research/journals/wber/revmay00/pdf/Article1.pdf>
- Rebelo, S. (1991). "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth." *Journal of Political Economy* 99(3): 500-21.
- Rodrik, D. (2001) "Analytical Country Studies on Economic Growth." Mimeo, Harvard University, abril. <http://ksghome.harvard.edu/~drodrik.academic.ksg/intro%20to%20growth%20conference.doc>
- Rojas, P. E. López y S. Jiménez (1997). "Determinantes del Crecimiento y Estimación del Producto Potencial en Chile: El Rol del Comercio Internacional." En *Análisis Empírico del Crecimiento en Chile*, editado por F. Morandé y R. Vergara. Santiago, Chile: CEP/ILADES.
- Roldós, J. (1997). "El Crecimiento del Producto Potencial en Mercados Emergentes: El Caso de Chile." En *Análisis Empírico del Crecimiento en Chile*, editado por F. Morandé y R. Vergara. Santiago, Chile: CEP/ILADES.
- Sala-i-Martin, X. (1997). "I Just Ran Two Million Regressions." *American Economic Review* 87(2): 178-83.
- Scacciavillani, F. y P. Swagel (1999). "Measures of Potential Output: An Application to Israel." IMF Working Paper N°96, julio. <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/1999/wp9996.pdf>
- Schmidt-Hebbel, K. (1998). "Chile's Takeoff: Facts, Challenges, Lessons." Documento de Trabajo N° 34, Banco Central de Chile, abril. <http://www.bcentral.cl/Estudios/DTBC/34/34.htm>
- Segerstrom, P. (1998). "Endogenous Growth without Scale Effects." *American Economic Review* 88(5): 1290-310.
- Solow, R. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth." *Quarterly Journal of Economics* 70(1): 65-94.
- Solow, R. (2001). "Applying Growth Theory Across Countries." *World Bank Economic Review* 15(2). <http://www.worldbank.org/research/growth/pdffiles/Solow%20comment%20042301.pdf>
- Stiroh, K. (2001). "What Drives Productivity Growth." *FRBNY Economic Policy Review* 7(1): 37-59. http://www.ny.frb.org/rmaghome/econ_pol/1200stir.pdf
- Swan, T. (1956). "Economic Growth and Capital Accumulation." *Economic Record* 32 (noviembre): 334-61.
- Temple, J. (1999). "The New Growth Evidence." *Journal of Economic Literature* 37(1): 112-56.
- Temple, J. (2000). "Summary of an Informal Workshop on the Causes of Economic Growth". OECD Working Paper N° 260, octubre. [http://www.oalis.oecd.org/oalis/2000doc.nsf/linkto/eco-wkp\(2000\)33](http://www.oalis.oecd.org/oalis/2000doc.nsf/linkto/eco-wkp(2000)33)
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Reading, Massachusetts, EE.UU.: Adison-Wesley.
- Turnovsky, S. (2000). "Growth in an Open Economy: Some Recent Developments." Mimeo, University of Washington, abril. http://www.econ.washington.edu/user/sturn/Pub_Exp_and_stoch_grow.pdf

ANEXO

METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS
PARA IDENTIFICAR EL PRODUCTO
DE TENDENCIA

En este anexo se complementa la discusión de la sección III de este artículo, presentándose una serie de detalles técnicos respecto de las metodologías existentes para identificar el producto de tendencia.

1. Enfoque de la Función de
Producción

Esta metodología define un nivel de producto asociado a una relación tecnológica del tipo $y = F(L, K, PTF)$ donde y es el nivel de producto de tendencia, L representa el empleo consistente con una tasa natural de desempleo, K define una tasa de uso de capital normal y PTF la productividad total de factores de tendencia. Una ventaja de este enfoque es que permite descomponer explícitamente los determinantes del crecimiento en términos de sus factores contribuyentes, sin embargo, la estimación de la función requiere de información muchas veces no disponible, como el capital, o directamente no observables, como la productividad de los factores.

Empíricamente, es necesario asumir una forma funcional específica para la función de producción, por ejemplo, una Cobb-Douglas, y el factor tecnológico (TFP) se genera a partir de descontar del producto el aporte directo del uso de los factores.

