

¿De qué hablamos cuando hablamos de producto potencial?

Autores: Elías Albagli
Alberto Naudon

Septiembre 2015

“The world is complicated enough without introducing further confusion and ambiguities because two different names are unknowingly being used for the same thing, or because the same word is being applied to quite different phenomena” Paul Samuelson(1948)¹.

1. ¿DE QUÉ HABLAMOS CUANDO HABLAMOS DE PIB POTENCIAL?

La capacidad productiva de un país depende de su eficiencia tecnológica, de su dotación de factores y de la correcta asignación de esos recursos productivos entre empresas. En la práctica, sin embargo, el PIB efectivo suele ser distinto de esa capacidad teórica, de ahí que a esta última la denominemos PIB Potencial y a su diferencia con el PIB efectivo brecha de actividad.

Además de la idea de “capacidad”, detrás del concepto de PIB Potencial también está la noción de “sostenibilidad”, ya que se entiende que una economía puede mantenerse en dicho nivel de PIB, o estar creciendo a cierta tasa, sin generar desequilibrios que impidan que en el futuro dicho nivel o tasa de crecimiento se mantenga.

Por lejos lo más usual, tanto que ambos conceptos tienden a equipararse, es asociar la noción de “sostenibilidad” con la ausencia de presiones al alza o a la baja de la inflación, de modo que el PIB potencial suele interpretarse simplemente como “el nivel de PIB que no genera cambios en la inflación”². Esta es, en efecto, la definición las principales instituciones multilaterales y Bancos Centrales, por ejemplo:

¹ Citado por Kiley (2013) en su discusión sobre PIB Potencial.

² En esta frase ya hemos barrido bajo la alfombra varias décadas de discusión respecto de qué es el PIB potencial y cómo se relaciona con la inflación. Mientras que para los Keynesianos tradicionales había un nivel de PIB sobre el cual el **nivel** de la inflación asociada era mayor, para los defensores de la idea de la tasa

Potential gross domestic product (GDP) is defined in the OECD's Economic Outlook publication as the level of output that an economy can produce at a constant inflation rate. (OECD, 2015)

Potential output is defined as the level of output consistent with stable inflation (IMF, 2015)

Pero, por cierto, la estabilidad de precios no es la única “sostenibilidad” relevante. Como ha hecho notar Claudio Borio del BIS, el ciclo financiero es una importantísima fuente de inestabilidad, por lo que una noción de PIB potencial que considere los factores propios del ciclo financiero es muy relevante para el diseño de la política económica³. Por otra parte, la literatura de crecimiento identifica el nivel de crecimiento sostenible en el largo plazo principalmente con la tasa de crecimiento de la productividad y las tendencias demográficas esperadas en el futuro, sin considerar los impactos inflacionarios, ya que en el largo plazo se supone que la llamada “dicotomía clásica” se cumple⁴.

De esta forma, se tiene que: (i) hay dos conceptos claves presentes en las distintas nociones de PIB potencial: “capacidad” y “sostenibilidad”, (ii) por lejos lo más usual es que cuando se habla de PIB potencial se hace referencia a la capacidad de una economía para crecer sin generar aumentos de la inflación y (iii) que cualquier medición del PIB Potencial implica hacer un ejercicio contrafactual para determinar el nivel de PIB coherente con sostenibilidad que se tiene en mente.

natural lo que hay es una relación entre la brecha de producto entendida como la diferencia entre el PIB efectivo y la tasa natural y los cambios en la tasa de inflación. (ver Congdon, 2008)

³ Ver Borio (2013).

⁴ El FMI es el último WEO también considera esta distinción, aunque con otra terminología, aportando a la confusión sobre el tema. Para ellos, como se mencionó, el PIB potencial está siempre relacionado con la estabilidad de la inflación, mientras que acuñan el término “Producto Sostenible” para identificar un concepto “which seeks to capture macroeconomic stability more broadly”. Además, asocian la idea de PIB Tendencial a un constructo estadístico: “is derived from simple statistical data filtering using various forms of moving averages or deterministic trends”, confundiendo el concepto económico con el instrumento utilizado para estimarlo o identificarlo en los datos.

Este último punto es muy importante. Al ser el PIB Potencial un ejercicio contrafactual, que responde a la pregunta: ¿dada las condiciones de un economía, qué nivel de PIB es coherente con un concepto de sostenibilidad dado?, se tiene que lo clave es definir qué elementos de esa economía tomaremos como dados y cuáles no.

2. DOS NOCIONES DE PIB POTENCIAL

Como se señaló más arriba, la clave es determinar cuáles de las condiciones cíclicas dejaremos como determinadas y cuáles modificaremos para llevarlas a un nivel coherente con noción de estabilidad que queremos estudiar. Es decir, se debe determinar cuál es ejercicio contrafactual que se quiere hacer. Así podemos definir varios tipos de PIB Potencial. Para la discusión que sigue es útil definir dos posibilidades:

1) **PIB tendencial de mediano plazo.** Es la capacidad productiva de un país en ausencia de shocks y cuando los insumos productivos se usan a su capacidad normal. Esta medida de PIB la que hemos calculado en el BC en el último tiempo,⁵ a veces con el nombre de PIB tendencial o PIB potencial de mediano plazo/⁶. En este caso es evidente que el ejercicio contrafactual que se realiza se relaciona con plazos mas largos, de ahí el nombre, ya que a ese horizonte es razonable pensar que el efecto de los shocks ha desaparecido y que el uso de factores ha convergido a su nivel normal. Para evitar confusiones en lo que sigue, nos referiremos siempre a esta noción de producto simplemente como PIB tendencial.

2) **PIB potencial relevante para la inflación.** La segunda noción de PIB Potencial que reportamos en este documento es la que se asocia a la estabilidad de la inflación. Esta, como se mencionó, es la noción más usada, especialmente por los bancos centrales; tanto que generalmente se asimila a la definición misma de PIB potencial. A diferencia de la noción anterior, establecer cuál es el ejercicio contrafactual que se requiere en este caso es mucho más complejo, ya que, teóricamente, no es evidente cuáles de los elementos que explican el ciclo económico queremos tomar o no tomar como dados. Por ejemplo, no es

⁵ Ver Fornero et al. (2014).

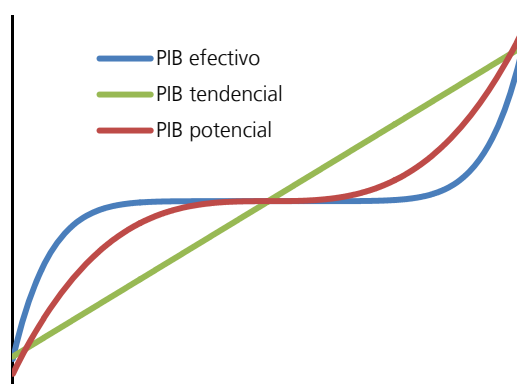
⁶ Este fue el nombre que le dimos en el recuadro presentado en el IPoM de septiembre de 2014.

evidente que *shocks* de los que han afectado a la economía se quiere dejar que sigan actuando sobre el PIB Potencial relevante para la inflación. Por otra parte, existen limitaciones técnicas para identificar el grado de utilización de los factores productivos adecuado con esta definición, lo que dificulta aún más establecer el *benchmark* adecuado.

Eso sí, lo que es relevante, es reconocer que la teoría económica sugiere que esta medida de PIB potencia fluctúa en el tiempo alrededor del PIB tendencial, es decir es una variable menos rígida. Más adelante se explica con mayor detalle por qué el PIB relevante para la inflación no coincide, en general, con el PIB tendencial. En Albagli et al. (2015a) presentamos estimaciones del PIB tendencial, mientras que en Albagli et al. (2015b) presentamos metodologías de estimación para el PIB potencial relevante para inflación.

A modo de resumen, podemos pensar en la siguiente representación gráfica de los logaritmos del “PIB efectivo”, del “PIB Potencial para la inflación” y del “PIB tendencial”:

Figura 1: Log del PIB efectivo, tendencial, y potencial relevante para inflación



Cómo se relacionan estos conceptos

Antes de explicar por qué el concepto de PIB potencial relevante para la inflación difiere del tendencial, es importante ver como se relacionan. En primer lugar, no hay diferencia en el largo plazo, ya que el efecto de los shocks desaparece. Es decir, la brecha relevante para la inflación es, en el largo plazo, igual la brecha respecto del PIB tendencial.

En segundo lugar, el crecimiento de LP es el ancla del crecimiento del PIB potencial relevante para la inflación, ya que este último se mueve en torno al primero.

3. ¿POR QUÉ EL PIB POTENCIAL RELEVANTE PARA LA INFLACIÓN NO ES IGUAL AL TENDENCIAL?

Como mencionamos más arriba, la “capacidad” productiva de una economía fluctúa en el corto plazo. Las razones de estas fluctuaciones son variadas, siendo, quizás, la más prevalente en los modelos de macro, pero a la vez más discutida por lo difícil de atribuirle un mensaje concreto, los llamados shocks de productividad. Sin embargo, ejemplos hay muchos y los nombramos usualmente en nuestros análisis del IPoM: “la lluvia destruyó parte de la cosecha”, “se paralizó temporalmente la faena minera por problemas con la máquina X o Y”, “una epidemia mermó la cosecha de salmones”, “los profesores estuvieron 60 días en paro”, etc.⁷

Sin embargo, las variaciones de la capacidad productiva en el CP no es solo un problema de shocks de productividad. Como se mencionó más arriba, la capacidad productiva de una economía también depende de cómo cambia la utilización “óptima” de los recursos, dada la situación de una economía. Por óptima entendemos la utilización que surge de las decisiones que los agentes toman en base a las condiciones que prevalecen en la economía en cada minuto, en un contexto donde los precios se han podido ajustar. Las variaciones de la capacidad productiva asociado a este concepto pueden ocurrir como consecuencia de shocks que usualmente asociamos a la demanda. Por ejemplo:

- Shock de incertidumbre: evidentemente un aumento de la incertidumbre hace que disminuya la demanda por inversión, disminuyendo la acumulación de capital. Además, hace que las empresas pongan menos esfuerzo en la búsqueda de persona y que los intermediarios financieros sean más cautelosos en prestar capital de trabajo.

⁷ Ver King and Rebelo (1999) Y Rebelo (2005) para una discusión respecto de la literatura de los ciclos reales y del rol de los shocks de productividad.

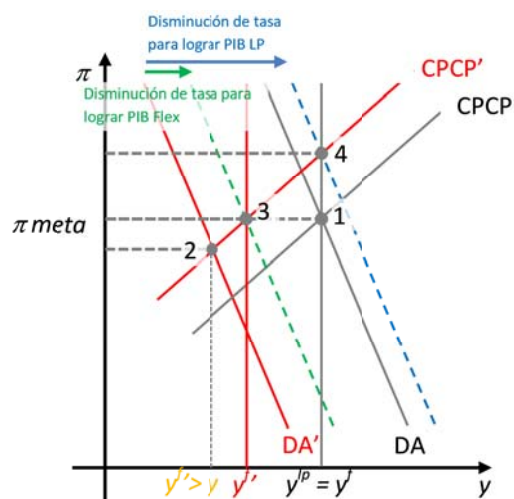
En ambos casos hay, en equilibrio, una menor utilización de trabajo y capital respectivamente.

- Shocks sectoriales: por ejemplo, el fin del boom de inversión minera requiere mover factores de producción desde un sector a otro, lo que en presencia de imperfecciones del mercado de trabajo (fricciones de búsquedas) implica que el desempleo debería subir, disminuyendo la utilización del factor trabajo. Parte de esto es la explicación que se ha dado en EE.UU. para entender una actividad que en nivel está muy por debajo de las tendencias pre crisis, pero donde la inflación no cayó tanto (ver WEO de octubre 2013)
- Shocks financieros: disminuyen el uso de factores productivos, por ejemplo, porque hay menos proyectos y de menor tamaño lo que implica tener gente y recursos trabajando menos, recursos que típicamente no se despiden o desechan, sino que se dejan, en espera de un repunte de actividad. También importan porque es más difícil conseguir capital de trabajo para hacer andar las fábricas y procesos. Este tipo de shocks también generan necesidad de reasignación de recursos, lo que en mercados con fricciones de búsqueda implica una subutilización temporal de los recursos productivos.

Es importante notar que la idea no es que estos mecanismos dominen las fluctuaciones cíclicas, sino que aunque la demanda sea el principal drive del ciclo, la presencia de ajustes por el lado de la oferta asociado muchas veces a esos shocks, limita el escenario de recuperación.

Si aceptamos que la capacidad productiva de la economía puede fluctuar en el CP, es fácil ver porque la brecha relevante para la inflación no es la calculada respecto del PIB tendencial. Para esto es útil usar la figura 2, donde junto con la demanda agregada se han graficado una curva de Phillips de CP (CPCP) y la de LP (línea vertical). Veamos algunos ejemplos.

Figura 2: Equilibrio y reacción de política



La economía⁸ parte en el punto 1 en su equilibrio de largo plazo, donde el PIB efectivo, potencial relevante para inflación y tendencial ($y = y^f = y^{lp}$) son iguales. Supongamos que hay un shock de confianza que hace que la demanda agregada disminuya bastante (línea roja), sin embargo, la mayor incertidumbre también tiene efectos sobre la oferta de CP, ya que, por ejemplo, los bancos limitan en el margen los préstamos para capital de trabajo, las empresas posponen el inicio de ciertos proyectos, lo que deja algunos empleados con menos trabajo (disminuye la tasa de ocupación del trabajo), las empresas disminuyen su esfuerzo de búsqueda de nuevos trabajadores, lo que aumenta el desempleo porque ahora es más difícil encontrar trabajo, entre otros fenómenos. Esto hace que la curva de Phillips de CP se mueva hacia la izquierda y la economía se va al punto 2.

¿Qué puede hacer la política monetaria? Una alternativa es bajar la tasa de política de manera que la demanda agregada vuelva al nivel de y^f coherente con la nueva situación⁹. En esta situación la inflación vuelve a la meta y el PIB está en el nuevo nivel coherente con el uso normal de la capacidad¹⁰.

⁸ Por simplicidad, el ejercicio considera una economía cerrada, de manera que no hay un rol para el tipo de cambio. Los conceptos son igualmente válidos en caso de una economía abierta.

⁹ En esta representación gráfica el comportamiento mecánico del BC vía regla de Taylor está implícito en la curva DA, por lo que un movimiento de la curva como el descrito representa bajar las tasas “más de lo que la regla indica”.

¹⁰ En general, los cambios en y^f , no son necesariamente los de eficiencia, solo se cumple si se da la divina coincidencia (Este concepto fue acuñado por Blanchard y Galí, 2007), pero hay fluctuaciones en ambos y la

¿Qué pasa si se pretende recuperar el nivel de producción de LP? En ese caso se debe ser más agresivo en el recorte de tasas para moverse a 4. Esta situación implica forzar a la economía a un uso de los factores mayor a lo “normal” **bajo las circunstancias actuales**, o que genera que la inflación aumente por sobre la meta. Evidentemente, en este análisis la brecha relevante para la inflaciones es $(y - y^f)$, y no $(y - y^{LP})$.

El gráfico anterior permite conceptualizar los *trade off* de política monetaria de cualquier situación que tenga un efecto importante en la demanda, pero, como es el caso en los ejemplos descritos más arriba, que también afectan la capacidad productiva de la economía en el CP.

Medición de capacidad utilizada y modelo del BCCh: Antes de seguir con el análisis, es relevante una pequeña discusión respecto de cómo se miden estos conceptos en el mundo real. Nuestros modelos no consideran muchos de estos elementos de manera explícita o lo hacen solo parcialmente. Por ejemplo, no hay problemas de intermediación financiera, ni fricciones de búsqueda en el mercado del trabajo. De hecho, no hay una definición formal de desempleo ni de utilización del capital. Esto implica que cuando los modelos leen los datos, identifican el fenómeno de menor utilización como una caída de la productividad. Es decir, una interpretación de los shocks de productividad negativos de los modelos MAS (modelo de análisis y simulación) y MEP (modelo estructural de predicción) es que la utilización normal de los recursos productivos es procíclica.

4. ¿QUÉ PIB POTENCIAL MEDIMOS USUALMENTE EN EL BC Y CUÁL SE USA EN LOS MODELOS MAS Y MEP?

Como se mencionó brevemente al inicio, hoy en el BCCh la medida de PIB potencial que presentamos en los IPoMs es coherente con lo que acá hemos llamado PIB tendencial. Si bien hemos sido claro en varios recuadros del IPoM respecto de cómo lo calculamos/¹¹,

idea es que la inflación depende de flex, no del eficiente, lo que en principio implica cierto trade off entre estabilizar el PIB entorno al eficiente y la inflación entorno a la meta.

¹¹ Ver recuadro V.1 del IPoM junio de 2012 y el recuadro “Crecimiento de mediano plazo” en el capítulo resumen del IPoM de septiembre de 2014.

hemos sido mucho menos claro en cómo lo denominamos (al mismo concepto le llamamos PIB Tendencial en Julio de 2012 y PIB de mediano plazo en Septiembre de 2014) y menos claros aún en su relevancia o no para medir las presiones inflacionarias.

Una breve (y, probablemente, algo sesgada) revisión de la historia de mediciones y usos del PIB Potencial es la siguiente.

- En el primer IPoM (Mayo 2000) hay un recuadro explicativo de cómo se mide la brecha de producto y su importancia para la inflación. La medición es básicamente un filtro HP con un parámetro de suavización usual (esto es importante para lo que viene), de modo que se deja que el PIB Potencial fluctúe en el tiempo, evidentemente menos que el efectivo¹².
- Desde ese IPoM hasta más o menos 2004 hay una evidente relación entre la medición de PIB Potencial, la brecha de producto y la inflación, tanto que en el capítulo final sobre perspectivas de inflación hay, por lo general, un apartado dedicado a analizar la evolución del PIB Potencial y la brecha.
- En la misma línea que relaciona el PIB Potencial con la inflación, en septiembre de 2001, en el anexo llamado “Política monetaria del Banco Central de Chile: Objetivos y transmisión”, que describe el marco conceptual usado por el BC se dice: “La diferencia entre el PIB efectivo y el PIB potencial es lo que se conoce como la “brecha del producto”. Cuando existe una brecha positiva, es porque una demanda agregada muy alta ha llevado el producto efectivo por encima de su nivel sostenible y las empresas están trabajando más allá de su capacidad.”
- El único elemento de confusión es que se usan los nombres de PIB tendencial, potencial y capacidad productiva de manera bastante intercambiables. Quizás, se puede intuir que la idea de PIB tendencial se considera algo más restrictiva, en el sentido que se asocia al uso de filtros como mecanismo para extraer tendencias.

¹² La idea de que la productividad puede fluctuar en el ciclo es evidente en la redacción de algunos párrafos de los primeros informes, por ejemplo en mayo de 2001: “Por otra parte, se espera que la productividad total de factores, que presentó una caída a lo largo de 1998 y 1999, consolide el proceso de crecimiento positivo mostrado en los últimos trimestres.” En Septiembre de ese año: “De la misma forma, aunque para este año se espera que la productividad total de factores disminuya, ello se debe a razones cíclicas, y las perspectivas de corto plazo apuntan a una brecha de capacidad productiva que se incrementa, desde 4 – 4,5% en el 2001, hasta cifras del orden de 5% durante este año.”

Mientras que la idea de PIB Potencial y capacidad productiva es algo más general. Por ejemplo, a la sección que explica el impacto de la brecha sobre la evolución esperada de la inflación – sección que se presentaba en el último capítulo de cada informe – se le denomina

- Producto Potencial, en los primeros IPoMs.
- Crecimiento de tendencia y brecha de capacidad, en varios a partir de 2002
- Actividad, utilización de factores y productividad, en varios en 2004.

En los informes más recientes se saca ese apartado y se habla de brechas, PIB potencial y tendencial en distintos contextos.

- En mayo de 2005 se empieza a comunicar la idea de que la Función de producción es una alternativa a los filtros/¹³, aunque no se es claro si la productividad usada en esa Función de Producción se le permitirá fluctuar o no. De la lectura de otros trabajos aparecidos en la Revista Economía Chilena y escritos por *staff* del banco, da la impresión de que si se dejará fluctuar la productividad/¹⁴.
- En algún momento, que no hemos podido identificar, se impone la metodología de la función de producción como la relevante para calcular la brecha y se le llama, por lo general, PIB tendencial. Esta medida supone uso pleno del capital y trabajo y, en la práctica, al usar un parámetro de suavización altísimo para el filtro HP, no permite fluctuaciones de la productividad. Esto, en el análisis discutido anteriormente, es la noción de PIB potencial de LP.

Lo llamativo es que se usa esa noción/medición de PIB potencial para el análisis de inflación (y como insumo del MEP)¹⁵. ¿En qué minuto nos transformamos en unos

¹³ “Un problema en la aplicación práctica del concepto de brecha del producto es que el producto potencial no es directamente observable en la economía y, por ende, tampoco lo es la brecha. Existen varias alternativas metodológicas, de las cuales se pueden destacar dos. Una primera aproximación consiste en estimar el producto potencial a partir de los valores de tendencia del PIB real, utilizando para ello algún filtro estadístico, como por ejemplo, un filtro Hodrick-Prescott. Este enfoque presupone que, en promedio, el producto efectivo se ubica en su nivel potencial. Un enfoque alternativo se basa en estimar una función de producción para la economía, donde el producto está determinado por la combinación de insumos básicos (capital y trabajo) y por la tecnología y eficiencia en el uso de los recursos. Según este enfoque, el producto potencial corresponde al producto que se lograría si los insumos se utilizaran a plena capacidad y la productividad se ubicara en su valor de tendencia.