Un enfoque más global consiste en identificar los factores que expliquen el crecimiento mediante la estimación un sistema de ecuaciones que incluya una función de producción.¹ Este enfoque tiene la ventaja de poder incorporar factores estructurales como la tasa de sindicalización, existencia de seguros de desempleo, vigencia de leyes de salarios mínimos, estructura tributaria, características demográficas (composición de la fuerza de trabajo), e inversión en investigación y desarrollo, por mencionar sólo algunas. Sin embargo, al igual que para el caso de la estimación uniecuacional de la función de producción, requiere de gran cantidad de información que no siempre está disponible, y la capacidad explicativa que ofrece el modelo tiene la desventaja de que requiere estabilidad en las relaciones de comportamiento estimadas.²

2. Métodos de Descomposición
Univariados

Los también denominados *enfoques univariados mecánicos*, imponen una estructura estadística que fuerza una descomposición de la serie en básicamente dos factores, uno de carácter transitorio que se identifica como la brecha del producto (*gap*) y el otro de comportamiento más permanente o de largo plazo.³ Coe y McDermott (1997) estudian la validez de los modelos de brechas producto-producto de tendencia para economías asiáticas con una metodología mejorada del filtro de Hodrick y Prescott (HP), encontrando sustento a la idea que estas brechas son capaces de explicar inflaciones futuras para países asiáticos.

Enfoque de tendencia segmentada

Esta metodología consiste en analizar la existencia de quiebres estructurales⁴ para la serie de producto de manera de identificar diferentes tasas de crecimiento del producto de tendencia. Usualmente se tiene la idea de que el componente de tendencia del producto es determinístico. Si bien esta metodología produce estimadores que, haciendo explicables los quiebres, son fáciles de entender, es muy vulnerable a la imposición de quiebres exógenos, siendo muy sensibles las conclusiones a los períodos escogidos y a la metodología utilizada en su selección.

Filtro de Hodrick-Prescott (HP)

Una metodología ampliamente utilizada se conoce como el filtro de Hodrick y Prescott (1997). En un análisis empírico del ciclo económico de postguerra para Estados Unidos, los autores diseñan un filtro que extrae la tendencia de una serie y que tiene la ventaja de “seguir visualmente” de cerca la evolución

¹ Un sistema tradicional consideraría una ecuación de salarios reales, una ecuación de desempleo (curva de Phillips), un modelo de proyección de inflación, demanda agregada, entre otras.

² Para una aplicación reciente revisar De Masi (1997).

³ Una aplicación popular de esta idea se visualiza en la estimación del efecto de la brecha producto-producto de tendencia sobre la inflación futura en el espíritu de una curva de Phillips ampliada por expectativas de inflación (ver resultados en la sección IV).

⁴ Utilizando test de residuos recursivos u otro test de quiebre estructural.

de una serie. El filtro de HP es un filtro lineal, que se asemeja a un filtro de baja frecuencia o espectral, que aísla los componentes de baja frecuencia asociados con movimientos de largo plazo tales como sería el crecimiento del producto de tendencia. El método consiste en minimizar las desviaciones del producto de tendencia del actual (y^*), sujeto a que las variaciones del producto de tendencia no supere cierto porcentaje en dos períodos sucesivos. La expresión a minimizar expresada en su forma original es:

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\ln y_t - \ln y_t^*)^2 + \frac{\lambda}{T} \sum_{t=2}^{T-1} \left(\begin{array}{l} (\ln y_{t+1}^* - \ln y_t^*) \\ -(\ln y_t^* - \ln y_{t-1}^*) \end{array} \right)^2 \quad (\text{HPF})$$

lo cual determina que el producto de tendencia filtrado corresponda a:

$$y^* = (I_T + \lambda(P' P))^{-1} \cdot y$$

$$P = \begin{bmatrix} I_{T-2} & 0_{T-2 \times 2} \end{bmatrix} - 2 \cdot \begin{bmatrix} 0_{T-2 \times 1} & I_{T-2} & 0_{T-2 \times 1} \end{bmatrix} \quad (\text{HP})$$

$$+ \begin{bmatrix} 0_{T-2 \times 2} & I_{T-2} \end{bmatrix}$$

donde T es el tamaño de la muestra, y λ es un factor de ponderación que define el grado de suavización de la tendencia, tomando típicamente valores de 100 para datos anuales y 1600 ó 14400 para datos trimestrales o mensuales, respectivamente. Los valores considerados para el parámetro λ por Hodrick y Prescott cumplen con el objetivo de remover ciclos de duración más corta que ocho años, basándose en Burns y Mitchell (1944) quienes encuentran que para EE.UU. la mayor parte de los ciclos económicos se ubican en torno a esa duración.