¹⁴ Ver Contreras y García (2002) y Fuentes et al (2008).

¹⁵ Por ejemplo, en septiembre de 2010: “Desde el punto de vista de las holguras, los antecedentes de actividad y PIB tendencial sugieren que estas son menores que las previstas, porque se han ido reduciendo rápidamente, lo que se puede confirmar con una lectura gruesa de las cifras del mercado laboral. A su vez, en el escenario

Keynesianos de vieja cepa que ven la capacidad productiva de la economía como una muralla inamovible y todas las fluctuaciones simplemente originadas en variaciones en la demanda? No lo sabemos, pero el hecho es que nuestra medición principal de brecha peca de ese mal, al no permitir fluctuaciones de corto plazo del producto potencial (excepto por la variación de la inversión que tiene efectos menores dado que lo que importa es el stock de capital).

Interpretación del PIB Potencial y los modelos de proyección: En la práctica de proyección actual del banco, la discusión respecto de la brecha es relevante solo para el modelo MEP, que usa la brecha como insumo. El modelo MAS usa los datos de PIB efectivo y separa la parte tendencial y cíclica de la productividad permitiendo la presencia de shocks transitorios y permanentes a la productividad, los que son identificados en base al comportamiento de todas las variables observadas por el modelo/¹⁶. El impacto de usar una brecha construida con el PIB potencial de LP en MEP es que la inflación es más procíclica y las recuperaciones de la actividad más violentas, ya que hay que cerrar una brecha mayor.

¿Qué hacen otros bancos centrales? Existen distintas metodologías para el cálculo de la brecha (la revisaremos en el Albagli et al., 2015b). Los bancos centrales suelen computar un conjunto de ellas y usarlas en su análisis. Sin embargo, el estándar es usar metodologías que permitan que el PIB potencial (casi nadie usa otro nombre para referirse al PIB Potencial relevante para la inflación) tenga cierta variabilidad en el ciclo. Un buen ejemplo es la metodología presentada por el IMF en el último WEO y que replicamos para el caso de Chile en el Albagli et al. (2015b).

base se prevé que el cierre de las holguras de capacidad provocará un incremento de la inflación, en particular del IPCX1. Ello hará que esta variable converja a niveles coherentes con la meta de 3% en el curso del próximo año.”

¹⁶ Solo como anécdota, la aversión a la idea de shocks de oferta llegó a tal punto, que en un minuto se nos pidió hacer proyecciones alternativas con el modelo MAS donde, por construcción, se eliminaba la posibilidad de shocks de oferta (que como se mencionó más arriba, dado lo estilizados de los modelos, también capturan variación de CP en el uso óptimo de los recursos). Como evidentemente el *fit* de modelo sin shocks de oferta era mucho peor, la idea de desechó rápidamente.

5. CONCLUSIONES

De este capítulo concluimos que:

- Si bien uno puede pensar en diferentes nociones de PIB Potencial, lo general y ampliamente observado es que se refiere al nivel de PIB que estabiliza la inflación. La noción de PIB tendencial, en general, es menos usada para efectos de política monetaria.
- Teóricamente, la noción de PIB potencial relevante para la inflación no es el PIB tendencial, sino que uno que permite fluctuaciones en el tiempo del nivel de producto *benchmark* para el computo de la brecha.
- Nosotros hemos sido bien ambiguos y algo enredados en nuestra comunicación. Si bien siempre hemos usado estas ideas en relación a la inflación, hemos variado el nombre que damos a un mismo concepto, hemos cambiado la lógica que determina la metodología del cálculo, pasando de una noción que permite fluctuaciones estocásticas en el CP, a una donde la capacidad de producción de la economía es más bien determinística. Este movimiento nos ha alejado de las mejores prácticas.
- Por último, en el anexo de esta minuta explicamos que el mecanismo de la función de producción, nuestro instrumento de modelación base, es un gran instrumento para pensar en el PIB Potencial de LP, pero es poco dúctil para calcular el PIB potencial relevante para la inflación.

REFERENCIAS

- Albagli, E., Contreras, G., De la Huerta, C., Luttini, E., Naudon, A., y F. Pinto (2015a). “Crecimiento Tendencial de Mediano Plazo en Chile.” Mimeo, BCCh.
- Albagli, E., Fornero, J., Gatty, A., Kirchner, M., Luttini, E., Naudon, A., Tranamil, R., y A. Yany (2015b). “Producto Potencial Relevante para la Inflación”. Mimeo, Banco Central de Chile.
- Aguiar, M., & Gopinath, G. (2007). Emerging Market Business Cycles: The Cycle is the Trend. *Journal of Political Economy*, 115(1), 69-102.
- Atalay, E. (2014). How important are sectoral shocks?. US Census Bureau Center for Economic Studies Paper No. CES-WP-14-31.
- Bachmann, R., Elstner, S., & Sims, E. R. (2010). Uncertainty and economic activity: Evidence from business survey data (No. w16143). National Bureau of Economic Research.
- Blanchard, O., Galí, J. (2007). Real Wage Rigidities and the New Keynesian Model. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 39(1), pp. 35-65.
- Bloom, N., Floetotto, M., Jaimovich, N., Saporta-Eksten, I., & Terry, S. J. (2012). Really uncertain business cycles (No. w18245). National Bureau of Economic Research.
- Borio, C, P Disyatat y M Juselius (2013): Rethinking potential output: Embedding information about the financial cycle. *BIS Working Papers* No. 404
- Carrillo-Tudela, Carlos and Visschers, Ludo, Unemployment and Endogenous Reallocation Over the Business Cycle (January 29, 2013). CESifo Working Paper Series No. 4079.
- Christiano, L. J., Motto, R., & Rostagno, M. (2010). Financial factors in economic fluctuations.
- Congdon, T (2008). Two concepts of the output gap. *World Economics*, 9(1), 147–75.
- Contreras, G., y García, P. (2002). Estimación de brecha y tendencia para la economía chilena. *Economía chilena*, 5(2), 37-55.
- Friedman, M. (1968), The Role of Monetary Policy. *American Economic Review*, 58, 1 -17.

- Fuentes, R., F. Gredig. y M. Larraín E. (2008). La brecha de producto en Chile: medición y evaluación. *Economía Chilena*, 11(2), 7-30.
- Iacoviello, M., & Pavan, M. (2013). Housing and debt over the life cycle and over the business cycle. *Journal of Monetary Economics*, 60(2), 221-238.
- International Monetary Fund (2015), *World Economic Outlook*, Abril 2015.
- Justiniano, A., & Primiceri, G. (2008). Potential and natural output. Manuscript, Northwestern University.
- Kiley, M. T. (2013). Output gaps. *Journal of Macroeconomics*, 37, 1-18.
- Mishkin, F (2007): “Estimating potential output”, Speech delivered at the Conference on Price Measurement for Monetary Policy, Federal Reserve Bank of Dallas, 24 May.
- Neiss, K and E Nelson (2005): “Inflation dynamics, marginal cost, and the output gap: Evidence from three countries”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol 37(4), pp 1019–45.
- OECD (2015), “OECD Glossary of Statistical Terms”.
<https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=2094>.
- Okun, A (1962): “Potential GNP, its measurement and significance”, Cowles Foundation, Yale University.

ANEXOS

A.1: La función de producción y la medición del PIB Potencial

Para formalizar la discusión respecto de la capacidad productiva se suele usar la idea de función de producción, relación que conecta el PIB con el grado de eficiencia (A), con la dotación de factores productivos, típicamente la fuerza de trabajo (L) y el capital (K), y con las tasas de utilización de las mismas, μ y φ , las que se normalizan $\mu = 1$ y $\varphi = 1$ en una situación de uso “normal de LP” de los factores. De esta manera se tiene que:

$$Y_t = A_t F(\mu_t K_t, \varphi_t L_t), \quad (1.1)$$

Es importante notar que la cantidad de capital utilizado, μK , y el nivel de empleo efectivo, φL , son el resultado de la interacción de la oferta y demanda por factores, es decir, en sí mismo no son ni la demanda ni la oferta de factores, y por lo tanto su valor se ve afectado por todos los shocks que afectan a la economía.

En general, podemos pensar que la cantidad de capital (K) y la fuerza de trabajo (L) están determinados en cada momento dado del tiempo/¹⁷, de modo que el PIB efectivo fluctúa porque, en equilibrio, la utilización de los factores varía por la presencia de *shocks* en la economía. Por ejemplo, un shock financiero puede hacer que una empresa que no dispone de capital de trabajo deje su capital sin usar, o un *shock* sectorial importante, que requiera mover trabajo de un sector a otro, genere temporalmente que algunos trabajadores no encuentren empleo, disminuyendo φ .¹⁸

¹⁷ Es cierto que la fuerza de trabajo tiene movimientos cíclicos, por lo que se puede interpretar como la población en edad de trabajar, en cuyo caso, en el LP, $\varphi < 1$.

¹⁸ Las fricciones o imperfecciones en los mercados también son relevantes para determinar las tasas de usos y el efecto de los shocks sobre ellas. Por ejemplo, restricciones a la competencia, imperfecciones en el mercado del trabajo, etc. pueden hacer que las tasas sean más bajas que en una situación óptima (*first-best*), en este

Cuando la mirada está puesta en la capacidad productiva de corto plazo, la presencia de rigideces nominales (inflexibilidad de precios y salarios nominales) son especialmente importantes, ya que el efecto de los *shocks* en la determinación del uso de factores en equilibrio dependerá mucho de su presencia e intensidad.

Por último, si bien todos los *shocks* afectan el nivel de producción de una economía, los shocks de productividad son especialmente importantes. Típicamente se define como $A_t = B_t C_t$, donde¹⁹:

$$B_t = \exp(\omega_t) B_{t-1}^\rho,$$

$$C_t = \exp(g_t) C_{t-1},$$

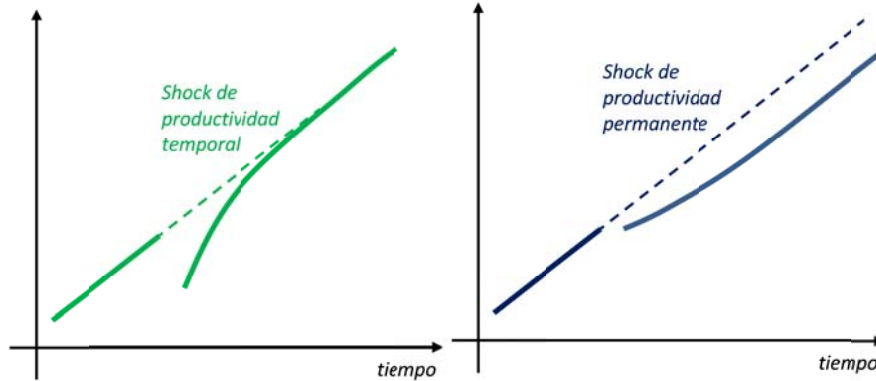
con g un proceso AR(1) con media \bar{g} . Esto es, en las fluctuaciones del nivel de la productividad hay una parte transitoria (B) que desvía el nivel de producto respecto de su nivel de tendencia, pero solo temporalmente, y una permanente (C) que si bien no altera la tasa de largo plazo de la productividad, la está dada por \bar{g} , si cambia de manera permanente el nivel del PIB de largo plazo²⁰. La figura 3 ilustra gráficamente el efecto de estos dos tipos de shocks de productividad sobre el PIB.

sentido interpretamos $\mu = 1$ y $\varphi = 1$ como la utilización normal de LP “dado” las características estructurales del país (*second-best*).

¹⁹ Esta es la especificación en Aguiar y Gopinath (2007) que hoy es el estándar en la modelación de los Bancos Centrales.

²⁰ El primer tipo de shock es el usual de la literatura de ciclos reales. Los segundos, han sido incorporados en la mayoría de los modelos modernos de equilibrio general modernos, ayudando a mejorar sustancialmente el ajuste de ellos, especialmente en países emergentes. También han sido usados recientemente para analizar los impactos de la crisis financiera, cuyos efectos se creen serán permanentes en el nivel de producto, pero no en la tasas de crecimiento (ver IMF 2015).

Figura 3: Efecto de distintos shocks de productividad



La medición de A , K , L , μ y ϕ y el uso de la metodología de la función de producción

El marco analítico de la función de producción es muy atractivo por ser a la vez simple y tener la suficiente estructura como para hacer ciertos ejercicios económicos y análisis estructural (¿qué pasaría si una reforma aumenta el ritmo de crecimiento del capital? ¿Qué está detrás del bajo crecimiento promedio de la economía?). Sin embargo, su implementación no está exenta de problemas, los que en algunas aplicaciones, incluso, impiden su utilización.

La base de la metodología de la función de producción es que uno puede “medir” A , K , L , μ y ϕ en el ejercicio contrafactual que quiere hacer para la medición del PIB Potencial relevante. Esto presenta desafíos no menores, los que pueden ser no superables en algunas ocasiones.

El primer tipo de problema es que en la práctica, con la excepción de K y L , es muy difícil diferenciar en los datos todos estos conceptos con precisión, de modo que la productividad termina por captar mucho de las variaciones en los otros elementos. Esto implica que las mediciones de los valores efectivos que se usan como base para el cálculo de algunos contrafactuales pueden tener sesgos importantes.

Si es difícil medir los valores efectivos, generar los valores contrafactuales puede ser aún más complejo. En efecto, en algunos escenarios los valores de las tasas de utilización son claros, como por ejemplo el muy largo plazo, pero en otros no. Esto ha llevado, como veremos más adelante, y especialmente en el Albagli et al. (2015b), a no usar la función de producción como instrumento base para la medición del PIB Potencial/²¹.

Otro aspecto complejo en el uso de esta metodología (y en general del cómputo de escenario contrafactuales de capacidad) es cómo considerar los aspectos dinámicos asociados a distintos escenarios, ya que distintos escenarios generan trayectorias de acumulación de capital también diferentes.

Definiendo el PIB Potencial

La ecuación (1.1) sirve para entender de qué hablamos cuando hablamos de PIB Potencial. En particular, como se señaló más arriba, la clave determinar cuáles de las condiciones cíclicas dejaremos como determinadas y cuáles modificaremos hacia un nivel coherente con noción de estabilidad que queremos estudiar. Es decir, se debe determinar cuál es ejercicio contrafactual que se quiere hacer. Así podemos definir varios tipos de PIB Potencial. En este reporte importan dos:

PIB tendencial. Es la capacidad productiva de un país cuando no hay shocks y, por lo tanto, los insumos productivos se usan a su capacidad normal. Este es el PIB tendencial que pensamos en una economía proyectada a 5 o más años. En términos de la ecuación anterior mismas:

²¹ Aunque en algunos ejercicios se puede computar el PIB potencial usando otros métodos y usar la función de producción para calcular la incidencia de los cambios en distintos factores productivos en el crecimiento del PIB Potencial.

$$\bar{Y} = \bar{A}F(K, L), \quad (1.2)$$

Note que al eliminar los shocks la presencia de rigideces nominales no importa²² La forma en que se computa se deriva directamente de la formula (1.2), se debe calcular la productividad, el capital y el trabajo.

La función de producción es un buen instrumento para este ejercicio, porque sabemos que en el contrafactual la utilización de los recursos es igual a la dotación factores de la economía (corregida por el desempleo de largo plazo en el caso del trabajo)²³ y que la productividad no tiene componentes cíclicos en este ejercicio.

Esto es lo que hacemos tradicionalmente en el BC y es el foco del Albagli et al. (2015a) de este reporte.

PIB potencial relevante para la inflación. La segunda noción de PIB Potencial que reportamos en este documento es la que se asocia a la estabilidad de la inflación. Esta, como se mencionó, es la noción más usada, especialmente por los bancos centrales, tanto que casi se confunde con la definición de PIB potencial mismo. A diferencia de la noción anterior, establecer cuál es el ejercicio contrafactual que se requiere en este caso es mucho más complejo, ya que teóricamente no es evidente cuales de los cambios en la economía queremos tomar o no tomar como dados, en particular, no es evidente que *shocks* se quieren eliminar. Por otra parte, existen limitaciones técnicas para identificar el grado de utilización de los factores productivos adecuado con esta definición.

Desde un punto de vista teórico, la noción de qué medida de capacidad o brecha se relaciona con la inflación ha ido cambiando en el tiempo de manera constante. Partiendo

²² En efecto los estados estacionarios son los mismos.

²³ Eso sí, se debe tener en cuenta que este es un ejercicio condicional, en el sentido que partimos de los niveles de capital y trabajo actuales y suponemos trayectorias de K y L en ausencia de shocks futuros (es decir, que son coherentes con el comportamiento promedio de la economía).

con la curva de Phillips (Phillips, 1958) y la versión de Okum (1962) donde se suponía que había una relación entre cierto nivel de PIB (desempleo en lo de Phillips) y cierto nivel de inflación. Esta literatura indicaba que había una muralla donde se topa el mundo y sobre eso podía haber inflación, de hecho más que un concepto de brecha que puede tomar valores positivos o negativos, lo que había era una noción de exceso de capacidad, que podía ser llenado con política fiscal.

Luego, la vino la idea de la tasa natural de Friedman y Phelps, la que dio paso a la noción de la tasa natural de desempleo y de producto, donde ahora hay una brecha bien definida la que, a diferencia de la teoría keynesiana clásica, se relaciona con el cambio en la inflación, no con un nivel. Estos niveles naturales de referencia pueden fluctuar en el tiempo/²⁴. Finalmente, la llamada visión Neo Keynesiana ha agregado la idea de que los shocks de productividad son relevantes, lo que no es extraño si se considera que es una elaboración sobre la tradición de la teoría de los ciclos reales donde estos juegan un rol esencial.

En término de la ecuación (1.1) la visión Neo Keynesiana apunta a que la inflación está relacionada con la idea del equilibrio de precios flexibles:

$$Y_t^f = A_t F(\mu_t^f K_t, \varphi_t^f L_t), \quad (1.3)$$

donde el superíndice f indica que es el equilibrio de precios flexibles. Note que la productividad es A_t (no A barra) y, por lo tanto, varía en el tiempo Una consecuencia de esto es que a diferencia del anterior esta medición del PIB Potencial es esencialmente pro cíclica, lo que hace que la brecha sea menos pro cíclica.

²⁴ Así lo define Friedman: “The ‘natural rate of unemployment’, in other words, is the level that would be ground out by the Walrasian system of general equilibrium equations, provided there is embedded in them the actual structural characteristics of the labour and commodity markets, including market imperfections, stochastic variability in demands and supplies, the costs of gathering information about job vacancies, and labor availabilities, the costs of mobility, and so on.” (Friedman, 1968).
market imperfections, stochastic variability in demands and supplies, the cost of gathering information about job vacancies and labor availabilities, the costs of mobility, and so on



Crecimiento Tendencial de Mediano Plazo en Chile

Autores: Elías Albagli
Gabriela Contreras
Claudia de la Huerta
Emiliano Luttini
Alberto Naudon
Francisco Pinto

Septiembre 2015

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento tendencial de mediano plazo mide la capacidad de crecimiento de una economía en un escenario sin shocks y donde los factores productivos se usan de manera “normal” (para una definición más extensa ver Albagli y Naudon, 2015). Como enfatiza la amplia literatura de crecimiento basada en los modelos neoclásicos (Solow, 1956 y Swan, 1956), el crecimiento de largo plazo depende de las características estructurales de las economías, tales como el crecimiento promedio de la productividad y de la población. Para países en vías de desarrollo, el crecimiento tendencial también debe considerar el efecto de la convergencia: mientras más lejos esté el capital de su nivel de estado estacionario, más rápido crecerán los países. En esta convergencia, la rapidez a la cual los países acumulan factores de producción (inversión) es también importante para las tasas de crecimiento.

En este trabajo estimamos el crecimiento del producto tendencial de mediano plazo para Chile utilizando dos metodologías comúnmente usadas en la literatura. La primera se basa en un modelo de función de producción para el sector resto de la economía, donde el producto depende del capital, el trabajo y la eficiencia de uso de los factores productivos. Dicho enfoque proyecta por separado el crecimiento de cada uno de los componentes que entran en la función de producción, y luego los agrega para llegar a la estimación del crecimiento del producto tendencial resto. A esto se le suman proyecciones internas del BCCh de los sectores de recursos naturales para llegar a la estimación de crecimiento del PIB tendencial total. Esta parte del trabajo está relacionada con la contribución reciente de



Fornero et al. (2014), aunque introduce ciertas modificaciones, principalmente, hace un uso más intensivo de datos microeconómicos en la proyección de las variables demográficas más importantes.

La segunda metodología se basa en regresiones de panel acerca de los determinantes de crecimiento del PIB total entre distintos países. Aquí nos basamos en el reciente trabajo de Contreras y Pinto (2015).

Usando la primera metodología (basada en la función de producción), estimamos un crecimiento del PIB tendencial total de **3.5%** promedio para el quinquenio 2016-2020 (rango 3.3-3.7%). Para la década 2016-2025 proyectamos sólo PIB resto, lo que entrega un crecimiento de **3.3%** (rango 3.1-3.5%).¹ Para el largo plazo (hasta 2050), proyectamos un crecimiento promedio del PIB resto de **2.5%** (rango 2.4-2.8%). Con la segunda metodología (basada en regresiones de panel), estimamos un crecimiento del PIB total para los próximos 5 años de **3.6%** (rango 3.4-3.7%), y de **3.4%** para los próximos 10 años (rango 3.2-3.5%). Dado que los datos y metodologías empíricas difieren entre ambos enfoques, es digno de destacar la semejanza de sus resultados finales.

Antes de describir las metodologías y presentar los resultados en detalle, hay dos puntos importantes que recalcar desde un comienzo. Primero, es importante entender que estas estimaciones intentan capturar la capacidad de crecimiento en ausencia de shocks, y por tanto no corresponden a proyecciones del crecimiento efectivo para dichos períodos. En particular, no se considera el efecto negativo de shocks de productividad ni otros que limiten el uso óptimo de los factores en el corto plazo. Esta diferenciación es importante para el mediano plazo, pero pierde relevancia en el largo plazo, donde el efecto de los shocks actuales debiera disminuir. Como se menciona en Albagli y Naudon (2015) y Albagli et al. (2015), este ejercicio contrafactual donde no hay shocks de ningún tipo y donde los factores se emplean a plena capacidad, es un buen *benchmark* para pensar en el crecimiento de mediano y largo plazo, más que como un *benchmark* relevante para la inflación.

¹ Nuestra proyección para el crecimiento del PIB resto tendencial entre 2016-2020 es de 3.6% anual (rango 3.4-3.9%).



Segundo, ambas metodologías utilizan la experiencia de los países de la OECD como referencia. La primera asume que el crecimiento de la participación laboral, educación de la población y horas trabajadas convergerán gradualmente a los niveles que actualmente tienen los países de la OECD. En la segunda, las regresiones incluyen el PIB per cápita inicial de cada país, factor que resulta ser determinante para explicar el crecimiento una vez que se controlan por otras diferencias entre países.

En la sección 2 presentamos la metodología y resultados basados en el método de función de producción. En la sección 3 presentamos el ejercicio empírico de convergencia condicional entre países, y sus implicancias para las proyecciones de crecimiento para Chile. La sección 4 presenta conclusiones.

2. CRECIMIENTO TENDENCIAL: MÉTODO FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

Este método se usa para el cálculo del PIB tendencial resto. En lo sucesivo, cada vez que nos refiramos a producto, capital, o productividad, nos referimos al sector resto, a menos que se diga lo contrario. Trabajamos sobre una función de producción neoclásica del tipo Cobb-Douglas para los insumos de capital y trabajo $Y = AK^\alpha(LHQ)^{(1-\alpha)}$, donde A es la productividad total de factores, α la participación del capital en el producto, L la fuerza de trabajo, H las horas trabajadas en promedio y Q un indicador de calidad de empleo.

La inclusión del índice de horas es importante porque, como veremos más adelante, éstas han experimentado una marcada reducción en los últimos años, tendencia que esperamos persista en la medida que Chile se acerque a países más desarrollados. Por otro lado, es necesario ajustar la calidad del empleo para reflejar el hecho de que las horas de trabajo de personas con distintos niveles educacionales no son directamente comparables.

Para expresar la tasa de crecimiento del producto, tomamos logaritmos y diferenciamos para obtener:

$$(1) \quad \dot{y} = \dot{a} + \alpha \dot{k} + (1 - \alpha)(\dot{l} + \dot{h} + \dot{q})$$

A continuación, explicamos en detalle cómo se estima cada uno de los componentes del crecimiento tendencial de la **ecuación 1**.



2.1 Participación del trabajo en el producto: $1-\alpha$

Nuestra estimación de la participación del trabajo en el producto resto, ($1-\alpha$), es de **52%**. Este cálculo corresponde al promedio entre 2008-2013 del ratio entre los salarios pagados por el sector corporativo (financiero y no financiero) y el valor agregado de este sector (neto de impuestos), de acuerdo a la información proporcionada por Cuentas Nacionales (CCNN).²

El problema principal de estimar la participación del trabajo radica en que la información de CCNN en Chile (y en muchos países) no incluye el ingreso de cuentapropistas en la cifra de salarios totales de la economía. De esta manera, el ratio de salarios totales a valor agregado para la economía total lleva a subestimar de manera importante la participación del trabajo. Esto explica, en parte, que existan múltiples estimaciones para la participación del trabajo en Chile.

Motivados en parte por este problema, Karabarbounis y Neiman (2014) sugieren concentrarse en el sector corporativo para calcular el ingreso del trabajo, ya que los ingresos de cuentapropistas no están imputados al sector institucional corporativo (sino que se imputan al ingreso de hogares).³ Nuestro cálculo, que sigue la recomendación de estos autores, refleja la participación efectiva del trabajo en el sector corporativo sin necesidad de hacer imputaciones o ajustes adicionales. Cabe señalar que el sector corporativo es el más grande de la economía, aportando cerca de un 75% del valor agregado total.

Por último, nuestra cifra de participación del trabajo de 52% coincide con la presentada por Fornero et al. (2014), pese a utilizar supuestos metodológicos distintos.

² Previo a 2008, las series de PIB por agente institucional no están actualizados con la nueva metodología de CCNN. Para 2014, no contamos aún con información de salarios pagados por el sector minero, necesario para calcular el ingreso laboral de los sectores del PIB resto.

³ Según los autores, además de evitar el problema de omisión de ingresos de cuenta propia, este método tiene la ventaja de excluir al sector gobierno. Esto es importante ya que el parámetro ($1-\alpha$) de la función de producción Cobb-Douglas sólo es igual a la participación del trabajo bajo el supuesto de maximización de beneficios (y competencia perfecta), condiciones que probablemente son menos representativas del sector público que del privado.



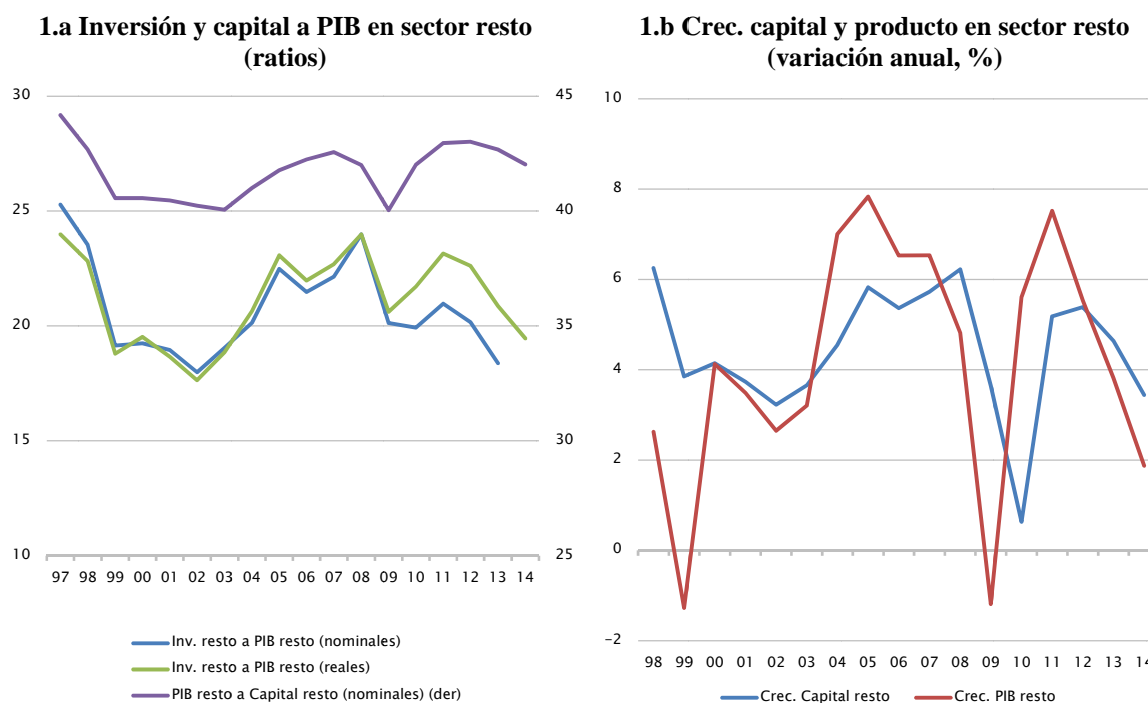
En el **anexo 1** se resumen otras estimaciones de la participación del trabajo en Chile, incluyendo trabajos previos así como estimaciones propias basadas en estos enfoques alternativos.

2.2 Crecimiento del capital: \dot{k}

En nuestra estimación el capital crecerá a una tasa de 3.6% entre 2016-20. Para calcular este número nos basamos en el hecho de que el PIB resto a capital ha sido relativamente constante en torno a 42%. Esto implica que el crecimiento del capital y el producto han sido muy cercanos, supuesto que seguiremos manteniendo en nuestra proyección (**gráfico 1**). En este contexto, el crecimiento del capital (usando la ecuación 1) está dado por

$$\dot{k} = \frac{\dot{a}}{(1 - \alpha)} + \dot{l} + \dot{h} + \dot{q}$$

Gráfico 1: Crecimiento de capital y ratios de inversión y capital a PIB en sector resto





Implícito en esta proyección está el supuesto de que el ratio inversión a PIB será un número cercano a 20.5%, cifra similar a los promedios históricos (2000-2013) del ratio nominal (20.4%) y real (21.1%).

Este supuesto, sin embargo, resulta distinto al utilizado en Fornero et al. (2014) quienes asumen que el capital crece 0.2% más que el PIB resto.

2.3 Crecimiento de la fuerza laboral: \dot{l}

Estimamos que en los próximos 5 años (2016-2024), la fuerza de trabajo crecerá en promedio **1.3%** anual (rango 1.26-1.40%).

Para proyectar la fuerza de trabajo procedemos de la siguiente manera. Primero, tomamos las proyecciones de la población en edad de trabajar (de 15 años o más) por sexo y edad que realiza el INE hasta el 2050.⁴ Segundo, proyectamos la participación laboral de cada segmento etario y por género. Luego obtenemos el total de la fuerza de trabajo multiplicando la población en edad de trabajar de cada segmento por su respectiva tasa de participación laboral.

Para proyectar la participación laboral, suponemos que se mantiene constante la participación laboral de los hombres, mientras que se hace converger la participación de las mujeres a la mediana de países de la OECD en 2014 para cada grupo de edad (**gráfico 2.a**).⁵ Esto debido a la marcada tendencia de aumento de participación femenina en la fuerza laboral en Chile en los últimos años (**gráfico 2.b**). En particular, suponemos tres escenarios para el aumento en la participación laboral femenina: convergencia en el 2050 en el escenario base; convergencia en el 2040 en el escenario optimista; y un cierre de solamente la mitad de la brecha con respecto a la OECD 2014 hacia el año 2050 en el escenario pesimista.

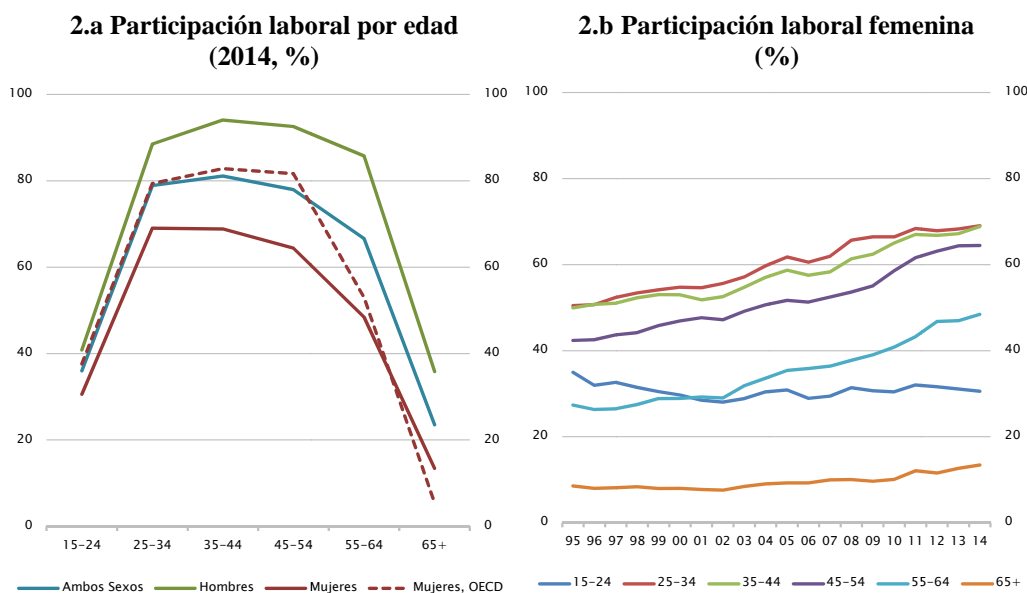
⁴ http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/proyecciones2014/proyecciones-de-poblacion-2014.xlsx para proyecciones hasta 2020 y proyecciones entre 2021 y 2050 de <http://palma.ine.cl/demografia/SELECCION.aspx>

⁵ De aquí en adelante, cada vez que usamos como referencia los países de la OECD para construir un supuesto de convergencia de largo plazo, usamos la mediana de los 33 países de este grupo (esto excluye a Chile) en vez del promedio para suprimir el efecto de observaciones atípicas.



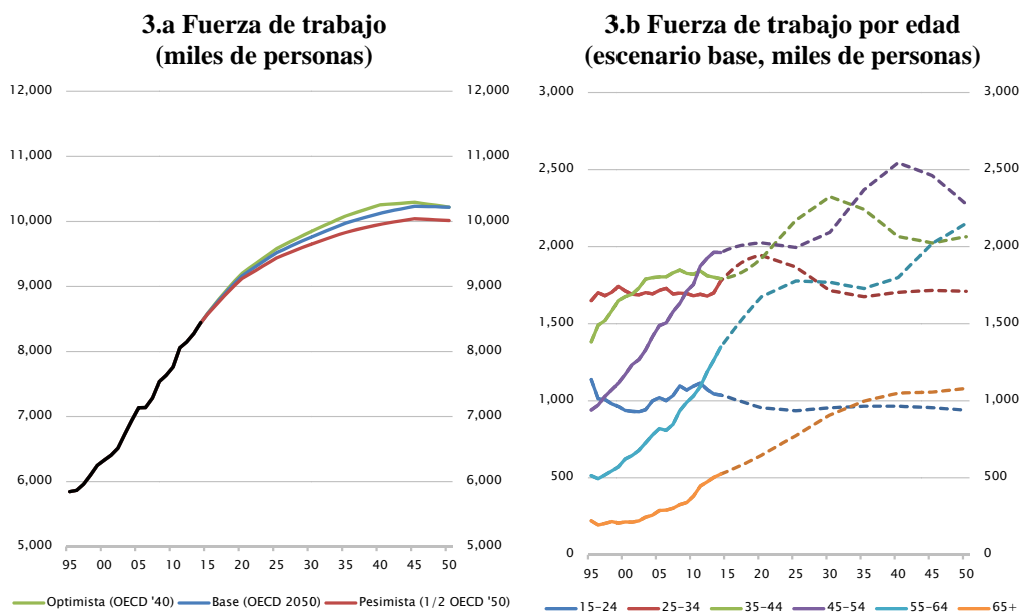
El **gráfico 3** muestra la fuerza de trabajo resultante, cuya proyección coincide con la estimación presentada en Fornero et al. (2014), pese a utilizar supuestos metodológicos distintos.

Gráfico 2: Participación laboral



Fuente: Elaboración propia en base a INE y OECD.

Gráfico 3: Fuerza de trabajo



Fuente: Elaboración propia en base a INE y OECD.



2.4 Crecimiento de las horas trabajadas: \dot{h}

Las horas trabajadas en Chile han mostrado una importante tendencia a la baja, lo que está en línea con el menor número de horas trabajadas en países con mayor desarrollo. Entre 2016 y 2020, proyectamos que las horas trabajadas crecerán en promedio **-0.37%** (rango entre -0.18 y -0.46%).

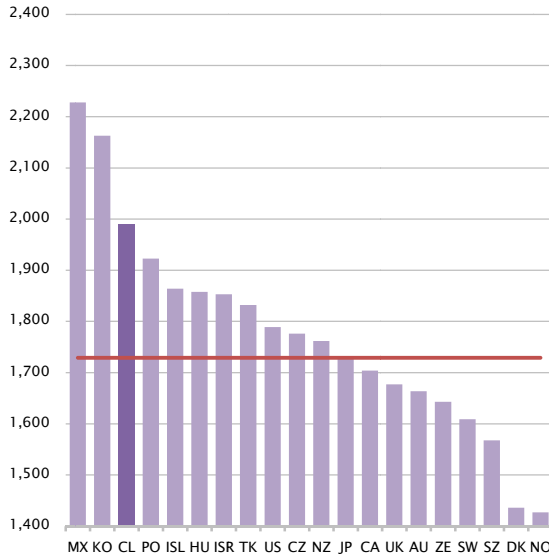
Para proyectar esta variable, suponemos una convergencia de las horas anuales promedio de Chile (1990 horas en 2014) a la mediana de los países de la OECD (1729 horas en 2014) (**gráfico 4.a**). Esta disminución de las horas a niveles de la OECD sería consistente con el supuesto de mayor participación femenina en la fuerza laboral, dado la mayor propensión de las mujeres a tener trabajos de tiempo parcial (**gráfico 4.b**), y/o de vacaciones más extendidas, como es el caso de muchos países más avanzados. De manera análoga al supuesto de fuerza laboral, suponemos que dicha convergencia se alcanza en el año 2050 en el escenario base, mientras que en el escenario pesimista dicha convergencia ocurre el 2040 (una convergencia más temprana es pesimista para el caso de horas, dado que restan del crecimiento tendencial). En el escenario optimista, suponemos que sólo se cierra la mitad de la brecha de horas trabajadas hacia 2050 (**gráfico 4.c**).

Este supuesto de convergencia para las horas trabajadas difiere de la estimación de Fornero et al. (2014), quienes suponen que las horas se mantendrán constantes en el escenario de proyección.

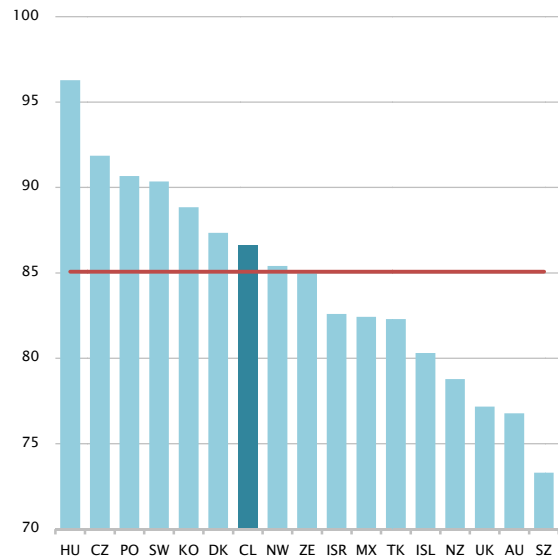


Gráfico 4: Horas promedio trabajadas

4.a Horas trabajadas en Chile vs. OECD
(horas anuales promedio 2014)

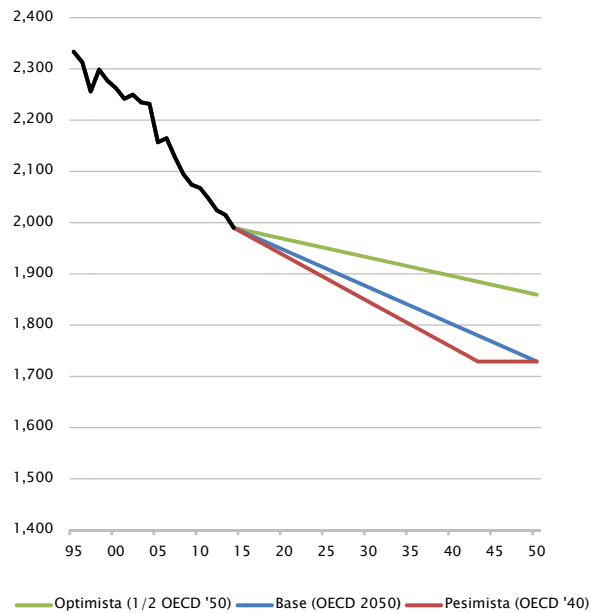


4.b Horas trabajadas por mujeres
(% horas trabajadas por hombres, 2014)



— Mediana países OECD (sin Chile)

4.c Horas trabajadas en Chile
(horas anuales promedio)



Nota: La diferencia entre el listado de países de los gráfico 4.a y 4.b se debe a la disponibilidad de datos de la base de datos de OECD. **Fuente:** Elaboración propia en base a OECD.



2.5 Crecimiento de la calidad del empleo: \dot{q}

Como adelantamos en la sección 1, es necesario ajustar el factor trabajo por la heterogeneidad en el capital humano de distintas personas. Estimamos que para el período 2016-20 el índice de calidad de los ocupados crecerá en promedio **0.71%** anual (rango 0.68-0.73%). Esta estimación difiere a lo presentado en Fornero et al. (2014), donde se asume que este índice crecerá un 1% anual.

Para estimar este índice de calidad seguimos la metodología propuesta por la OECD (2001), utilizada también por Magendzo y Villena (2011). Específicamente, la calidad del empleo se construye como el promedio ponderado del premio salarial de distintas categorías educacionales respecto al grupo sin educación formal, donde los ponderadores corresponden al porcentaje de ocupados en cada categoría respecto al total de ocupados, es decir:

$$(2) \quad q = \sum_{i=1}^7 \left(\frac{w_i}{w_1} \right) \cdot \left(\frac{L_i}{L} \right)$$

donde w_i y L_i son los salarios y el número de ocupados en cada nivel educacional i de la CASEN, desde 1990 hasta 2013.⁶ Esta fórmula ocupa el promedio de los premios salariales entre 1990 y 2013 (tanto para cálculo histórico de la calidad como para su proyección) debido que estos exhiben una ciclicidad en los datos que no se explicaría por cambios en la calidad de los ocupados.⁷ Así, el cálculo de la calidad se mueve solamente debido a cambios en la participación de los tramos educacionales en la fuerza de trabajo.