La experiencia indica que al aplicar esta técnica, las desviaciones del producto efectivo sobre el de tendencia alcanzan a cerca de 3% para países asiáticos ascendiendo a 5% para países latinoamericanos, encontrándose, además, una fuerte precedencia estadística a inflaciones futuras para países como México o algunos países asiáticos emergentes.

Sin embargo, esta metodología tiene sus desventajas. Una primera crítica proviene de asumir la existencia de condiciones relativamente estables sobre un período extenso de tiempo, quitándole importancia a quiebres estructurales o cambios de régimen.

Segundo, la elección del parámetro de suavización λ es ambigua. Harvey y Jaeger (1993) evalúan las desventajas de utilizar el filtro de HP para series de producto, precios, y dinero para EE.UU., concluyendo que esta metodología impone ciclos espurios en las series filtradas, lo cual induciría a conclusiones inexactas acerca de las correlaciones de corto plazo de series económicas filtradas. Por último, posee la desventaja de ser muy dependiente de las primeras y últimas observaciones para los cálculos de las tendencias de esos períodos. En la práctica, algunos estudios utilizan proyecciones del producto para los períodos posteriores a los últimos datos disponibles,⁵ para así tener una mejor estimación del producto de tendencia de estos últimos períodos (Coe y McDermott, 1997).

Band-Pass filter de Baxter y King (BK)

Este filtro desarrollado por Baxter y King (1995), tiene el objetivo de aislar fluctuaciones de ciclos económicos que persisten por períodos de dos a ocho años, intervalo que corresponde a la definición del NBER (Burns y Mitchell, 1944) de lo que podría durar un ciclo en Estados Unidos. Considerando esta definición de ciclo, la metodología efectúa un filtrado de los componentes de la serie con fluctuaciones de entre seis y treinta y dos trimestres, removiendo los componentes de mayor y menor frecuencia, es decir, eliminando componentes que se mueven lentamente (tendencia) y componentes que se mueven rápidamente (ruidos), dejando así aislado el elemento cíclico de la serie.

Baxter y King demostraron que no existen grandes diferencias de los ciclos generados por su filtro versus el de Hodrick-Prescott, en todo caso la serie filtrada por HP tiende a ser menos suave (*smooth*). Sin embargo, aún persisten ventajas metodológicas. Una comparación efectuada por los autores deja en claro que la ventaja de este método, por sobre el HP, consiste en que no es necesario que el investigador escoja un parámetro de suavización λ cuando cambia la frecuencia de la serie. Además, se encuentra que los valores típicamente usados de λ (100, 400) para versiones anuales del filtro HP, producen aproximaciones pobres con relación al verdadero ciclo, y finalmente se refuerza la idea de que es muy poco concluyente el considerar toda la muestra si es que se quiere analizar los extremos de

⁵ *Proyecciones del World Economic Outlook del Fondo Monetario Internacional.*

la serie, lo cual hace recomendable no considerar al menos tres años de observaciones al inicio y al final de la muestra. Esta recomendación claramente es una desventaja cuando los *policy-makers* están interesados en conocer el nivel actual del producto de tendencia o la brecha *producto-producto de tendencia (gap)*.

Running media smoothing

Esta metodología propuesta inicialmente por Tukey (1977) consiste en obtener la mediana de los valores que están en un segmento móvil de la muestra, denominada técnicamente “ventana de datos” (*window data*). Esta técnica tiene la característica de que remueve aquellas observaciones que no están cerca de la mayoría en el segmento o ventana analizado⁶, y le quita ponderación a aquellas observaciones extremas.

Filtros de Wavelets

Esta metodología es desarrollada en múltiples artículos por Donoho (1993), y ha sido aplicada a datos de producto de Israel por Scacciavillani y Swagel (1999).

Este filtro “limpia” (*de-noising*) una serie que posee componentes aleatorios, descomponiéndola en funciones específicas que cumplen con comportamientos similares a las utilizadas en las transformaciones de Fourier. Tiene la ventaja de que no posee la rigidez de la metodología del filtro de HP al no requerir de supuestos acerca de la regularidad de los ciclos o fluctuaciones, a diferencia de los métodos de Fourier que asumen una evolución suave y forzada de las series analizadas, basadas en combinaciones de funciones matemáticas de senos y cosenos.