Para obtener una proyección de la calidad del empleo procedemos de la siguiente manera. Primero, proyectamos el nivel educacional para distintos grupos etarios dentro de trabajadores ocupados. A continuación, ponderamos los distintos cohortes etarios por su participación en los ocupados para obtener la composición educacional de los trabajadores mayores de 15 años. Finalmente, usamos la composición educacional de los trabajadores

⁶ Los tramos educacionales se dividen en las siguientes 7 categorías: sin educación formal, básica incompleta, básica completa, media incompleta, media completa, superior incompleta y superior completa. Para los años en que no hay CASEN, se utiliza interpolaciones lineales.

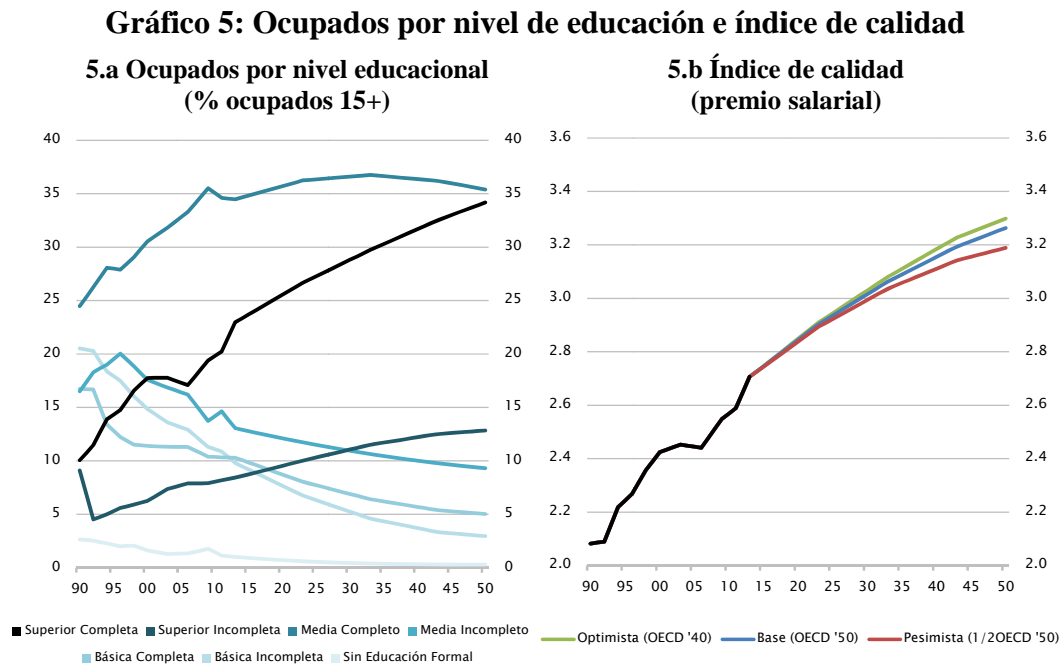
⁷ Los premios salariales de todas las categorías no exhiben tendencia desde 1990 a 2013, lo que valida el uso del promedio para proyectar a futuro.



mayores de 15 años (el cálculo anterior) para construir el índice calidad de los ocupados según la **ecuación 2**.

Para proyectar el nivel educacional según grupo de edad, partimos del hecho que las actuales generaciones mayores de 25 años ya tienen en gran medida determinado el nivel de educación que alcanzarán dentro de su vida laboral. Por lo tanto, hacemos supuestos de convergencia en la educación (porcentaje de la población con distintos grados educacionales) sólo para los nuevos entrantes a la fuerza laboral, tomando como referente el nivel dado por la mediana de los países de la OECD el año 2014. En el **anexo 2** explicamos en detalle los supuestos de convergencia para los menores de 25 años, los cuales se ilustran en el **gráfico A.1**.

Tal como en los supuestos anteriores, la convergencia es gradual y se completa en el escenario base hacia 2050, y hacia 2040 en el escenario optimista. En el escenario pesimista, asumimos que hacia 2050 se cierra solo la mitad de la brecha de los niveles educacionales entre Chile y la OECD. Los resultados se presentan en el **gráfico 5**.

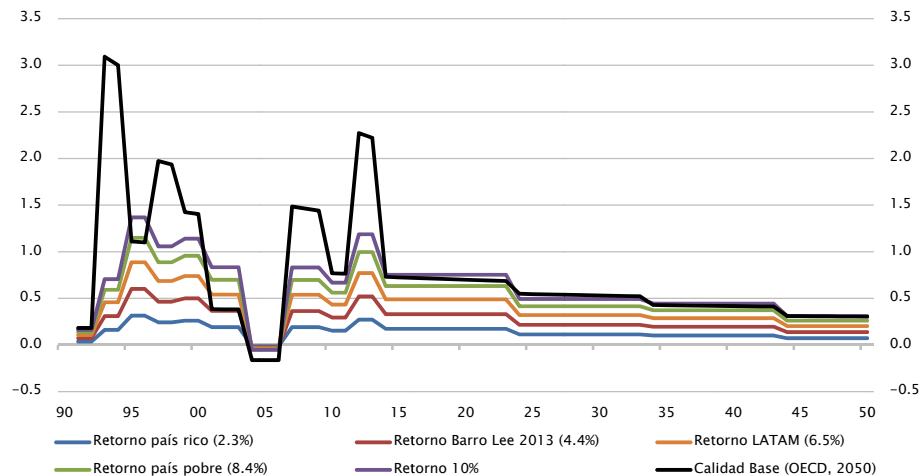


Fuente: Elaboración propia en base a CASEN, INE y OECD.



Alternativamente, el cálculo de la calidad se puede estimar a partir de un supuesto de retorno por los años de educación. En el **gráfico 6** presentamos el resultado de este cálculo, con el que concluimos que nuestra estimación a partir de premios salariales entrega una proyección similar a suponer un retorno de los años de educación de 10%, nivel algo más alto a lo estimado para países de Latinoamérica u otros con nivel de ingreso similar o superior a Chile (ver Barro y Lee, 2013 y Caselli, 2005). Esto sugiere que si bien nuestra metodología nos parece la adecuada, existe el riesgo que la incidencia de este factor sea algo menor a la estimada.

Gráfico 6: Crecimiento de calidad y retorno a los años de educación (variación anual, %)



Fuente: Elaboración propia en base a Barro, Lee (2013), CASEN, INE y OECD.

2.6 Productividad total de factores

La proyección del crecimiento de la productividad total de factores (PTF) en el sector resto se estima en **1%**.

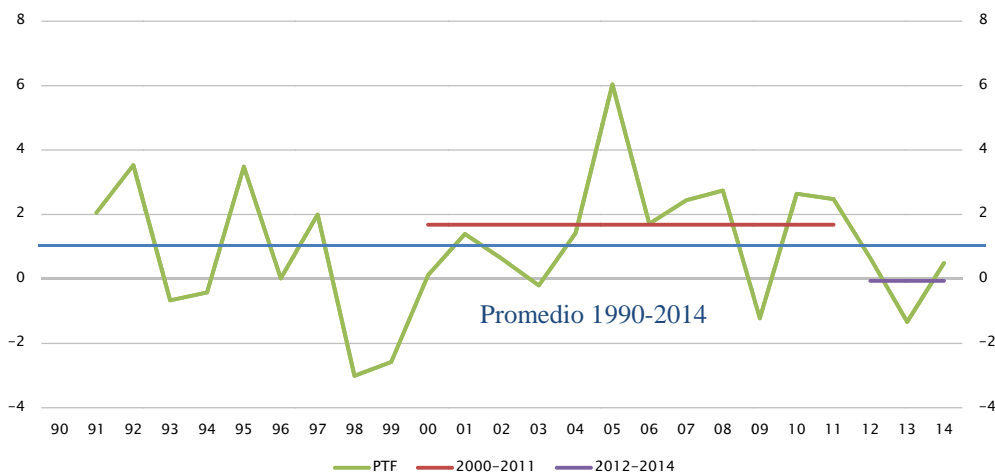
Para estimar esta cifra procedemos de la siguiente forma. Una vez calculadas las series de empleo, horas, y calidad, ajustamos el capital por su grado de utilización, obteniendo como residuo la PTF.⁸ El **gráfico 7** muestra la estimación del crecimiento anual de la PTF de los sectores resto para Chile. La serie no muestra una tendencia clara, fenómeno que ha sido

⁸ La función de producción en este caso es $Y = A(KU)^\alpha(LHQ)^{(1-\alpha)}$ donde U es utilización, estimada de acuerdo al consumo energético usando la metodología de Fuentes et al. (2006).



documentado también para otros países (para EE.UU. ver Fernald, 2014). Por esta razón, proyectamos la PTF del PIB resto simplemente usando el crecimiento promedio desde 1990, estimado en 1%.

**Gráfico 7: Crecimiento de PTF resto
(variación anual, %)**



Fuente: Elaboración propia sobre datos de BCCh, CASEN, INE.

Hay dos puntos relevantes de destacar para poner nuestra proyección en perspectiva. Primero, diversos autores han estimado un crecimiento de la productividad cercano a cero para Chile (Aravena y Fuentes, 2013; Aravena y Hofman, 2014; Ministerio de Hacienda, 2014). Sin embargo, dichas estimaciones se refieren a la PTF de la economía completa, y no del sector resto. Esta distinción es importante dado que el sector minero ha mostrado una marcada tendencia de crecimiento negativo de productividad (Magendzo y Villena, 2011, Corbo y González, 2014, y Fuentes y García, 2014). En efecto, trabajos que estiman PTF sectoriales (Magendzo y Villena, 2011) encuentran cifras similares al 1% al agregar entre sectores resto.⁹

Un segundo punto se refiere al uso de la muestra completa para proyectar el crecimiento de la PTF. Una preocupación es que quizás los primeros años de la muestra contienen

⁹ En Corbo y González (2014) también se encuentra información sobre agregaciones de PTF sectoriales que excluyen al sector minero. Estas agregaciones suelen tener valores promedios cercanos a cero. Sin embargo, la agregación de Corbo y González (2014) no considera el componente de productividad proveniente del efecto reasignación, como explicamos y documentamos en el **anexo 3**.



crecimientos muy altos de la PTF, que no parecen probables de replicarse en el futuro. Para proyectar la PTF de forma robusta, seguimos el procedimiento de predicción promedio de ventanas de estimación (AveW, por sus siglas en inglés) sugerido por Pesaran et al. (2013). Este consiste en incluir todas las sub-muestras posibles desde el inicio de las series, manteniendo fijo el final de la muestra y cambiando el inicio de la muestra, y calcular un promedio de PTF para cada sub-muestra. La distribución de crecimientos promedio obtenida de esta manera ayuda a poner en perspectiva la representatividad del promedio de la muestra completa.¹⁰ Para Chile, la media de la distribución obtenida por dicho procedimiento es virtualmente idéntica al 1%, lo que sugiere que usar el promedio simple desde 1990 es una buena aproximación.

Una acotación final tiene que ver con entender los factores que contribuyen al crecimiento de la PTF, en particular su descomposición entre crecimiento promedio de la productividad de cada sector económico del PIB resto (primer componente), vis-à-vis el crecimiento de la productividad que se obtiene de la reasignación de factores productivos entre distintos sectores (segundo componente). Si bien este ejercicio no tiene como finalidad proyectar la PTF a futuro, es interesante documentar que el segundo componente (efecto reasignación) es el que más contribuye al crecimiento promedio de la PTF, mientras que el primer componente (productividad promedio de sectores) es el que explica el grueso de las fluctuaciones del crecimiento de la PTF. El **anexo 3** entrega más detalles de esta descomposición y los resultados.

2.7 PIB RR.NN. Y PIB TOTAL

En las secciones 2.1-2.6 hemos detallado los supuestos y resultados de proyecciones para el crecimiento del PIB de sectores resto. Para proyectar el crecimiento del PIB total, es necesario añadir el sector de RR.NN., además de impuestos indirectos. En el caso de Minería, Electricidad, Gas y Agua, su crecimiento proyectado en los próximos cinco años se obtiene a partir del Catastro de la Corporación de Bienes de Capital, Cochilco, CNE y

¹⁰ En presencia de quiebres estructurales este procedimiento es atractivo ya que utiliza mayor información de observaciones que se encuentran a final de la muestra.



CDEC, además del análisis de la evolución histórica de la ley del cobre. Para la pesca, se considera un promedio de la evolución histórica de la producción sectorial. Con esto, se obtiene un crecimiento esperado para los próximos cinco años de 2,9% para RR.NN. Para impuestos indirectos (IVA y derechos de importación), asumimos un crecimiento igual al del PIB resto. Finalmente, para la proyección del PIB total, suponemos que se mantienen fijas las ponderaciones a 2013: 14% para RR.NN., 77% los sectores resto, y 9% para IVA y derechos de importación.

La **tabla 1** resume los principales resultados. En el escenario base, estimamos un crecimiento del PIB tendencial total de 3.5% promedio para el quinquenio 2016-2020 (rango 3.3-3.7%), mientras que el PIB tendencial resto crece 3.6% (rango 3.4-3.9%). Para la década 2016-2025 proyectamos sólo PIB resto, lo que entrega un crecimiento 3.3% (rango 3.1-3.5%). Este crecimiento cae a 2.5% (rango 2.4-2.8%) al considerar el horizonte completo de proyección (ver **gráfico 8**). En la tabla, el escenario pesimista corresponde a suponer el peor escenario de crecimiento para cada uno de los ejercicios anteriores, por lo que representaría el piso de crecimiento de todas las posibles combinaciones. El escenario optimista está definido de manera análoga, y por tanto representa el techo del crecimiento de acuerdo a nuestra metodología.

Tabla 1: Descomposición de crecimiento método función de producción

(a) Escenario Pesimista

	PTF	K	L	H	q	Resto	RRNN, IVA, DI	PIB Total
2016-2020	1.0	3.4	1.3	-0.5	0.7	3.4	3.1	3.3
2016-2025	1.0	3.1	1.0	-0.5	0.6	3.1	--	
2016-2050	1.0	2.4	0.4	-0.4	0.4	2.4	--	

(b) Escenario Base

	PTF	K	L	H	q	Resto	RRNN, IVA, DI	PIB Total
2016-2020	1.0	3.6	1.3	-0.4	0.7	3.6	3.2	3.5
2016-2025	1.0	3.3	1.0	-0.4	0.7	3.3	--	
2016-2050	1.0	2.5	0.5	-0.4	0.5	2.5	--	

(c) Escenario Optimista

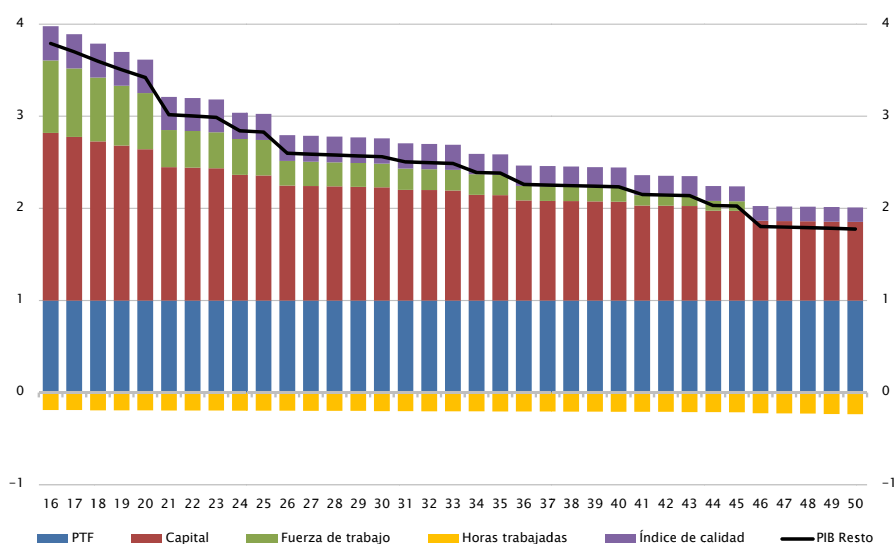
	PTF	K	L	H	q	Resto	RRNN, IVA, DI	PIB Total
2016-2020	1.0	3.9	1.4	-0.2	0.7	3.9	3.3	3.7
2016-2025	1.0	3.5	1.1	-0.2	0.7	3.5	--	
2016-2050	1.0	2.8	0.5	-0.2	0.5	2.8	--	

Fuente: Elaboración propia en base a BCCh, CASEN, INE y OECD.



La estimación de PIB tendencial de 3,5% entre el 2016 y el 2020 es similar a la presentada por el Comité Consultivo del PIB Tendencial convocado por el Ministerio de Hacienda. Dicho Comité estimó que el PIB tendencial de Chile crecerá en promedio 3,7% entre los años 2016 y 2020.¹¹

Gráfico 8: Crecimiento del PIB tendencial resto de largo plazo (variación anual, %)



Fuente: Elaboración propia en base a BCCh, CASEN, INE y OECD.

3. CRECIMIENTO TENDENCIAL: CONVERGENCIA CONDICIONAL ENTRE PAÍSES

La teoría de convergencia económica entre países ha sido objeto de numerosos tests empíricos.¹² La principal conclusión de esta literatura es que, si bien la idea de convergencia incondicional de los modelos más simples es ampliamente rechazada,¹³ existe clara evidencia de convergencia condicional, es decir, controlando por ciertas características idiosincráticas de los países.¹⁴ Por ejemplo, si las instituciones

¹¹ Ver http://www.dipres.gob.cl/594/articles-134497_doc_pdf.pdf

¹² Ver Baumol (1986), Dowrick y Nguyen (1989), Barro y Sala-i-Martin (1991, 1992)

¹³ Ver Quah (1992), Bernard (1992) y Bernard y Durlauf (1995).

¹⁴ Ver Barro (1991) y Mankiw et al. (1992).



predominantes en Bangladesh (democracia, transparencia, derechos de propiedad, etc.) son peores a las de Corea del Sur, entonces los niveles de capital de estado estacionario deberían ser también menores, lo que podría explicar el alto crecimiento de Corea y el pobre desempeño de Bangladesh.

Un ejemplo simple del concepto de convergencia condicional es calcular el cambio en el crecimiento per cápita de países que han alcanzado el nivel de Chile en 2014, donde el “condicionante” sería haber alcanzado este nivel de desarrollo. De los 41 países que han superado el PIB per cápita de Chile, encontramos una caída promedio de 2.1 pp entre los 10 años previos y 10 años posteriores a alcanzar este nivel de desarrollo. El **anexo 4** presenta una variedad de ejercicios similares aplicando distintos controles.¹⁵

Existe amplia literatura que estudia los factores condicionantes que determinan el crecimiento y convergencia. Los principales factores condicionantes incluyen educación (Barro y Lee, 1994), expectativa de vida (Bloom et al., 2003), ley y orden (Barro, 1996), democracia (Sala-i-Martin, 1997), inestabilidad política (Easterly y Levine, 1997), ratio de consumo de gobierno (Caselli et al., 1996), inflación (Bruno y Easterly, 1998), crecimiento de los términos de intercambio (Easterly, 1993) y apertura comercial (Harrison, 1996).

Los primeros estudios de convergencia condicional se basaron en regresiones de corte transversal, donde la convergencia estaba dada por el coeficiente asociado al nivel de PIB per capital inicial. Sin embargo, a medida que la calidad de los datos ha mejorado, varios autores han extendido la metodología para considerar estimaciones de panel, donde cada observación corresponde al promedio de cierta variable para un quinquenio, o alternativamente una década. Esto lleva a un panel que es rico en número de países, pero corto en su dimensión temporal.

Un trabajo reciente de Barro (2015) plantea que muestras cortas en la dimensión temporal, como es típicamente el caso en la literatura de crecimiento, llevan a un sesgo en la estimación del coeficiente de convergencia al incluir efectos fijos por país. Para corregir el problema, Barro (2015) utiliza directamente características persistentes de las distintas economías, evitando así el uso directo de efectos fijos a nivel de país. Al hacer esto, su

¹⁵ Agradecemos a Rodrigo Wagner por sugerir este ejercicio.



estimación de convergencia es del orden de 2%, es decir, la brecha entre países ricos y pobres (condicional a las otras variables) se cierra en alrededor de 2% al año.¹⁶

A continuación, presentamos los resultados de regresiones sobre una muestra idéntica a la utilizada por Barro (2015). La reestimación del modelo es necesaria ya que para proyectar el crecimiento de un país determinado se requiere estimar los efectos fijos temporales del modelo. Además, incluimos variables adicionales que son de especial relevancia para Chile, como las exportaciones de *commodities*.

3.1 Descripción de variables

Tomando como punto de partida Barro (2015), estimamos regresiones de crecimiento del PIB per cápita real total para un panel de 89 países en 11 quinquenios entre 1960 y 2014. En estas regresiones se incluyen variables tradicionales del modelo neoclásico de crecimiento: el PIB real per cápita (efecto convergencia), el ratio de formación bruta de capital fijo a PIB, y los años de escolaridad de hombres y mujeres.

La regresión de panel se estima sin efectos fijos a nivel país para evitar el mencionado sesgo. En su lugar, seguimos a Barro (2015) incluyendo características persistentes de los países que afectan el crecimiento de estado estacionario. Estas incluyen el inverso de la expectativa de vida, el logaritmo de la tasa de fertilidad, un indicador de ley y orden, indicadores de democracia, variables que reflejan el rol de la estabilidad macroeconómica (inflación y consumo de gobierno) y el rol de shocks externos (términos de intercambio). En el caso de los términos de intercambio, esta variable se interactúa con la apertura comercial, incluyendo también el efecto de la apertura comercial por si sola en la regresión.