Análiticamente esta metodología descompone la serie en una onda (*wavelet*) y un ruido (de aquí el concepto *de-noising*) a través de aplicar una técnica denominada *waveshrink*⁷. Es decir y_t se descompone en $y_t = y_t^* + \varepsilon_t$ donde y_t^* representa la onda (*wavelet*) y ε_t el ruido. El procedimiento consiste en superponer una serie de funciones que representan ondas que provienen de la serie de producto observado. Una vez estimadas estas funciones se procede a eliminar aquellos coeficientes que explicarían movimientos cíclicos (transitorios) de la serie, reconstruyendo la señal de tendencia

(permanente), utilizando solamente los coeficientes remanentes en la ecuación estimada.

Su desventaja proviene de la sofisticación del método, pues en la práctica existe una gran cantidad de funciones o tipos de *wavelets* de las cuales escoger, sin quedar claro por qué sería conveniente un conjunto de funciones en lugar de otro⁸.

Estimación no-paramétrica: regresión kernel

Un método de suavización no-paramétrico es el de la regresión *kernel*. Este método no descansa en ninguna forma funcional específica que represente los datos (ecuación matemática), sino que toma la información y la pondera según algún criterio de manera de replicar “gráficamente” de mejor forma la serie.

El modelo de regresión kernel más simple corresponde al estimador de Nadaraya-Watson que se representa por:

$$y_t^* = \frac{\sum_{i=1}^{i=T} \omega(x_i, x_t, \phi) \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{i=T} \omega(x_i, x_t, \phi)} \quad (\text{KR})$$

donde y_t representa el producto actual y y_t^* el producto de tendencia. El ponderador ω tiene como argumento x_i , x_t y ϕ , los cuales son en nuestro caso las posiciones de la serie de producto y el parámetro de suavización respectivamente, es decir:

$$\omega(x_i, x_t, \phi) = \begin{cases} e^{-\phi \cdot D_{it}^2} \\ \frac{1}{\phi \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-D_{it}^2 / 2\phi^2} \end{cases} \quad (\text{kernel})$$

donde el primer kernel se denomina *cuadrático*, mientras el segundo se conoce como el kernel *gaussiano* (proviene de una función de distribución

⁶ Revisar Scacciavillani y Swagel (1999) para una aplicación de este método en Israel.

⁷ El desarrollo resumido de esta metodología se puede encontrar en el apéndice de Scacciavillani y Swagel (1999).

⁸ El programa MATLAB posee una barra de herramientas para estimar wavelets, donde queda de manifiesto la inmensa cantidad de opciones disponibles para aplicar el método. Una de ellas se aplica para el caso chileno en la sección IV de este trabajo.

Normal). D_{it} representa la distancia entre los puntos i y t , mientras que ϕ es el parámetro de suavización.

Este método tiene la ventaja de que es simple de implementar, sin embargo, su principal inconveniente es que existen diversas especificaciones de funciones de suavización disponibles, las cuales a su vez deben ser especificadas con valores específicos de parámetros claves, como en este caso el parámetro ϕ , todo lo cual hace que esta metodología tenga un gran componente discrecional⁹.

3. Métodos de Descomposición Multivariados

Una crítica común a los métodos univariados presentados en la sección anterior, emerge de su naturaleza eminentemente estadística y mecánica, que deja de lado consideraciones económicas como, por ejemplo, la interacción que puede darse entre el producto y otras variables macroeconómicas. La idea de esta insuficiente especificación de los modelos univariados trasladó la atención hacia metodologías de descomposición multivariadas, las cuales relacionan un conjunto de variables con el producto, de manera de capturar con mayor certeza los componentes permanentes de esta última serie. Esta sección revisa los principales métodos de descomposición multivariados.

Descomposición de Cochrane

Como una forma de generar descomposiciones permanentes y transitorias que puedan ser interpretadas sobre la base de sistemas estructurales, Cochrane (1994) desarrolló un método fundado en la teoría del ingreso

permanente, utilizando el consumo como una herramienta fundamental en la determinación del componente de tendencia del producto.