En nuestras especificaciones, incluimos variables adicionales que son de especial importancia para países pequeños y abiertos con dependencia importante en la exportación de materias primas. Las nuevas variables incluyen la participación de las exportaciones de *commodities* sobre PIB como variable alternativa en la interacción con el crecimiento de los términos de intercambio, el crecimiento de los socios comerciales, y una medición del grado de apertura financiera. El crecimiento de socios comerciales también se interactúa

¹⁶ Caselli et al. (1996) estima una convergencia más alta, cercana al 4%, al utilizar efectos fijos a nivel país.



con el ratio de exportaciones a PIB para capturar cuán importante es el efecto de una mayor demanda por parte de los socios comerciales. En el **anexo 5** se describen las fuentes de los datos de todas las variables incluidas en la regresión de crecimiento.

3.2 Resultados de regresión panel

La **tabla 2** muestra los resultados de las principales regresiones, donde la variable dependiente es el crecimiento económico per cápita promedio de cada quinquenio, y las variables explicativas están tomadas como el valor promedio de cada quinquenio.¹⁷ La regresión de la columna 1 corresponde a la especificación escogida por Barro (2015), reestimada usando los mismos países pero donde la muestra se extiende 4 años hasta el 2014. Las demás columnas muestran los resultados de incluir variables adicionales de relevancia para una economía como la chilena.

En primer lugar, el análisis confirma la existencia de convergencia condicional, el cual se refleja por el efecto negativo y significativo asociado al PIB per cápita inicial. El coeficiente indica una convergencia de 2% al igual que en Barro (2015). También se encuentran efectos negativos y significativos de las variables demográficas, donde el signo del inverso de la expectativa de vida refleja el efecto negativo de una mayor tasa de mortalidad de la población, y en el caso de la tasa de fertilidad, el efecto negativo del crecimiento de la población. Con respecto a los factores institucionales, la variable ley y orden tiene un efecto positivo y significativo, mientras que democracia es en general no significativa.

El efecto positivo de acumulación de factores se observa en la alta significancia del ratio de inversión a PIB. En contraste, una mayor acumulación de capital humano (años de escolaridad) es no significativa.¹⁸ En el caso de las variables de estabilidad macroeconómica, se encuentran efectos negativos y significativos sobre el crecimiento de una mayor inflación y de un mayor consumo de gobierno sobre PIB.

¹⁷ Salvo PIB per cápita inicial, expectativa de vida, tasa de fertilidad y años de escolaridad, para los que se ocupa el valor inicial del quinquenio.

¹⁸ Barro y Lee (1994) encuentran un efecto significativo de años de educación en especificaciones alternativas. La no significancia de esta variable en las regresiones de la **tabla 2** puede estar asociada a la alta colinealidad entre esta y otras variables incluidas en la regresión.



**Tabla 2: Regresiones de panel de crecimiento del PIB real per cápita
(var. dep. crecimiento del PIB per cápita real, 1960-2014)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Convergencia						
Ln(PIB pc real)	-0.020***	-0.020***	-0.020***	-0.019***	-0.018***	-0.019***
Factores Demográficos						
1/Expectativa de vida	-2.659***	-2.567***	-2.578***	-2.550***	-2.463***	-2.474***
Ln(Tasa de fertilidad)	-0.023***	-0.023***	-0.023***	-0.022***	-0.022***	-0.021***
Factores Institucionales						
Ley y Orden	0.012*	0.012*	0.013**	0.012*	0.012*	0.012*
Democracia	0.023	0.022	0.022	0.025*	0.024	0.021
Democracia^2	-0.022	-0.020	-0.020	-0.025*	-0.023*	-0.019
Factores Productivos						
Ratio Inversión/PIB	0.058***	0.055***	0.055***	0.065***	0.064***	0.057***
Años de escolaridad mujeres	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Años de escolaridad hombres	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inestabilidad Macroeconómica						
Ratio Consumo gobierno/PIB	-0.034***	-0.033***	-0.033***	-0.031**	-0.030**	-0.030**
Inflación	-0.002***	-0.002***	-0.002***	-0.002***	-0.002***	-0.002***
Factores Externos						
Apertura comercial	0.007***	0.008***	0.010*			
Crec. TDI * Ap. Comercial	0.088**	0.088**	0.089**			
Exp. Comm./PIB				-0.005	-0.007	-0.020
Crec. TDI * Exp. Comm./PIB				0.244**	0.247**	0.248**
Crec. SSCC		0.198**	0.231*		0.206**	0.090
Crec. SSCC * Exp./PIB			-0.102			0.368***
Apertura financiera		-0.000*	0.000		0.000	0.000
R2 within	0.311	0.314	0.315	0.297	0.299	0.305
N° Observaciones / N° Países	875 / 89	875 / 89	875 / 89	875 / 89	875 / 89	875 / 89

Nota: Estimación con *dummies* temporales (omitidas), sin efectos fijos a nivel de país y errores estándares robustos. Todas las variables toman el valor inicial de cada quinquenio salvo en el caso de inflación, crecimiento de términos de intercambios y crecimiento de socios comerciales. (*) $p < 0.1$, (**) $p < 0.05$, (***) $p < 0.01$

Fuente: Elaboración propia en base a Barro-Lee (2013), Comtrade, Consensus Forecast, Freedom House, ICRG, IFS, Lane y Milesi-Ferretti (2007), OECDStat, PWT 8.0, UNStats, WDI, WEO.

Con respecto a los determinantes externos de crecimiento, se obtiene un efecto positivo y significativo de una mejora en los términos de intercambio, tanto si esta variable se interactúa con la medida de apertura comercial, como si se utiliza el ratio de exportaciones de *commodities* a PIB. El crecimiento de socios comerciales también tiene un efecto positivo y significativo. Por último, la apertura financiera resulta no significativa.



3.3 Proyección de crecimiento para Chile

A continuación, proyectamos el crecimiento de Chile para el quinquenio 2015-2019, y para 2020-2024. En el **anexo 5** detallamos los supuestos realizados para proyectar los distintos determinantes del crecimiento del PIB per cápita para Chile. Decidimos mantener la tendencia histórica de los factores demográficos e institucionales, y de la apertura comercial y financiera, ya que estas variables presentan tendencias estables a lo largo del tiempo. Los ratios de inversión y consumo de gobierno a PIB se construyen usando las variaciones de los mismos ratios a partir de los supuestos del WEO.¹⁹ En el caso de la inflación suponemos que ésta es igual a la meta de inflación para todo el período de proyección. El crecimiento de los socios comerciales se computa tomando las proyecciones de crecimiento del WEO y asumiendo constante la participación de los socios en el comercio exterior a partir del último dato disponible. El supuesto de crecimiento de los términos de intercambio está dado por las proyecciones de Consensus Forecast para el precio del cobre y petróleo.²⁰ Finalmente, en el caso del PIB per cápita inicial, tomamos el valor ya predeterminado para el 2014 (además del resto de los supuestos para este período) para así proyectar el crecimiento promedio de 2015-2019. A partir de este cómputo calculamos el valor del PIB per cápita para el 2019, el cual corresponde al nivel inicial del siguiente quinquenio.²¹

El **gráfico 9** muestra la descomposición del crecimiento del PIB total de Chile para cada uno de los quinquenios desde 1960 a 2014, y la proyección para los siguientes 10 años. Elegimos los coeficientes de la regresión 2 de crecimiento del PIB per cápita y sumamos por fuera el crecimiento de la población para obtener el crecimiento del PIB total. Para simplificar la representación gráfica del aporte de cada variable, en las barras azules (denominadas como “convergencia”) se resume el efecto de la suma de la convergencia (negativa), la constante de la regresión (positiva) y las *dummies* temporales (negativas). Con esto, la barra azul representa básicamente el efecto negativo de la convergencia,

¹⁹ World Economic Outlook de abril de 2015.

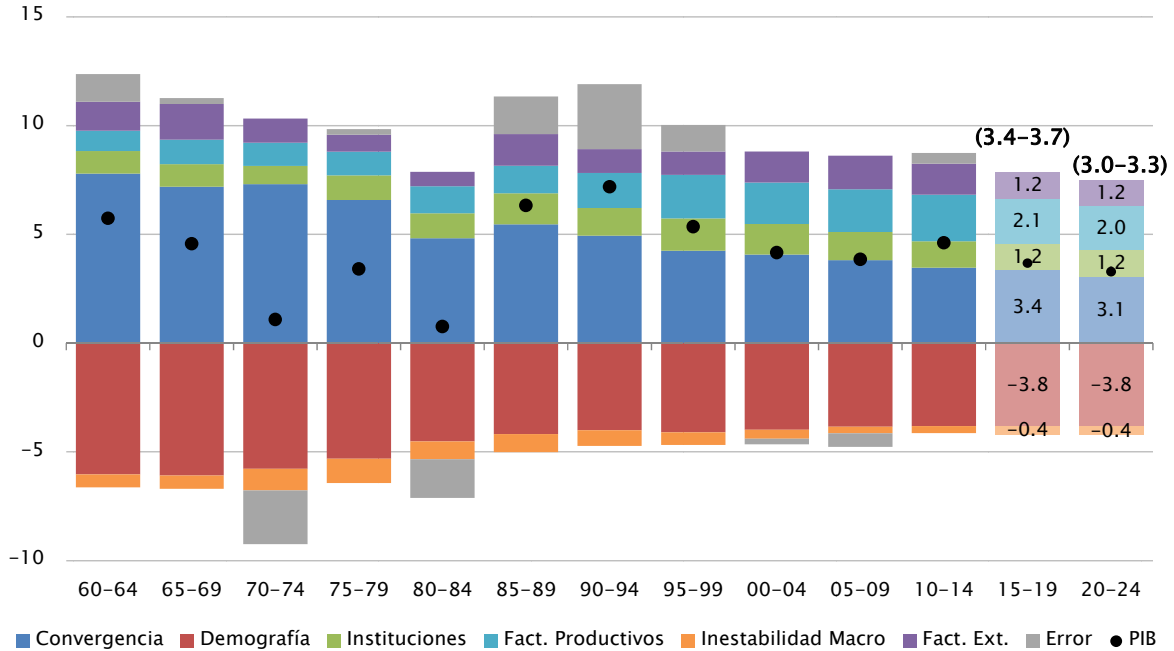
²⁰ Se asume una participación de cobre en las exportaciones totales de bienes y servicios de 44% y una participación del petróleo en las importaciones totales de 8% (igual al promedio entre 2003 y 2014).

²¹ Para proyectar el efecto de las *dummies* temporales en los quinquenios futuros asumimos que esta toma el valor alcanzado en el último período de la estimación, ya que al observar su evolución histórica corroboramos que esta se mantiene más bien estable.



reduciendo su contribución progresivamente a medida que el nivel de PIB per cápita de Chile aumenta.

Gráfico 9: Resultados de convergencia condicional para el crecimiento del PIB total (variación anual promedio, %)



Notas: Las barras corresponden a los resultados usando regresión 2 de **tabla 2**. Entre paréntesis se presentan el rango de crecimiento usando las 6 estimaciones de la tabla. “**Convergencia**” corresponde a la suma de la contribución del PIB inicial, la constante de la regresión y las *dummies* temporales.

Fuente: Elaboración propia en base a Barro-Lee (2013), Comtrade, Consensus Forecast, Freedom House, ICRG, IFS, Lane y Milesi-Ferretti (2007), OECDStat, PWT 8.0, UNStats, WDI, WEO.

Por otra parte, destacan las variables demográficas que más que compensan el efecto de las barras azules a partir del quinquenio 2005-2009. El efecto neto de estos factores (convergencia y demografía) resta al crecimiento a partir de esa fecha, llegando a reducir 0.4 pp del crecimiento en el último quinquenio. Por lo tanto, los determinantes que siguen contribuyendo positivamente al crecimiento del PIB corresponden a los factores



institucionales, productivos, externos y macroeconómicos, los que llegan a aportar 4.5 pp en el último quinquenio.²²

Para los próximos 5 años (2015-2019), se estima un crecimiento del PIB total tendencial de mediano plazo de **3.6%** (rango 3.4-3.7%) y de **3.4%** para los próximos 10 años (rango 3.2-3.5%). Este rango de crecimiento se obtiene usando las 6 estimaciones de la **tabla 2**.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta dos metodologías para estimar el crecimiento del producto tendencial de mediano plazo para Chile, ambas basadas en el concepto de convergencia. Para el método de función de producción, cada variable que muestra una tendencia histórica (como horas, participación fuerza de trabajo, y capital humano) se hace converger en el largo plazo a niveles de países desarrollados (OECD). Para las estimaciones de panel del crecimiento per cápita, se incorpora explícitamente el efecto convergencia, mediante el cual países de mayores ingresos –relativo a su estado estacionario, dado por condiciones específicas en cada país—deberían crecer más lento.

Si bien los datos utilizados y las estimaciones específicas difieren entre metodologías, ambas entregan estimaciones para el crecimiento de los próximos 5 a 10 años muy similares, en torno a **3.5%** para el primer quinquenio, y de **3.3%** para la próxima década.

²² Las variables de inflación y consumo de gobierno a PIB aportan negativamente para todos los países, ya que toman valores estrictamente positivos (y el coeficiente es negativo). En el caso de Chile, la alta estabilidad macroeconómica se refleja en un efecto negativo pero pequeño en magnitud.



REFERENCIAS

Albagli, E., y A. Naudon (2015). “¿De qué hablamos cuando hablamos de producto potencial?” Mimeo, Banco Central de Chile.

Albagli, E., Fornero, J., Gatty, A., Kirchner, M., Luttini, E., Naudon, A., Tranamil, R., y A. Yanny (2015). “Producto Potencial Relevante para la Inflación”. Mimeo, Banco Central de Chile.

Aravena, C. y A. Fuentes (2013). “El desempeño mediocre de la productividad laboral en América Latina: una interpretación neoclásica,” Serie Macroeconomía del Desarrollo.

Aravena, C. y A. Hofman (2014). “Crecimiento económico y productividad en América Latina: Una perspectiva por industria, según la base de datos LA-KLEMS,” Serie Macroeconomía del Desarrollo.

Barro, R. (1991). “Economic growth in a cross section of countries,” *Quarterly Journal of Economics* 106 (2), 407–443.

Barro, R. (1996). “Democracy and growth,” *Journal of Economic Growth*, 1 (1), 1–27.

Barro, R. (2015). “Convergence and Modernisation,” *The Economic Journal*, Vol. 125, Issue 585, 911-942.

Barro, R. y J.W. Lee (1994). “Sources of economic growth (with commentary),” *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 40, 1–57.

Barro, R. y X. Sala-i-Martin (1991). “Convergence across states and regions,” *Brookings Papers on Economic Activity* 1, 107–158.

Barro, R. y X. Sala-i-Martin (1992). “Convergence,” *Journal of Political Economy* 100, 223–251.

Baumol, W. (1986). “Productivity growth, convergence, and welfare: What the long-run data show,” *American Economic Review* 76 (5), 1072–1085.

Bernard, A. (1992). “Empirical implications of the convergence hypothesis,” Working paper (MIT, Cambridge, MA).



Bernard, A. y S. Durlauf (1995). “Convergence in international output,” *Journal of Applied Econometrics* 10 (2), 97–108.

Bernard, A. y C. Jones (1996). “Productivity across industries and countries: time series theory and evidence,” *The Review of Economics and Statistics*, 135-146.

Bloom, D., Canning, D. y J. Sevilla (2003). “Geography and poverty traps,” *Journal of Economic Growth* 8, 355–378.

Bruno, M. y W. Easterly (1998). “Inflation crises and long-run growth,” *Journal of Monetary Economics* 41 (1), 3–26.

Caselli, F. (2005). “Accounting for Cross-Country Income Differences,” *Handbook of Economic Growth*, en: P. Aghion y S. Durlauf (ed.), *Handbook of Economic Growth*, edición 1, vol. 1, cap. 9, 679-741.

Caselli, F., Esquivel, G. y F. Lefort (1996). “Reopening the convergence debate: a new look at cross country growth empirics,” *Journal of Economic Growth* 1 (3), 363–389.

Contreras G. y F. Pinto (2015). “El crecimiento de Chile explicado a través de un modelo de convergencia condicional,” *Economía Chilena*, vol. 18(2), 120-137.

Corbo V., y R. Gonzalez (2014), “Productivity and Economic Growth in Chile,” en *Growth Opportunities for Chile*. editado por V. Corbo (eds.), CEP, Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Dowrick, S. y D. Nguyen (1989). “OECD comparative economic growth 1950-1985: Catch up and convergence,” *American Economic Review* 79, 1010-1030.

Easterly, W. (1993). “How much do distortions affect growth?,” *Journal of Monetary Economics* 32 (2), 187–212.

Easterly, W. y R. Levine (1997). “Africa’s growth tragedy: Policies and ethnic divisions,” *Quarterly Journal of Economics* 112 (4), 1203–1250.

Fernald, J. (2014). “The recent rise and fall of rapid productivity growth,” *FRBSF Economic Letter*, Federal Reserve Bank of San Francisco.



Fornero J., M. Fuentes, D. Gianelli y A. Yany (2014). “Revisión de Supuestos de Estimación de PIB Tendencial,” Mimeo, Banco Central de Chile.

Fuentes, R., M., Larraín, y K. Schmidt-Hebbel (2006). “Sources of Growth and Behavior of TFP in Chile”, Latin American Journal of Economics-formerly Cuadernos de Economía, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile, vol. 43(127), 113-142.

Fuentes, R., y G. García (2014). “Una Mirada Desagregada al Deterioro de la Productividad en Chile: ¿Existe Un Cambio Estructural?,” Economía Chilena, vol. 17 (1), 04-36.

Gollin, D., (2002). “Getting Income Shares Right,” Journal of Political Economy, University of Chicago Press, vol. 110(2), 458-474.

Harrison, A. (1996). “Openness and growth: A time-series, cross-country analysis for developing countries,” Journal of Development Economics 48 (2), 419–447.

Harrison, A. (2005). “Has Globalization Eroded Labor’s Share? Some Cross-Country Evidence,” MPRA Paper 39649, University Library of Munich, Germany.

Karabarbounis, L., y B. Neiman (2014). “The Global Decline of the Labor Share,” The Quarterly Journal of Economics, vol. 129(1): 61-103.

Lane, P. R. y G. M. Milesi-Ferretti (2007). “The external wealth of nations mark II: Revised and extended estimates of foreign assets and liabilities, 1970–2004,” Journal of International Economics, 73, 223-250.

Magendzo I., y M. Villena (2011). “Evolución de la productividad total de factores en Chile,” CORFO-UIA.

Mankiw, N.G., Romer, D., y D.N. Weil (1992). “A contribution to the empirics of economic growth,” Quarterly Journal of Economics 107 (2), 407–437.

Ministerio de Hacienda (2014). Resultados del Comité Consultivo del PIB Tendencial.

OECD (2001), “Measuring productivity OECD Manual,” Mimeo, Organisation for Economic Cooperation and Development.

Pesaran, M., A. Pick, y M. Pranovich (2013). “Optimal forecasts in the presence of structural breaks,” Journal of Econometrics, vol. 177(2), 134-152.



Quah, D. (1992). “International patterns of growth: Persistence in cross-countries disparities,” Working paper, London School of Economics, London.

Sala-i-Martin, X. (1997). “I just ran 2 million regressions,” *American Economic Review* 87 (2), 178–183.

Solow, R. (1956). “A contribution to the theory of economic growth,” *Quarterly Journal of Economics* 70.

Swan, T. (1956). “Economic growth and capital accumulation,” *Economic record*, 32(2), 334–361.

Riveros, R., y R. Vergara (2006). “Productividad Sectorial en Chile: 1986-2001,” *Latin American Journal of Economics*-formerly Cuadernos de Economía, Instituto de Economía. Pontificia Universidad Católica de Chile., vol. 43(127), 143-168.



ANEXOS

A1. Revisión de literatura y cálculos alternativos de participación del trabajo

Existen otras maneras de computar la participación del trabajo en el PIB. Un primer método es simplemente dividir el salario pagado a los trabajadores por el valor agregado, considerando la información de CCNN para la economía agregada. El problema de este método es que los ingresos generados por trabajadores cuenta propia no están considerados dentro de la partida salarios, por lo que el cálculo sin ajustes adicionales tenderá a subestimar la participación del trabajo, un problema que es común a muchos países.²³

Usando información de CCNN (sin incluir cuenta propia), Riveros y Vergara (2006) calculan la participación del trabajo como la compensación total a empleados sobre el PIB total, llegando a un número cercano a 40%.²⁴ Computando la participación del trabajo de esta forma (pero sólo para el sector resto), encontramos que la contribución de los trabajadores al PIB es 48% (promedio 2008-2012).

Un segundo método es tratar de imputar los ingresos de los trabajadores por cuenta propia. Fuentes et al. (2006) ajustan el ingreso al trabajo de acuerdo al empleo en el sector informal (usando la Encuesta de Empleo de la Universidad de Chile), pero suponiendo iguales ingresos entre estos grupos en promedio. El trabajo de Corbo y González (2014) también se basa en esta metodología para calcular la participación del trabajo. Estos trabajos encuentran participaciones bastante más altas, en torno a 60%.

Siguiendo el espíritu de Fuentes et al. (2006), calculamos la proporción de trabajadores en cuenta propia respecto al empleo total usando información de la encuesta de empleo del INE. El promedio histórico (1986-2014) del porcentaje de trabajadores por cuenta propia sobre el empleo total es 22%. Sin embargo, los trabajadores por cuenta propia ganan menos que los asalariados. Según la nueva encuesta suplementaria de ingresos, los trabajadores por cuenta propia ganan un 58% del salario del sector formal (promedio 2001-2013). Al

²³ Gollin (2002) documenta que mediciones de la participación del trabajo que no ajustan por este problema de CCNN dramáticamente subestiman la participación del trabajo en economías no desarrolladas.