Cochrane (1994) utiliza un vector autorregresivo de dos variables (producto y consumo) para identificar componentes transitorios y permanentes del producto. Dado que la teoría del ingreso permanente implica que el consumo sigue un proceso de camino aleatorio (con tasa de interés real estable), y que existe un proceso de cointegración entre el producto y el consumo, entonces fluctuaciones del producto más allá de las implícitas en la evolución del consumo deben ser interpretadas como transitorias.¹⁰

Análiticamente, la representación de media móvil del sistema producto-consumo (en logs) cuando este último sigue un camino aleatorio será¹¹:

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= \theta_y + B_y(1) \cdot \varepsilon_t + B_y^*(L) \cdot \varepsilon_t \\ \Delta c_t &= \theta_c + B_c(1) \cdot \varepsilon_t \end{aligned} \tag{CO}$$

Sin embargo, si consideramos la condición de cointegración entonces $\theta_y = \theta_c$ y $B_y(1) = B_c(1)$, con lo cual, el segundo componente de la ecuación del producto determinará el componente transitorio de la serie, dejando así que la variación del consumo explique el componente permanente o de tendencia, es decir, si $\Delta y_t = \Delta c_t + B_y^*(L) \cdot \varepsilon_t$, entonces el producto de tendencia se representaría por $\Delta y_t^* = \Delta c_t$.

Método multivariado de Beveridge-Nelson

Esta metodología es desarrollada originalmente por Beveridge y Nelson (1981) para modelos univariados. Sin embargo, Evans y Reichlin (1994) y Dupasquier *et al.* (1999) implementan una versión multivariada (MBN) del proceso de descomposición. Evans y Reichlin demuestran que las estimaciones del proceso univariado no explican claramente las recesiones definidas por el NBER, no así los procesos multivariados, los cuales efectivamente replican estas desviaciones del producto del de tendencia.

Siguiendo la notación del modelo de descomposición de Cochrane, este método define al producto de tendencia como el nivel de producto que se obtiene una vez que se han despejado todos los componentes dinámicos transitorios de la serie original de producto, es decir:

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= \theta_y + B_y(1) \cdot \varepsilon_t + B_y^*(L) \cdot \varepsilon_t \\ \Delta y_t^* &= \theta_y + B_y(1) \cdot \varepsilon_t \end{aligned} \tag{MBN}$$

⁹ Coe y McDermott (1997) implementan esta metodología para analizar si la brecha del producto (estimada en este caso por una regresión kernel) era capaz de explicar las inflaciones futuras de países asiáticos. Sus resultados demostraron que efectivamente para muchos países de la región (Australia, Hong-Kong, India, Indonesia, Japón, Korea, Malasia, Nueva Zelanda, Filipinas, Singapur y Taiwán) el modelo de brecha era el adecuado para explicar la inflación, exceptuándose esta relación para los casos de China y Tailandia.

¹⁰ Desde el punto de vista empírico, el hecho de que exista incertidumbre anula en parte la independencia entre los niveles de consumo e ingreso contemporáneos, efecto que se ve fortalecido de existir restricciones de liquidez, las cuales evitan la suavización del consumo resultante de las ecuaciones de optimización (condiciones Euler) del agente representativo.

¹¹ $B(L)$ representa la matriz de polinomios de rezagos, es decir, $B(L) = \sum_{i=0}^{\infty} B_i L^i$, mientras que $B(1)$ y $B'(L)$ se representan por: $B(1) = \sum_{i=0}^{\infty} B_i$ y $B'(L) = B(L) - B(1)$.

donde el producto de tendencia se representa por un camino aleatorio con *drift*, y al igual que en el modelo de Cochrane, $B_y(1)$ se genera a partir de la estimación del VAR reducido. Cogley (1997) efectúa una evaluación de métodos alternativos (Cochrane, Hodrick-Prescott, Baxter-King y Beveridge-Nelson), basados en series generadas de un modelo de ciclos reales (RBC). Sus resultados favorecen el uso de la metodología de Cochrane, al ser capaz de replicar de mejor forma la tendencia de la serie de producto generada artificialmente. Además, demuestra que, al utilizar datos de producto para EE.UU., este es el mejor método en replicar las recesiones siguiendo la definición estándar del NBER.