²⁴ En Riveros y Vergara (2006) la participación del trabajo en la economía en su totalidad (i.e. suma sector resto, minería, y electricidad, gas, y agua) alcanza un 40%. No obstante este valor es re-escalado para alcanzar la misma participación que utilizó el Ministerio de Hacienda chileno para estimar el PIB tendencial en 2004, alcanzando finalmente un 55%.



agregar este 22% extra de trabajadores, que ganan en promedio un 58% del ingreso de los asalariados, nos lleva a corregir la participación del trabajo a un 56%. Nótese que esta cifra es menor a la participación calculada por Fuentes et al. (2006), lo que se debe a que estos autores no ajustan por el menor ingreso de los trabajadores por cuenta propia.

Sin embargo, este segundo método tiene el problema que no imputa remuneración alguna al capital de la actividad de los trabajadores por cuenta propia, excluyendo, por ejemplo, pagos al capital que es propiedad de cuentapropistas. De esta manera, tenemos valores para los dos cálculos extremos de la participación del trabajo. El primero asigna toda la remuneración de trabajadores por cuenta propia al capital (método 1) y el segundo asigna todo su ingreso al factor trabajo (método 2). El promedio simple de estas dos cifras es 51,4% muy cercano a la cifra que reportamos en nuestro ejercicio base (52%).



A2. Supuesto de convergencia de la educación por grupo de edad

(a) Grupo ocupados entre 25 y 34 años

La estimación del nivel de educación al que convergen los ocupados de este grupo etario se realizó en dos etapas: en primer lugar, hacemos un supuesto para la convergencia de la población entre 25 y 34 años, y en segundo lugar, aplicamos un factor de ajuste para transformar este resultado de la *población* en la convergencia de los *ocupados* en este grupo de edad.

Para estimar la convergencia de la educación de la población entre 25 y 34 años, usamos como referente el porcentaje de la población con educación terciaria completa de la mediana de países de la OECD. Para estos países, este dato está sólo disponible para la población entre 25 y 64 años (35.4% en el 2014), por lo que es la única fuente disponible para comparar con el tramo de educación superior completa de la CASEN de la población 25-34 años (27.2% en el 2013). El nivel de educación del resto de las categorías educacionales se calcula ponderando la participación de cada nivel educacional de la CASEN 2013 por el ratio entre la suma de la educación no terciaria en la OECD (64.6%) y la suma de la educación no terciaria en la CASEN 2013 (72.8%).

Finalmente, para pasar de proyecciones de población a proyecciones de ocupados, ponderamos la resultante convergencia de la población entre 25 y 34 años por un factor de ajuste para cada tramo educacional, calculado como el promedio de los ratios entre ocupados y población de este grupo etario de las encuestas CASEN de 1990 a 2013.

(b) Grupo ocupados entre 15 y 24 años

El cálculo de la convergencia de los ocupados más jóvenes también se obtiene mediante dos etapas. Primero, estimamos un nivel de convergencia de la población entre 15 y 24 años y, a continuación, corregimos este resultado por un factor ajuste para obtener la convergencia de los ocupados en este grupo etario.

Para obtener el nivel al que converge la educación de la población entre 15 y 24 años tomamos como referente la estimación de la convergencia educacional de la población entre 25 y 34 años, presentada en el punto anterior. Como la población de 15-24 ya terminó



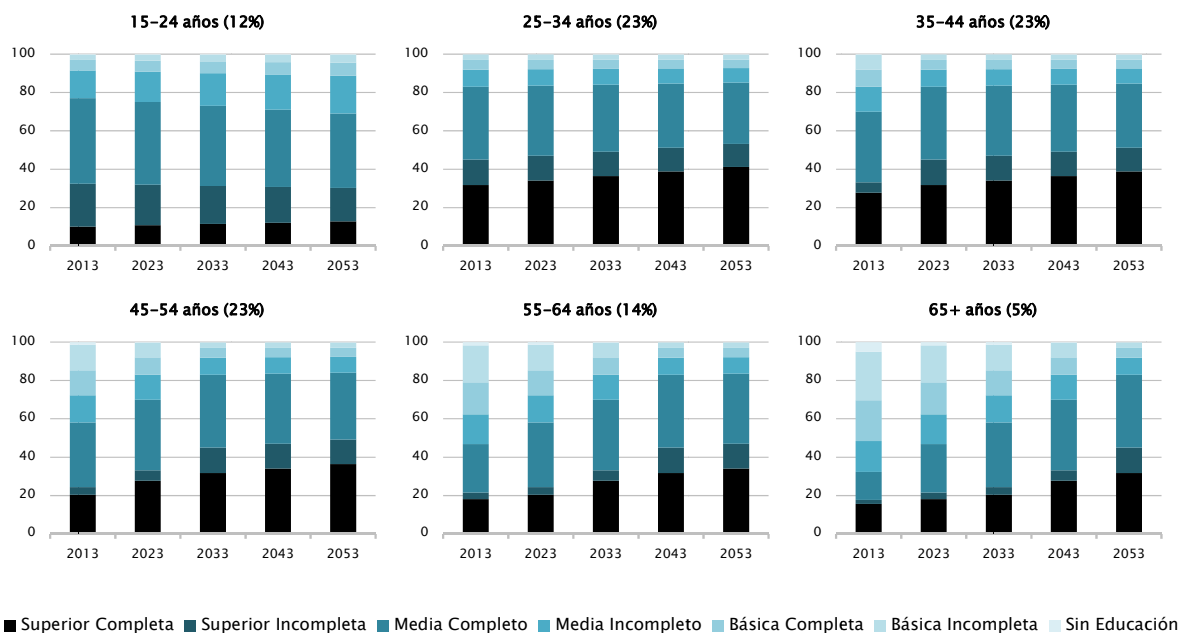
la educación básica, el supuesto de convergencia para los tres primeros tramos educacionales (sin educación formal, básica incompleta y básica completa) es igual al de la convergencia de la población entre 25 y 34 años. Para estimar la participación de la población en los últimos cuatro tramos educacionales hacemos los siguientes supuestos adicionales:

- *Población entre 15 y 17 años:* Este grupo no ha terminado la educación media, por lo que el resto de la distribución se concentra en el tramo de educación media incompleta.
- *Población de 18 años:* Suponemos que el resto de la distribución de este rango se divide en partes iguales entre los tramos de educación media incompleta y media completa.
- *Población entre 19 y 22 años:* Este grupo no ha terminado la educación superior, por lo que los primeros 5 tramos tienen el mismo supuesto de convergencia que la población entre 25 y 34 años. En consecuencia, el resto de la distribución se ubica en el tramo de educación superior incompleta.
- *Población de 23 años:* Este rango también tiene el mismo supuesto de convergencia que la población entre 25 y 34 años para los 5 primeros grupos educacionales. El siguiente tramo (educación superior incompleta) se compone del total de la población del supuesto de convergencia del rango 25-34 años con educación superior incompleta más la mitad de la población con educación superior completa de ese mismo rango de edad. El último tramo se compone de la mitad restante. La lógica es que algunos de los jóvenes con 23 años tendrán superior completa eventualmente, pero aún no tienen la edad suficiente para clasificar. Dado que las carreras terminan en esta edad aproximadamente, asumimos una división de 50-50% entre superior completa-incompleta para esta edad.
- *Población de 24 años:* Suponemos que este grupo ya terminó de estudiar por lo que tiene el mismo supuesto de convergencia que la población entre 25 y 34 años para los 7 tramos educacionales.

Por último, ponderamos la resultante convergencia de la población entre 15 y 24 años por un factor de corrección para cada grupo educacional, calculado como el promedio de los ratios entre ocupados y población en esta cohorte de las encuestas CASEN de 1990 a 2013.



**Gráfico A.1: Convergencia de educación por cohorte etario
(% ocupados de cada grupo)**



Nota: Entre paréntesis se indica el porcentaje de cada cohorte en los ocupados (15+) según CASEN (2013).

Fuente: Elaboración propia en base a CASEN, INE y OECD.



A3. Descomposición de crecimiento de la PTF: ¿una economía más eficiente o más productiva?

En esta sección, siguiendo a Bernard y Jones (1996), exploramos las fuentes históricas de crecimiento de la PTF identificando dos componentes principales. El primero son las ganancias por crecimiento de productividad en cada sector (mayor productividad), y el segundo son las ganancias por la reasignación de recursos entre sectores con productividad distintas (mayor eficiencia). A continuación cuantificamos la contribución individual de cada canal.

El PIB de la economía es definido como la suma de PIB sectoriales, i.e. $Y = \sum_s Y_s$ (donde s denota sector). Asumiendo que cada sector industrial produce de acuerdo a una función de producción Cobb-Douglas, $Y_s = A_s L_s^{\alpha_s} K_s^{1-\alpha_s}$, el crecimiento de la PTF agregada puede escribirse como,

$$\frac{\Delta PTF_t}{PTF_{t-1}} = \sum_s \omega_{st-1} \frac{PTF_{st-1}}{PTF_{t-1}} \frac{\Delta PTF_{st}}{PTF_{st-1}} + \sum_s \frac{PTF_{st-1}}{PTF_{t-1}} \Delta \omega_{st}$$

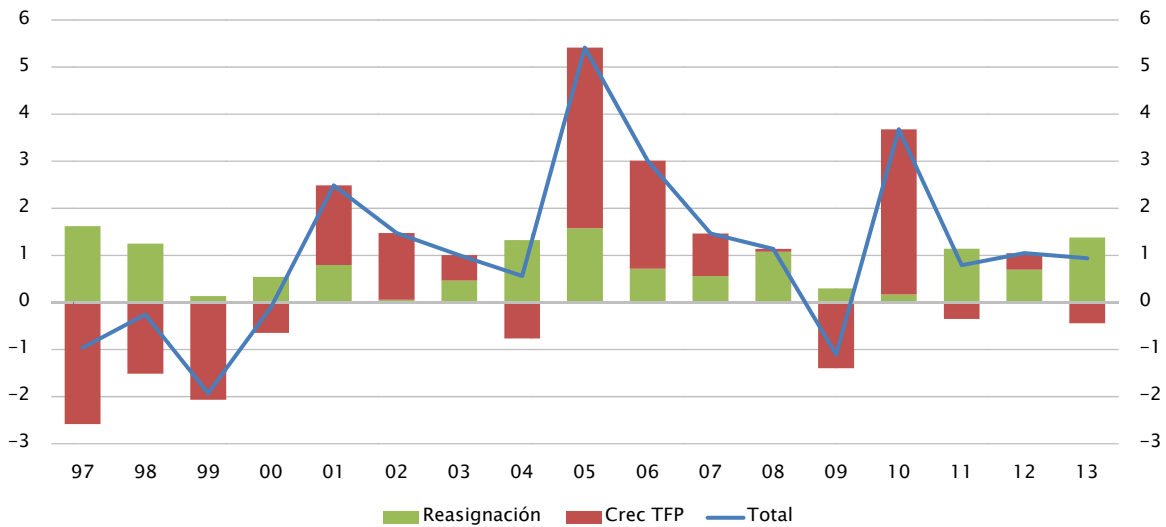
donde ω_s es $\frac{L_s^{\alpha} K_s^{1-\alpha}}{L^{\alpha} K^{1-\alpha}}$, L y L_s se encuentran ajustados por capital humano, K y K_s se encuentran ajustados utilización. El primero de los dos términos de la suma es un promedio ponderado (por la participación de cada sector en el PIB) de productividades sectoriales. Este término resume ganancias por aumentos de productividad a nivel sectorial.

El segundo término cuantifica las ganancias por reasignación sectoriales. Este término a su vez se compone de dos efectos $\Delta \omega_s$ y $\frac{PTF_{st-1} - PTF_{t-1}}{PTF_{t-1}} \Delta \omega_{st}$. El primero se relaciona con la curvatura de las funciones de producción sectoriales. Este será positivo si capital o trabajo se mueven hacia sectores donde su productividad marginal es mayor, lo cual depende de su intensidad de uso en distintos sectores. Por ejemplo, si dos sectores con igual tecnología (mismo α , y PTF) usan intensidades de capital muy distintas, un movimiento de capital hacia el sector donde es más escaso aumentará la productividad total de la economía. El segundo término es la ganancia pura por asignar recursos a sectores de mayor PTF.



El **gráfico A2** sugiere tres episodios marcados para la evolución de la PTF entre 1997-2013.²⁵ En lo inmediatamente posterior a la crisis asiática, el deterioro de la productividad resto fue explicado por drásticas caídas de productividades sectoriales. Durante el decenio 2000-2010, la economía exhibe un importante dinamismo en especial durante 2005-2008. Finalmente, durante 2011-2013 la productividad de la economía se estancó, siendo la única fuente de dinamismo una asignación de recursos más eficiente. La **tabla A1** documenta las contribuciones año a año de cada uno de estos canales. La **tabla A2** documenta que la principal fuente de variación de la productividad agregada de la economía es el efecto crecimiento, mientras que el efecto reasignación tiene un rol secundario.

Gráfico A2: Descomposición histórica del crecimiento de la PTF resto (variación anual, %)



Nota: La línea azul es $\left(\frac{\Delta PTF_t}{PTF_{t-1}}\right)$, las barras verdes representan el efecto de reasignación $\left(\sum_s \frac{PTF_{st-1}}{PTF_{t-1}} \Delta \omega_{st}\right)$ y las barras rojas el efecto crecimiento PTF $\left(\sum_s \omega_{st-1} \frac{PTF_{st-1}}{PTF_{t-1}} \frac{\Delta PTF_{st}}{PTF_{st-1}}\right)$. Para más detalle de lo que significa cada variable ver **anexo A3**.

Fuente: Elaboración propia sobre datos de BCCh, CASEN, INE.

²⁵ Los datos sectoriales están disponibles solo a partir de 1997.



Tabla A1: Contribución al crecimiento de PTF resto

Año	Crec. PTF	Efecto Reasignación	Total
1997	-2.58%	1.62%	-0.96%
1998	-1.51%	1.25%	-0.26%
1999	-2.06%	0.14%	-1.93%
2000	-0.64%	0.54%	-0.10%
2001	1.69%	0.79%	2.49%
2002	1.42%	0.06%	1.48%
2003	0.54%	0.46%	1.00%
2004	-0.76%	1.33%	0.56%
2005	3.83%	1.58%	5.41%
2006	2.29%	0.72%	3.01%
2007	0.90%	0.56%	1.46%
2008	0.06%	1.07%	1.14%
2009	-1.40%	0.30%	-1.10%
2010	3.51%	0.17%	3.68%
2011	-0.35%	1.14%	0.79%
2012	0.35%	0.70%	1.05%
2013	-0.44%	1.38%	0.94%
Promedio	0.29%	0.81%	1.10%

Nota: Descomposición del crecimiento PTF en crecimiento PTF sectoriales y efecto reasignación. La primera columna muestra el primer término de la descomposición $\frac{\Delta PTF_t}{PTF_{t-1}} = \sum_s \omega_{st-1} \frac{PTF_{st-1}}{PTF_{t-1}} \frac{\Delta PTF_{st}}{PTF_{st-1}} + \sum_s \frac{PTF_{st-1}}{PTF_{t-1}} \Delta \omega_{st}$, efecto crecimiento PTF. La segunda columna muestra el segundo término de la suma, efecto reasignación. Para más detalle de lo que significa cada variable ver **anexo A3**.

Fuente: Elaboración propia sobre datos de BCCh, CASEN, INE.



Tabla A2: Descomposición varianza crecimiento PTF resto

Descomposición de Varianza	
Crec TFP	Efecto Reasignación
96%	4%

Nota: Descomposición de varianza de $\frac{\Delta PTF_t}{PTF_{t-1}}$ en efecto crecimiento PTF y efecto reasignación. La primera columna es $covar(\frac{\Delta PTF_t}{PTF_{t-1}}, \sum_s \omega_{st-1} \frac{PTF_{st-1}}{PTF_{t-1}} \frac{\Delta PTF_{st}}{PTF_{st-1}})$, i.e. la varianza explicada por el efecto crecimiento. La segunda columna es $covar(\frac{\Delta PTF_t}{PTF_{t-1}}, \sum_s \frac{PTF_{st-1}}{PTF_{t-1}} \Delta \omega_{st})$, i.e. la varianza explicada por el efecto reasignación.

Fuente: Elaboración propia sobre datos de BCCh, CASEN, INE.



A4. Ejercicio preliminar de convergencia condicional

Como primera aproximación a la convergencia condicional presentamos evidencia respecto a la reducción en el crecimiento de las economías a medida que alcanzan niveles de desarrollo mayor. El objetivo de los siguientes ejercicios es documentar el crecimiento de las economías una vez alcanzado el PIB real per cápita de Chile en 2014, en adelante nos referiremos a este nivel como el umbral.²⁶ Para esto calculamos el crecimiento promedio en una muestra de 41 economías y lo comparamos en distintos momentos del tiempo. En el análisis agrupamos a todos los países en la misma muestra y adicionalmente generamos una sub muestra correspondiente a economías exportadoras de materias primas.²⁷ Los resultados se presentan en la **tabla A3**.

En el primer ejercicio calculamos el crecimiento hasta 2014 una vez que las economías alcanzan el umbral. Notamos que las economías de la muestra completa han crecido 2,0%, mientras que las exportadoras de *commodities* han crecido 1,6%. El segundo ejercicio consiste en calcular el crecimiento promedio 10 años previos y 10 años posteriores una vez alcanzado el umbral. Los resultados muestran que las economías reducen su crecimiento en 2,1 pp tras sobrepasar el umbral. En el caso de las economías exportadoras de materias primas la reducción en el crecimiento es mayor (3,6 pp). El tercer ejercicio replica el anterior, pero tomando en consideración el crecimiento mundial, para esto restamos el crecimiento del mundo al crecimiento de cada economía.²⁸ Los resultados confirman el mismo patrón previamente encontrado. En particular, las economías crecen 1,9 pp menos respecto los 10 años siguientes del crecimiento mundial una vez alcanzado el umbral. Nuevamente el efecto es más acentuado para aquellas economías exportadoras de materias primas quienes crecen 2,6 pp menos respecto del crecimiento mundial los 10 años siguientes post umbral.

²⁶ El PIB per cápita real de Chile en 2014 fue de \$9.848 en dólares de 2005. Fuente: *World Development Indicators* (WDI), Banco Mundial.

²⁷ Una economía es categorizada como exportadora de materias primas cuando cumple conjuntamente que i) sus exportaciones de commodities sobre exportaciones totales sean mayor a 40% y ii) que sus exportaciones de commodities sobre PIB sean mayores a 5%.

²⁸ La razón de este ejercicio es para corregir los resultados de acuerdo al crecimiento la economía global ya que los países alcanzan el umbral en distintos momentos del tiempo pero la economía global crece a tasas distintas cuando ello ocurre.



**Tabla A3. Crecimiento PIB real per cápita
(muestra de 41 países)**

	Muestra completa	Exp. Mat. Primas
Respecto al umbral		
Crecimiento hasta 2014	2.0	1.6
Crec. 10 años previos	5.1	5.7
Crec. 10 años posteriores	2.9	1.7
Diferencia (10a post-10a previos)	-2.1	-3.6
Respecto al umbral menos crec. Mundo		
Crec. 10 años previos	2.6	4.0
Crec. 10 años posteriores	0.8	0.1
Diferencia (10a post-10a previos)	-1.9	-2.6

Nota: Valores expresados en porcentaje y corresponden a medianas por grupo. El valor de la diferencia expresado corresponde a la mediana (por grupos) de la diferencia entre crecimientos (no necesariamente igual a la resta entre las medianas). La muestra corresponde a 41 economías:

Economías no exportadores de materias primas: Alemania, Antigua y Barbuda, Austria, Bélgica, Barbados, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Holanda, Hong Kong, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Portugal, Puerto Rico, Reino Unido, Rep. De Corea, San Cristóbal y Nieves, Singapur, Suecia, Suiza.

Exportadoras de materias primas: Arabia Saudita, Australia, Canadá, Gabón, Grecia, Guinea Ecuatorial, Libia, Malta, Noruega, Nueva Zelanda, Omán, Seychelles, Trinidad y Tobago.

Fuente: Banco Mundial (WDI), *Maddison-Project Database*



A5. Descripción de Datos y Supuestos de Proyección usados en Regresiones de Convergencia Condicional

Variable	Fuente De Datos	Supuesto de Proyección Para Chile 2015-2024
Años de escolaridad mujeres	Barro, Lee (2013)	Tasa variación 2009-2014
Años de escolaridad hombres	Barro, Lee (2013)	Tasa variación 2009-2014
Apertura comercial	PWT 8.0, WDI, WEO	Dato 2009-2014
Apertura financiera	Lane, Milesi-Ferretti (2007)	Dato 2009-2014
Crec. Socios Comerciales	UN Comtrade Database, WDI, WEO	Proyección WEO 2014-2019
Crec. Términos de Intercambio	OECDStat, UNSTATS, WDI, WEO	CF (proyección p. cobre y petróleo)
Consumo gobierno/PIB	PWT 8.0, WDI, WEO	WEO 2014-2019
Crecimiento Población	IFS, WDI	INE 2014-2024
Democracia	Freedom House (derechos políticos)	Dato 2009-2014
Dummy Temporal	Resultado regresión	Resultado 2009-2014
Expectativa de vida	WDI	Tasa variación 2009-2014
Exportaciones/PIB	IFS, WDI, WEO	Dato 2009-2014
Exp. de <i>commodities</i> /PIB	UN Comtrade Database, WDI, WEO	Dato 2009-2014
Inflación	IFS, WDI, WEO	Meta 3%
Inversión/PIB	PWT 8.0, WDI, WEO	Proyección WEO 2014-2019
Ley y Orden	ICRG	Dato 2009-2014
PIB pc real	PWT 8.0, WDI, WEO	Dato 2014 y resultado 2019
Tasa de fertilidad	WDI	Tasa variación 2009-2014

Descripción de siglas: CF: Consensus Forecast, INE: Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, ICRG: International Country Risk Guide (Political Risk Services), IFS: International Financial Statistics (Fondo Monetario Internacional), PWT: Penn World Tables, UNSTATS: United Nations Statistical Division, WDI: World Development Indicators (Banco Mundial), WEO: World Economic Outlook (Fondo Monetario Internacional).



Producto Potencial Relevante para la Inflación

Autores: Elías Albagli
Jorge Fornero
Andres Gatty
Markus Kirchner
Emiliano Luttini
Alberto Naudón
Rodrigo Tramamil
Andres Yany

Septiembre 2015

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de producto potencial usualmente se refiere al nivel de actividad económica que no genera presiones inflacionarias. Este nivel de producto corresponde al que se obtiene de un uso *óptimo* de los factores productivos, dado los shocks que enfrenta la economía en un momento determinado. Estos shocks (productividad, preferencias, términos de intercambio) afectan el producto potencial de manera directa –para un uso de factores dado–, pero también de forma indirecta a través del nuevo uso óptimo de factores que resulta en respuesta a estos shocks (Galí, 2008). Esta definición es distinta a la del PIB potencial de largo plazo, definido como el que prevalece bajo el uso *normal* de los factores productivos, y en ausencia de shocks (es decir, en una situación promedio de la economía, ver Albagli et al. (2015)).

Medir el nivel de producto potencial es una tarea difícil. Por una parte, es difícil identificar y cuantificar los shocks relevantes que afectan la capacidad productiva. Más aún, existen múltiples interpretaciones de si las variaciones en uso de factores reflejan respuestas óptimas de los agentes, y por tanto debieran interpretarse como cambios en el producto potencial, o alternativamente en la brecha de capacidad.



El objetivo de esta minuta es presentar medidas de holguras para la economía Chilena a partir de distintos métodos para medir el PIB potencial. Nuestro punto de partida son los métodos discutidos en Fuentes et al. (2008). En particular, dos filtros tri–variados que incorporan un proceso a la Hodrick y Prescott (HP) para el PIB, una curva de Phillips, y una ecuación para la tasa de interés en el primer caso (HP+CP+IS), y una ley de Okun para el desempleo en el segundo caso (HP+CP+Ok); y un VAR estructural (SVAR) al estilo Blanchard y Quah (1989) que identifica shocks de oferta y demanda con información de PIB y desempleo.

Esta minuta incorpora cambios metodológicos a los métodos HP+CP+Ok y SVAR. En particular, proponemos mejorar el método HP+CP+Ok con la inclusión de procesos más flexibles para la dinámica del mercado del trabajo, y la incorporación de expectativas de PIB e inflación como observables adicionales. Este filtro multivariado (FMV) es similar al usado por el Fondo Monetario Internacional (FMI) en el *World Economic Outlook* de abril, 2015.¹ Para el caso del SVAR, corregimos la tasa de desempleo por factores demográficos en línea con la menor participación de jóvenes (y mayor participación de los ancianos) resaltada en el Informe de Política Monetaria (IPoM) de Marzo 2015.²

Adicionalmente, evaluamos cada uno de los modelos discutidos en esta minuta en varias dimensiones. Estas incluyen una evaluación cualitativa del marco conceptual de cada método, y su capacidad de explicar la inflación y otras variables dentro de muestra. En términos cuantitativos, discutiremos la estabilidad de las estimaciones de brecha comparando su estimación del producto potencial retrospectiva en comparación a la realizada en tiempo real, y evaluaremos la capacidad para predecir inflación fuera de muestra a partir de la brecha estimada por cada metodología.

Los resultados principales de esta minuta son los siguientes:

¹ El FMV anida al filtro HP+CP+Ok. En particular, el método permite estimar el parámetro de persistencia en la NAIRU en lugar de imponer una raíz unitaria. En la práctica, esta limitación del filtro tri–variado lo lleva a estimar una NAIRU prácticamente plana pese a la marcada tendencia a la baja del desempleo.

² De hecho, Blanchard y Quah (1989) advierten de las limitaciones de su enfoque en un ambiente donde la tasa natural de desempleo puede sufrir cambios. Para lidiar con este problema, estiman una NAIRU con una tendencia lineal, y utilizan la brecha de desempleo (sobre esta NAIRU) en su especificación alternativa.



1. La brecha de actividad a 2015.II es -1,1, -0,2, y 0.1% para el método HP+CP+IS, FMV, y SVAR, respectivamente.
2. Las estimaciones de brechas al cierre 2015.II muestran que la actividad se ha deteriorado respecto a 2015.I. Esto es verdad para todos los modelos considerados (**Tabla 6**).
3. No existe un único modelo que domine en términos de capacidad predictiva de inflación fuera de muestra. De hecho, es posible mejorar el desempeño de los modelos individuales con un método de proyección promedio que minimiza la varianza de los errores de proyección. La ponderación de modelos que minimiza el error de proyección de inflación SAE total y SAE servicios a 2 años entrega una brecha contemporánea (a 2015.II) de -0.02% y -0.05%, respectivamente. La brecha del FMV, que es el modelo individual que más peso recibe para las distintas medidas de inflación proyectadas, lee una brecha de -0.2% (**Tabla 5**).

La sección 2 discute aspectos conceptuales que deben considerarse al evaluar distintos modelos empíricos. La sección 3 presenta los tres modelos a considerar, discutiendo su evaluación cualitativa en relación a la lectura de los datos dentro de muestra. La sección 4 evalúa cuantitativamente los modelos, incluyendo la consistencia interna temporal, su desempeño predictivo de inflación fuera de muestra, e introduce el concepto de promedio óptimo de modelos para proyectar inflación. La sección 5 concluye. Detalles de metodologías, fuentes, y análisis adicionales se presenta en anexos.

2. ¿CÓMO MEDIR PRODUCTO POTENCIAL RELEVANTE PARA LA INFLACIÓN?

Medir la capacidad productiva de la economía que no genera presiones inflacionarias es una tarea difícil. Esto explica la co-existencia de diversos métodos en la literatura. A continuación revisamos algunos de los elementos a tener en cuenta en su comparación.



2.1 Elección de estructura e información

Toda estimación de producto potencial tiene dos dimensiones básicas. Primero, un modelo debe definir qué estructura permitirá para la evolución del producto potencial. Por ejemplo, los filtros estadísticos más comunes asumen un PIB potencial exógeno generado por un filtro HP, lo que es equivalente a asumir que la tasa de crecimiento de esta variable es un proceso con raíz unitaria (ver Anexo 1). Filtros más flexibles, como el FMV, asumen mayor generalidad en los shocks al crecimiento potencial, dando más libertad a los datos en la estimación de los parámetros fundamentales. En el otro extremo se encuentran los modelos estructurales, donde el producto potencial es una variable endógena determinada por una variedad de shocks.

La segunda dimensión tiene relación con el conjunto de información que será utilizado para identificar el producto potencial. Por ejemplo, un filtro univariado aplicado al PIB efectivo es la manera más sencilla de estimar el potencial, pero tiene la limitación obvia de omitir una dependencia entre esta variable y otras que deberían estar relacionadas (partiendo por la inflación). La solución natural es incluir ecuaciones adicionales, como el caso del filtro tri-variado que además contiene la curva de Phillips y una ecuación para la tasa de interés (IS), o el FMV que agrega dinámicas del mercado laboral y considera de manera explícita las expectativas de los agentes como medidas (ruidosas) de producto potencial.

Finalmente, es necesario aclarar que si bien los filtros estadísticos representan relaciones intuitivas entre variables que interactúan con el producto potencial, estas relaciones no nacen de un modelo explícito. Por tanto, estos filtros corresponden a modelos de *forma reducida*, y sus shocks deben ser interpretados como una combinación (no especificada) de los verdaderos shocks primitivos que enfrenta la economía.

2.2 Sesgo de final de muestra y procesos inobservables adicionales

Un conocido problema de los filtros estadísticos es el *sesgo de final de muestra*. Dado que en estos modelos las variables inobservables y observables eventualmente convergen, es clave para la estimación puntual de producto potencial contar con información de varios



períodos hacia adelante (y hacia atrás) del producto efectivo. Para las inferencias hechas al final de la muestra, por tanto, es difícil “poner en perspectiva” la serie inobservable, por lo que estimaciones en tiempo real tenderán a revisarse de manera significativa a medida que se agregan más datos.³ En los modelos presentados a continuación mediremos este problema de manera explícita, sugiriendo metodologías para solucionarlo.

Otro aspecto importante es el supuesto realizado acerca de las demás inobservables. Por ejemplo, el filtro tri–variado que incluye una ley de Okun (ver Anexo 1) infiere una tasa natural de desempleo (NAIRU) extremadamente persistente (dada la estructura de shocks asumida). Como la brecha de desempleo depende solo de la brecha producto, este modelo infiere una brecha contemporánea de producto positiva y relativamente amplia. Este problema es compartido por el SVAR, que implícitamente asume una NAIRU constante. El FMV, en cambio, infiere una NAIRU que disminuye en el tiempo y permite que la brecha de desempleo también dependa de sus propios rezagos. Como resultado, el FMV estima una brecha contemporánea negativa (-0.2%, a 2015.II), pese al bajo nivel de desempleo. De igual manera, el SVAR corregido por dinámicas demográficas estima una brecha marginalmente positiva (0.1%). El mensaje es que incluir más inobservables no necesariamente ayuda a interpretar mejor la economía: los detalles de los modelos importan.

3. MODELOS DE PRODUCTO POTENCIAL RELEVANTE PARA LA INFLACIÓN

A continuación presentamos los distintos modelos usados para inferir el producto potencial relevante para inflación en Chile.

³ Orphanides y van Norden (2002) muestran que las revisiones ex –post de las brechas en tiempo real son de una magnitud similar a la brecha misma, y que al construir bandas de confianza que reflejan esta incertidumbre hacen que la brecha estimada para EE.UU. sea estadísticamente no distinta de cero para virtualmente toda la muestra entre 1966–1996. Más aún, los autores muestran que este problema no se soluciona simplemente agregando variables adicionales, como curvas de Phillips.



3.1 Método A: Filtro tri-variado

A continuación presentamos el filtro tri-variado **HP+CP+IS**, que incluye las siguientes ecuaciones:

$$(1) \quad Y_t = y_t + \bar{Y}_t, \text{ donde } \bar{Y}_t = \bar{Y}_{t-1} + G_{t-1}, G_t = G_{t-1} + \varepsilon_t^G, \quad y_t = \varepsilon_t^y.$$

$$(2) \quad \pi_t = \sum_{p=1,4} \alpha_p^\pi \pi_{t-p} + \alpha^y y_{t-1} + \alpha^{tcr} tcr_{t-1} + \varepsilon_t^\pi,$$

$$(3) \quad y_t = \beta^y y_{t-1} + \beta^r (r_{t-1} - \bar{r}_{t-1}) + \varepsilon_t^{IS},$$

$$(4) \quad \bar{r}_t = cG_t + \varepsilon_t^r.$$

La primera ecuación corresponde a la representación espacio/estado de un filtro HP para el producto potencial. ε_t^G es un *shock* a la tasa de crecimiento del producto potencial, G_t , y ε_t^y es un *shock* a la brecha, la cual es ruido blanco. La segunda ecuación corresponde a una curva de Phillips donde la inflación (en desvío de su meta) depende de la brecha, sus rezagos, y los rezagos de inflación. La tercera es una curva IS donde la brecha depende de la tasa de interés real respecto de la tasa natural. La cuarta ecuación muestra la dependencia de la tasa natural en el crecimiento potencial.⁴

El **gráfico 1** (izquierda) muestra la estimación del crecimiento del producto potencial y la brecha de este modelo, junto con su estimación de tasa de interés natural. Esta última variable sigue de cerca la evolución del crecimiento, dado el supuesto de la ecuación (4).

El **gráfico 1** (derecha) muestra la descomposición histórica de la inflación (IPC SAE). Para el período 2002–05, la brecha negativa aparece como el principal determinante de la baja inflación, tendencia que se revierte entre fines de 2005–08. Luego hay una caída abrupta de la inflación entrando la crisis, explicada tanto por sus shocks exógenos⁵ como por una brecha amplia y negativa. Saliendo de la crisis *subprime*, la recuperación de la brecha

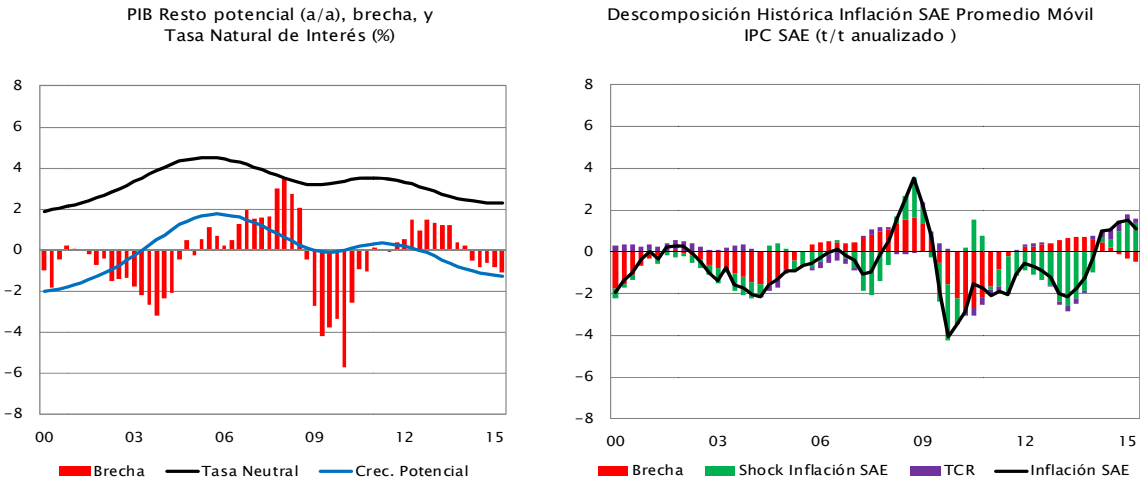
⁴ La ecuación IS determina la tasa real de interés ya que sigue presente la ecuación $y_t = \varepsilon_t^y$.

⁵ Estos probablemente capturan las fuertes caídas de commodities (energía, alimentos) durante la crisis *subprime*.



tiende a aumentar la inflación, pero esta es más que compensada por shocks exógenos que presionan en sentido contrario. En la coyuntura actual, la inflación por sobre el promedio respondería nuevamente a factores exógenos y en menor grado a la depreciación del TCR, mientras que la brecha negativa contribuiría (de manera modesta) a una menor inflación.

Gráfico 1: Series inferidas filtro tri-variado



Nota: Crec. potencial en desvío de promedio 2000-15 (5.23%). Inflación en desvío de la meta (3%).

3.2 Método B: FMV

A continuación presentamos una versión del FMV de Blagrove et al. (2015) que se utilizó recientemente por el FMI para calcular producto potencial (FMI, 2015). Éste es un modelo semi-estructural con algunas mejoras metodológicas. Primero, para reducir el sesgo al final de la muestra de la estimación paramétrica y de inobservables, se incluyen expectativas de crecimiento e inflación. Adicionalmente, se considera una estructura de shocks más flexible que las implícitas en filtros HP. El modelo incluye los siguientes procesos estocásticos del producto potencial y brecha:

$$(5) \quad \bar{Y}_t = \bar{Y}_{t-1} + G_t + \varepsilon_t^{\bar{Y}}, \quad G_t = \theta G^{SS} + (1 - \theta)G_{t-1} + \varepsilon_t^G, \quad y_t = \phi y_{t-1} + \varepsilon_t^y.$$



donde ε_t^y es un *shock* permanente al nivel del producto potencial, mientras que ε_t^G y ε_t^y son *shocks* transitorios a la tasa de crecimiento del producto potencial y la brecha del producto, respectivamente. Nótese que este modelo supone que el crecimiento de largo plazo es una constante (G^{SS}) y se permite auto-correlación en la brecha. La dinámica de la inflación se describe a través de una curva de Phillips con expectativas e indexación:

$$(6) \quad \pi_t = \frac{\beta}{1+\beta\lambda} E_t \pi_{t+1} + \frac{\lambda}{1+\beta\lambda} \pi_{t-1} + \kappa y_t + \gamma tcr_t + \varepsilon_t^\pi,$$

donde el tipo de cambio real, tcr_t , evoluciona como proceso AR(1) exógeno en desvío de su promedio de largo plazo. El parámetro β mide la importancia de las expectativas de inflación en la curva de Phillips, mientras que λ mide el grado de indexación de la inflación. Los parámetros κ y γ son las elasticidades de la inflación a la brecha y TCR.

El modelo incluye además una Ley de Okun para la brecha de la tasa de desempleo (u_t , definida como la diferencia entre la tasa observada de desempleo (U_t) y la NAIRU (\bar{U}_t)), $u_t = \tau_2 u_{t-1} - \tau_1 y_t + \varepsilon_t^u$, donde la NAIRU evoluciona de acuerdo a

$$(7) \quad \bar{U}_t = \tau_4 \bar{U}^{SS} + (1 - \tau_4) \bar{U}_{t-1} + g \bar{U}_t + \varepsilon_t^{\bar{U}}, \quad \overline{g\bar{U}}_t = (1 - \tau_3) g \bar{U}_{t-1} + \varepsilon_t^{g\bar{U}}.$$

La estructura de shocks en (7) anida a la asumida en el filtro HP+CP+Ok utilizado por Fuentes et al. (2008), ya que el grado de persistencia en los shocks a la NAIRU no está restringido a ser permanente (τ_4 puede ser mayor a 0). Además, la brecha de desempleo depende de sus rezagos (parámetro τ_2) más allá de su dependencia de la brecha producto (parámetro τ_1). Esta combinación de elementos entrega mayor flexibilidad al modelo, como se discute en detalle en el Anexo 1. Finalmente, se agregan datos de expectativas de crecimiento e inflación al final de la muestra. Esto contribuye a disminuir el problema de sesgo al final de la muestra y estimar los parámetros del modelo (en particular el crecimiento de largo plazo G^{SS}) con mayor precisión (ver discusión sección 4.1 más abajo).

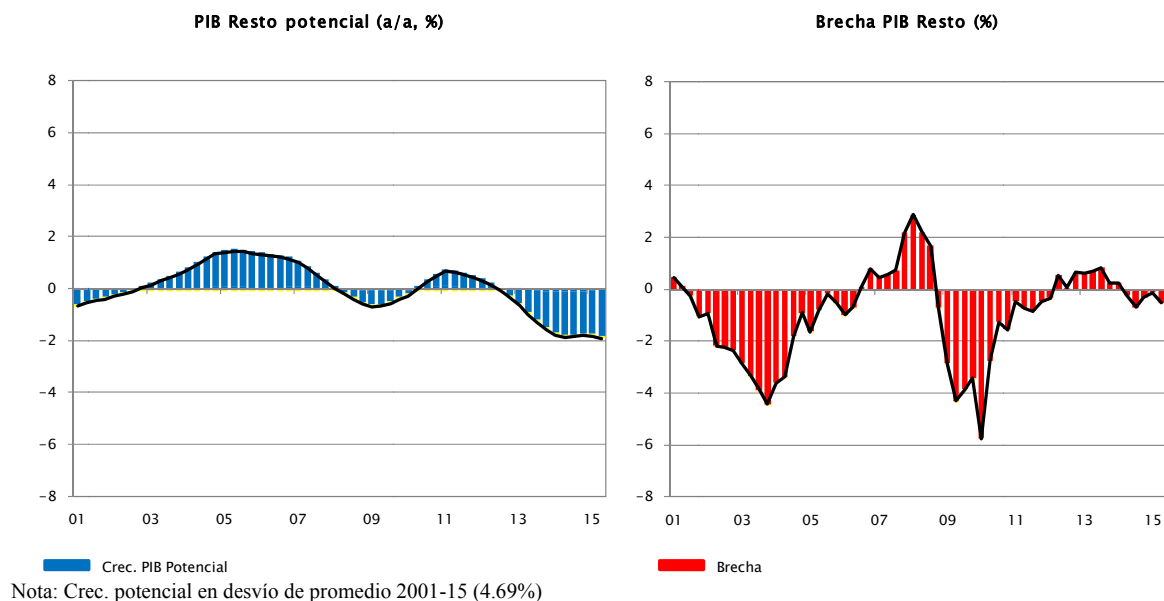
El **gráfico 2.1** muestra el crecimiento potencial y la brecha del producto. El **gráfico 2.2** muestra la descomposición de la inflación y el desempleo en términos de los distintos



shocks. El modelo infiere una brecha positiva entre 2006–07 que es el principal determinante de la alta inflación de este período, dinámica que se revierte fuertemente entre 2008–09 producto de la crisis. En la expansión 2011–13 la brecha aporta positivamente a la inflación, pero el factor dominante es la apreciación del TCR, resultando en una baja inflación. En los últimos 6 trimestres la inflación está estrechamente ligada a la depreciación cambiaria y aspectos autónomos de la serie, mientras que la brecha, estimada en valores negativos pero muy pequeños, tiene un impacto mínimo en precios. Dicha lectura del modelo está en línea con el mensaje de los últimos Informes de Política Monetaria.