VAR estructurales (SVAR)

Al igual que los métodos de Cochrane y Beveridge y Nelson, esta metodología considera las relaciones existentes entre la inflación y la evolución del producto, para distinguir aquellos movimientos transitorios de los permanentes. En el espíritu de los modelos multivariados, este método, originado entre otros por Blanchard y Quah (1989), distingue si un incremento del producto tiene implicancias inflacionarias o no. Si se incrementa la inflación quiere decir que la economía está en sobre su crecimiento de tendencia, sin embargo, si no existen presiones inflacionarias, entonces la economía se encontraría bajo su crecimiento de tendencia, lo cual tiene diferentes implicancias de política (Ver Recuadro A1 para más detalles).

RECUADRO A1

VAR Estructural

De manera críptica esta metodología consiste en relacionar los residuos estructurales (ε_t) con los muestrales del vector autorregresivo (e_t). El modelo estructural se representaría por una media móvil $MA(\infty)$ de la forma:

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= A_0 \cdot \varepsilon_t + A_1 \cdot \varepsilon_{t-1} + \dots \\ &= \sum_{i=1}^{\infty} A_i \cdot \varepsilon_{t-i} = A(L) \cdot \varepsilon_t \end{aligned} \quad (\text{MA-SVAR})$$

donde $A(L)$ representa a la matriz de polinomios de rezagos y Δy representa el vector de variables integradas de orden cero, $I(0)$, o estacionarias. Por construcción se asume que la matriz de varianzas y covarianzas de los shocks estructurales se representa por la matriz identidad, es decir: $E(\varepsilon\varepsilon') = I$.

Para identificar los parámetros de este modelo estructural se estima su forma autorregresiva reducida con p rezagos VAR(p):

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= \Theta_1 \cdot \Delta y_{t-1} + \Theta_2 \cdot \Delta y_{t-2} \\ &+ \dots + \Theta_p \cdot \Delta y_{t-p} + e_t \end{aligned} \quad (\text{VAR})$$

donde Θ_i representa la matriz de rezagos polinomiales estimada. La matriz de varianzas y covarianzas estimada se denota por $E(ee') = \Psi$.

Dado que el proceso estocástico estimado anterior es estacionario, entonces podemos representar al VAR(p) como un proceso de media móvil con infinitos rezagos (*Teorema de Descomposición de Wold*), es decir, un $MA(\infty)$:

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= e_t + C_1 \cdot e_{t-1} + \dots \\ &= \sum_{i=1}^{\infty} C_i \cdot e_{t-i} = C(L) \cdot e_t \end{aligned} \quad (\text{MA-VAR})$$

lo cual finalmente nos permite relacionar los residuos estructurales con los muestrales o estimador a través de la siguiente expresión:

$$e_t = A_0 \cdot \varepsilon_t$$

lo cual implica que $E(ee') = A_0 \cdot E(\varepsilon\varepsilon') \cdot A_0' = A_0 A_0' = \Psi$. Luego finalmente para identificar los shocks estructurales (ε) a partir de la información contenida en la estimación del VAR(p), es decir a partir de los residuos muestrales (e) y la matriz de varianzas y covarianzas estimada Ψ , necesitamos identificar suficientes parámetros o restricciones de la matriz A_0 . Para esto tomamos la matriz simétrica Ψ que nos entrega $n \cdot (n + 1)/2$ estimadores de A_0 (n es el número de variables en el VAR), restando solamente $n \cdot (n - 1)/2$ restricciones que imponer para completar la matriz A_0 . Una vez identificada A_0 se procede a identificar la matriz de efectos de largo plazo de los shocks del modelo reducido,¹ $C(1)$, para relacionarla con su matriz equivalente del modelo estructural $A(1)$, a través de $A(1) = C(1)A_0$. El proceso final consiste en identificar e imponer restricciones de largo plazo, es decir, sobre $A(1)$, considerando, la matriz de polinomios $C(1)$ estimada a partir del VAR, la parte conocida de A_0 , y finalmente restricciones de cointegración y teoría macroeconómica sobre relaciones de largo plazo entre las variables.²

¹ $C(1)$ se obtiene de la estimación del VAR(p) y corresponde al valor del polinomio $C(L)$ cuando $L=1$.

² La restricción usual de largo plazo es que shocks de demanda no causan efectos permanentes sobre el producto, o que los shocks de oferta tienen efecto permanente sobre el producto.

A diferencia de los métodos anteriores, la utilización de un VAR estructural asume la identificación de restricciones de los impactos de los *shocks* sobre las variables que se analizan a largo plazo, dejando inalteradas las dinámicas a corto plazo. Por ejemplo, uno podría incorporar la restricción que un *shock* de demanda tiene efectos de largo plazo sobre el nivel de precios sin afectar el producto, mientras que un *shock* de oferta puede producir impactos de largo plazo sobre ambas variables.¹²

A diferencia de los modelos MBN y Cochrane, la metodología de SVAR tiene la ventaja de que impone cierta dinámica al proceso de difusión de los *shocks* permanentes, no imponiendo ninguna estructura tipo camino aleatorio sobre el producto de tendencia, lo cual permite incorporar formalmente la intuición de que los *shocks* permanentes sí tienen un proceso de difusión desde que ocurren hasta que se incorporan plenamente en el producto de tendencia.¹³ Una ventaja adicional consiste en que no posee los problemas de dependencia de inicios y fines de muestras. Una desventaja de esta metodología proviene de que en la práctica, el intervalo de confianza que se obtiene para el producto de tendencia es muy amplio, y además muy sensible a la muestra y las variables consideradas en el SVAR.

¹² Scacciavillani y Swagel (1999) aplican la metodología de los SVAR a Israel, mientras que Deserres et al. (1995) la aplican a México.

¹³ Por ejemplo, los *shocks* tecnológicos se absorben gradualmente por la economía. Fenómenos como costos de ajuste para el capital y el trabajo, procesos de aprendizaje (learning), formación de hábitos, y time to build son algunos de los motivos que indicarían la existencia de un proceso de difusión lento de los *shocks* hacia el producto de tendencia.

¹⁴ Para el modelo de Kichian, que es una modificación del modelo estimado por Kuttner (1994), se utiliza el quasi-optimal filtro de Kalman. Ver Kichian (1999).

¹⁵ Tests de multiplicadores de Lagrange, de Jarque-Bera y otros indican la presencia de no-normalidad y heteroscedasticidad de los residuos.

Metodología de estado-espacio (State-Space) o variables latentes

Como una forma de corregir la incertidumbre asociada a la estructura impuesta en los modelos SVAR, la representación de estado-espacio es lo suficientemente flexible como para incorporar una estructura con información suficiente, pero que mantenga su parsimonia. Además, esta metodología permite generar intervalos de confianza y proyecciones fuera de muestra, ya sea para el producto o la brecha producto-producto de tendencia, directamente a partir de las estimaciones, resultado que se hace muy atractivo al momento de formular políticas.

Kichian (1999) y Kuttner (1994) aplican esta metodología para estimar el producto de tendencia (o brecha) en Canadá y EE.UU., respectivamente. La metodología consiste en estimar los parámetros de un modelo de coeficientes cambiantes a través del uso de filtros de Kalman.¹⁴ La estructura del modelo estimado es:

$$\begin{aligned} y_t &= y_t^* + g_t \\ y_t^* &= \mu_t + y_{t-1}^* + \varepsilon_t^y \\ \mu_t &= \mu_{t-1} + \varepsilon_t^\mu \\ g_t &= \varphi_1 \cdot g_{t-1} + \varphi_2 \cdot g_{t-2} + \varepsilon_t^g \\ \pi_t &= c + \lambda \cdot \pi_{t-1} + (1 - \lambda) \cdot \pi_{t-1}^e \\ &\quad + \beta_0 \cdot g_t + \beta_1 \cdot g_{t-1} + \gamma(L) \cdot \omega_t + \delta(L) \cdot \varepsilon_t^\pi \end{aligned} \quad (SS)$$

donde g_t representa al componente cíclico (que sigue un proceso AR(2)), $\pi(\pi^e)$ es la inflación efectiva (esperada) y ω representa al vector de variables exógenas que ayudan a explicar la inflación. Este modelo es simplificado por Kichian al asumir que dada la evidencia de raíces unitarias para la inflación, entonces es posible asumir que las expectativas de inflación son *backward-looking*, es decir, que $\lambda = 1$.

Sus resultados confirman la bondad del método, pero menciona una mala especificación evidente del modelo en cuestión.¹⁵ Kichian extiende el modelo permitiendo procesos de errores del tipo heteroscedástico (ARCH) mejorando sus resultados.