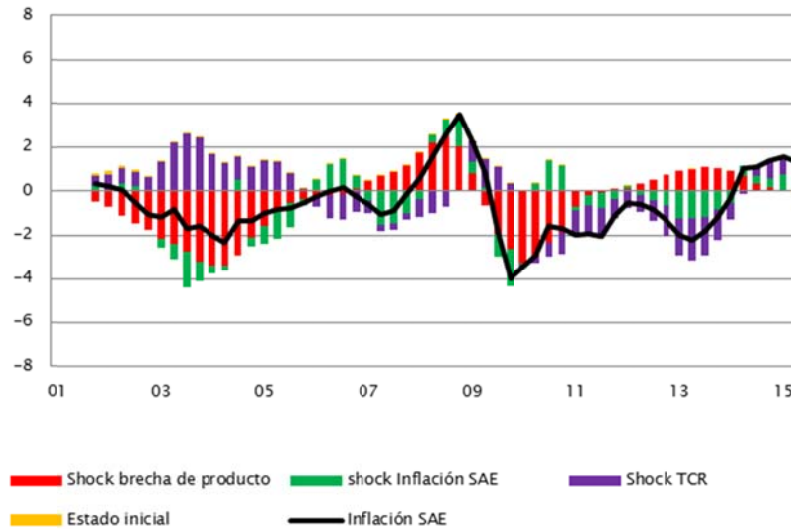
Gráfico 2: Crec. Potencial, brecha, e inobservables en FMV

2.1 Crecimiento potencial vs. Brecha



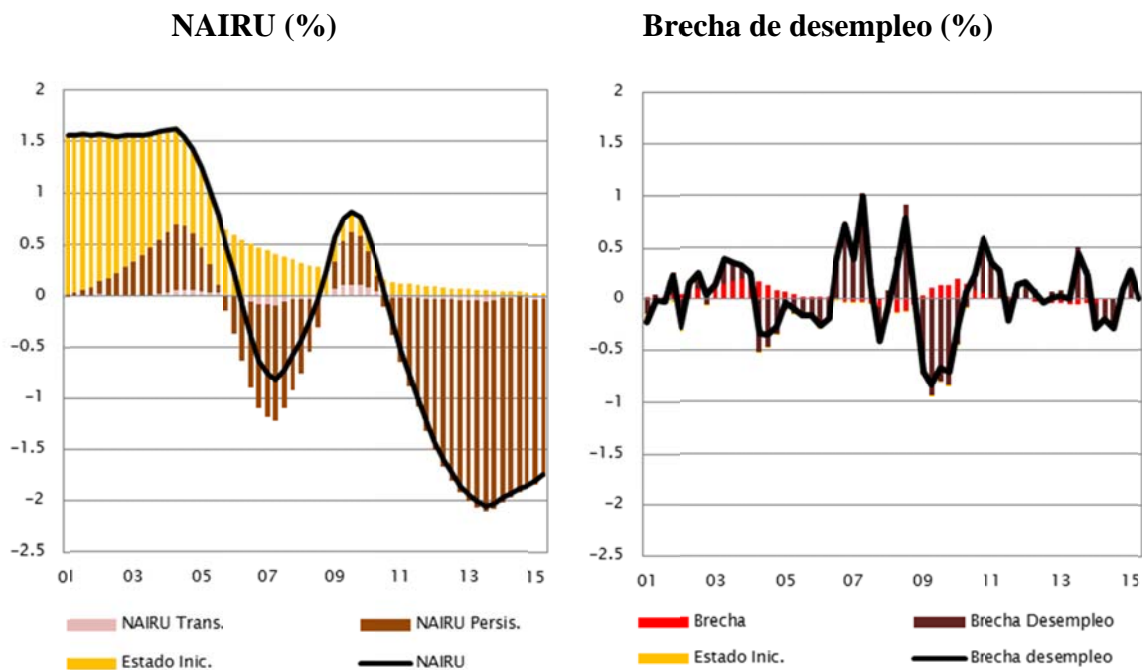


2.2 Descomposición inflación



Nota: Inflación en desvío de la meta (3%).

2.3 Desempleo observado vs NAIRU



Nota: NAIRU en diferencia respecto al promedio 2001-15 (8.1%). Brecha desempleo =desempleo observado – NAIRU.

Una potencial objeción a la estructura utilizada por el FMV para estimar la NAIRU es que quizás permite *demasiada* variación de esta variable en el tiempo (**gráfico 2.3**). Existe una



amplia literatura respecto a cómo estimar tasas naturales de desempleo, y de cómo hacer política monetaria robusta dado este grado de incertidumbre.⁶ Si bien éste análisis escapa del foco del presente trabajo, realizamos un ejercicio de robustez adicional dentro del FMV que consiste en re–estimar el modelo usando una medida de desempleo definida como la diferencia entre la tasa de desempleo, y una tendencia lineal para el desempleo entre 2000–15. Los resultados de éste y otro ejercicio con ajuste alternativo al desempleo se discuten en el Anexo 2. Aquí simplemente destacamos que la lectura de brecha actual que hace el FMV con la serie de desempleo sin tendencia es esencialmente idéntica a la anterior. La única diferencia es que, como habría de esperarse, el FMV infiere una NAIRU más plana con la serie de desempleo ajustada por la tendencia lineal.

3.3 Método C: VAR estructural

Se estima también un modelo de vectores auto–regresivos estructural (SVAR) introducido por Blanchard y Quah (1989), quienes consideran dos tipos de shocks: los que tienen efectos solamente temporales en el nivel de producto y desempleo, y los que tienen efectos permanentes en producto (pero temporales en desempleo). Dada la interpretación de estas restricciones, a los primeros se les denomina *shocks de demanda*, y a los segundos *shocks de oferta*, pero es importante recalcar que el nombre es sólo sugerente del origen de shocks, ya que no están asociados a perturbaciones explícitas en variables relacionadas a la demanda agregada, ni a “factores de oferta” observables. El producto potencial en este modelo es el efecto acumulado de todos los shocks de oferta. La parte estructural se refiere a la identificación de los shocks primitivos mediante restricciones a los elementos de la matriz de varianza–covarianza de largo plazo de los errores estructurales, lo que en definitiva permite una identificación de los shocks estructurales (oferta vs. demanda).

Blanchard y Quah (1989) implícitamente asumen una NAIRU constante. En el IPoM de Marzo 2015, documentamos la importancia de considerar cambios en la composición de la fuerza de trabajo para evitar que la tasa de desempleo capture efectos composición, inconsistentes con el supuesto de NAIRU constante. Para solucionar este problema,

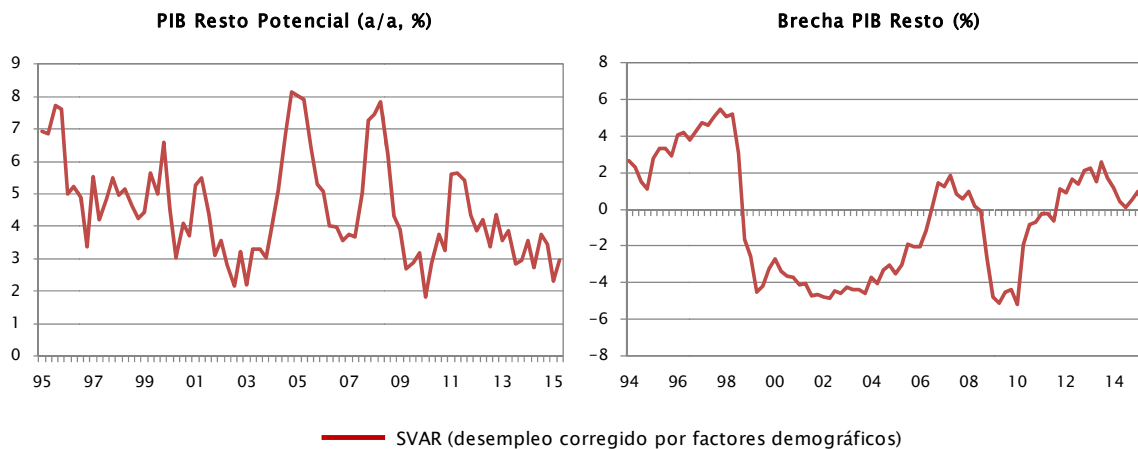
⁶ Ver Orphanides y Williams (2002); Richardson et al. (2000); Daly et al. (2012); Apel and Jansson (1999).



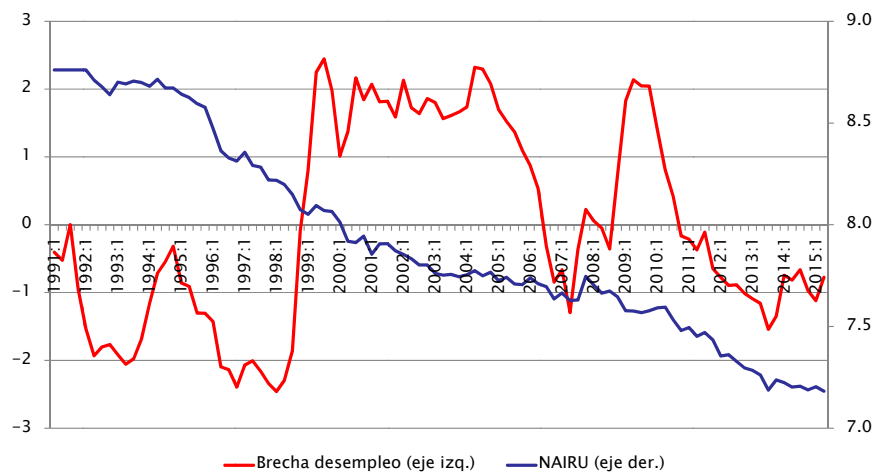
estimamos una versión alternativa del modelo donde utilizamos la brecha de desempleo, en lugar de la tasa de desempleo observada. Específicamente, calculamos una serie de desempleo con las siguientes características. Primero, calculamos la tasa de desempleo promedio para cada grupo etario entre 1992–2015. Segundo, ponderamos dicha tasa de desempleo por las participaciones variables de cada grupo etario en la fuerza de trabajo. Esta serie captura la evolución de dinámicas laborales relevantes en baja frecuencia, como se muestra en el **gráfico 3.2**.

Gráfico 3: Crec. Potencial, brecha, y desempleo en SVAR

3.1 Crecimiento potencial vs. Brecha



3.2 NAIRU SVAR alternativo y brecha desempleo (%)





El **gráfico 3.1** muestra el crecimiento del producto potencial y la brecha. En términos de holguras de capacidad el SVAR lee la coyuntura actual ligeramente diferente que los otros modelos, ya que infiere una brecha marginalmente positiva. Es interesante destacar que también se realizó este ejercicio asumiendo una NAIRU constante, resultando una brecha mucho más positiva que bajo el actual ejercicio. Esto último, nuevamente resalta la importancia de considerar movimientos en la NAIRU en la lectura del producto potencial (y brecha).⁷

3.4 Resumen

Para concluir esta sección resumimos los principales resultados de los tres métodos discutidos hasta el momento.

La **tabla 1** reporta el crecimiento potencial inferido por cada modelo en distintos períodos, mostrando en general una tendencia a la baja en el crecimiento del producto potencial. La **tabla 2** reporta los principales momentos del crecimiento potencial y la brecha en cada modelo.

Tabla 1: Crecimiento Potencial PIB Resto

Métodos	1987-89	1990-94	1995-99	2000-04	2005-09	2010-14	2015T1/T2
Método A	7.3	7.2	4.3	3.8	5.4	4.2	3.2
Método B				4.9	5.0	4.3	2.9
Método C			5.4	4.1	5.1	3.8	2.6

⁷ Este método requiere explicitar un punto de partida para el PIB potencial, ya que los cálculos recursivos de shocks de oferta y demanda sólo entregan información acerca de las tasas de *crecimiento* del producto potencial, no de su nivel. Para esto, nos guiamos en la estimación de brechas de los modelos A y B. En particular, dado que ambos modelos infieren un cambio importante de positivo a negativo en la brecha en 1998.II (el comienzo de los efectos de la crisis asiática en Chile), utilizamos el promedio del PIB potencial de ambos modelos como “ancla” para el PIB potencial del SVAR. Este punto de referencia tiene además la propiedad deseable que la brecha resultante tiene un promedio cercano a 0 para el período completo.

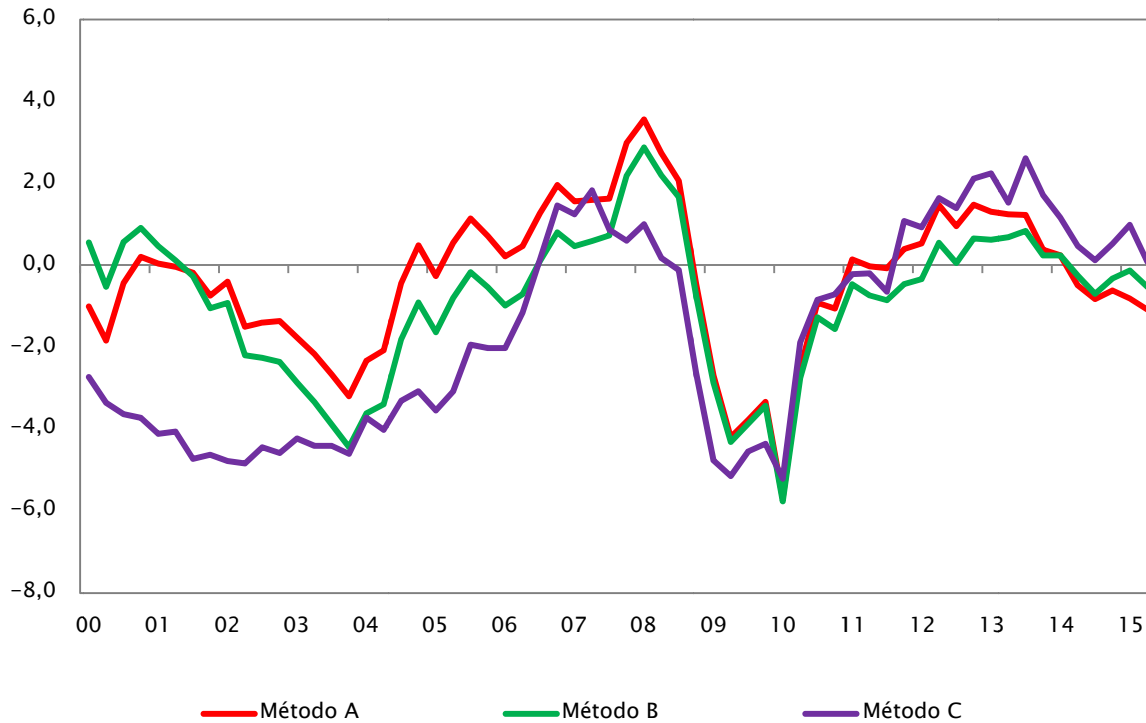


Tabla 2: Momentos crecimiento potencial y brechas

Métodos	Brechas		Crec. PIB Resto Pot.		Ratio DE(Brecha)- DE(Crec. Pot)
	Promedio	Desv. Estándar	Promedio	Desv. Estándar	
Método A	-0.31	1.79	5.20	1.62	1.11
Método B	-0.44	1.69	4.64	1.07	1.58
Método C	-0.44	3.22	4.59	1.57	2.05

El **gráfico 4** resume la estimación de brechas para cada modelo. En particular, la brecha contemporánea (estimada a 2015.II) es negativa para las metodologías A y B, y está virtualmente cerrada para la metodología C. Por último, en los tres métodos considerados, las estimaciones de brechas al cierre 2015.II muestran un deterioro en la actividad respecto a 2015.I.

Gráfico 4: Brechas PIB Resto estimadas por distintos métodos





4. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE MÉTODOS

4.1 Consistencia tiempo real y sesgo de final de muestra

Comenzamos nuestra evaluación cuantitativa analizando la robustez de la brecha estimada ex-post, vis-à-vis su estimación en tiempo real. Para esto se estima el PIB potencial y la brecha de manera recursiva: usando datos del principio de la muestra (período t) hasta $t + K$, se estima la brecha en $t + K$ y luego se compara con la estimación de la brecha en $t + K$ inferida cuando toda la información (hasta 2015.II) se encuentra disponible (**gráfico 5**).⁸ Las estimaciones del método C son las que entregan mayor correlación entre brecha tiempo real y ex-post, mientras el método A presenta las mayores divergencias.

La segunda columna de la **tabla 3** calcula la raíz del error cuadrático medio (RECM) entre la estimación ex-post vs. tiempo real para cada método. Los métodos B y C son los modelos con mejor desempeño. El Anexo 3 realiza un ejercicio adicional para ilustrar el sesgo al final de la muestra basado en simulaciones de Monte Carlo, y explica como la inclusión de expectativas en el método B ayuda a solucionar este problema.

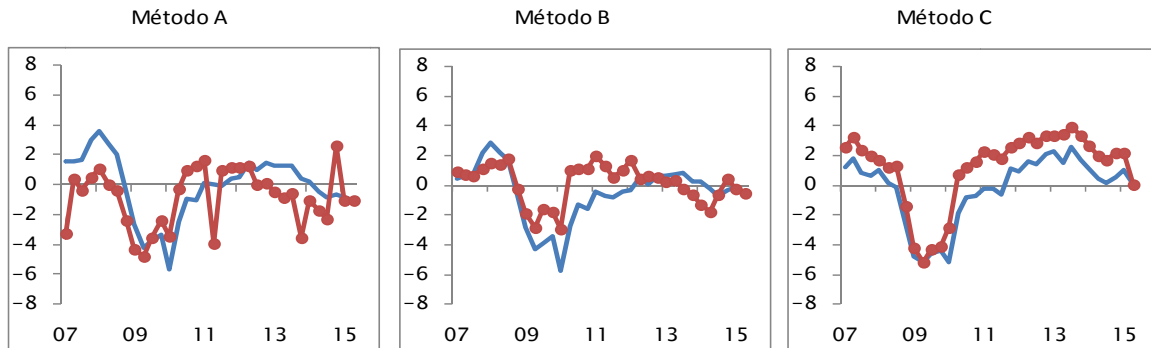
Tabla 3: Brecha PIB Resto en Tiempo Real y Ex-Post, 2007 I – 2015 I

Métodos	Correl. entre brecha estimada en tiempo real y ex-post	RECM
Método A	0.54	2.10
Método B	0.68	1.52
Método C	0.96	1.62

⁸ Los modelos se estiman recursivamente con muestras terminando en 2006.IV hasta 2015.I y la muestra de evaluación es 2007.I–2015.I. Por simplicidad, estos ejercicios se hacen en tiempo “casi” real con cifras revisadas, ignorando la incertidumbre por revisiones posteriores de datos (como en Fuentes et al., 2008).



Gráfico 5: Brecha PIB Resto en Tiempo Real y Ex-Post
(2007.I–2015.I, %)



4.2 Predicción de inflación fuera de muestra

A continuación se analiza el desempeño de la brecha de cada método en predecir inflación, utilizando curvas de Phillips del tipo:

$$(8) \quad \pi_{t+h} = c + \sum_{p=1}^4 \alpha_p^{\pi} \pi_{t-p} + \beta y_{t-1} + \gamma \Delta TCR_{t-1} + e_t, \quad e_t \sim N(0, \sigma_e^2),$$

las que se estiman para el IPC, IPC SAE e IPC SAE Servicios (var. *a/a*). Como modelo de referencia, utilizamos un proceso AR(4) para la inflación sin brecha ($\beta, \gamma = 0$).^{9 10}

La **tabla 4** (panel superior) muestra la RECM que se obtiene de comparar la inflación efectiva contra su pronóstico realizado en tiempo real. Cuando se emplea la medida IPC SAE, los resultados son mixtos, con distintos modelos logrando el mejor desempeño dependiendo del horizonte. Para IPC SAE servicios, el método B es el de mejor desempeño en la mayoría de los horizontes.

Una posible manera de mejorar el pronóstico de inflación es hacer un promedio de métodos utilizando la metodología de Granger y Ramanathan (1984). Esta metodología pondera cada método individual de acuerdo a su desempeño de proyección, además de la estructura

⁹ La inflación se encuentra expresadas en desviaciones de la meta, el *TCR* es el logaritmo del tipo de cambio real, y $\Delta x_t = x_t - x_{t-4}$.

¹⁰ También se estimó una versión de (8) que excluye TCR. Las conclusiones del ejercicio son similares a las reportadas en la **tabla 4**.



de covarianzas entre errores predictivos. La **tabla 4** (panel inferior) presenta las ponderaciones asignadas por el promedio óptimo a los distintos métodos. Cabe recalcar que, dado que consideramos 3 definiciones de inflación y 4 horizontes distintos (1, 2, 4 y 8 trimestres), existen doce promedios óptimos, uno para cada combinación de inflación/horizonte. Los detalles de éste ejercicio se discuten en el Anexo 4.

Tabla 4: Proyección inflación fuera muestra
(muestra de evaluación 2007.I–2015.I)

RECM	IPC				IPC SAE				IPC SAE Servicios			
	h=1	h=2	h=4	h=8	h=1	h=2	h=4	h=8	h=1	h=2	h=4	h=8
	AR(4)	1.14	2.03	3.07	2.90	0.80	1.37	2.02	2.03	0.98	1.34	1.83
Método A	1.09	1.73	2.64	3.15	0.78	1.15	1.62	2.12	1.01	1.29	1.76	1.92
Método B	1.02	1.79	3.40	3.36	0.74	1.20	2.00	2.08	0.91	1.13	1.86	1.80
Método C	1.13	1.91	2.75	3.16	0.78	1.25	1.90	2.06	0.96	1.26	1.79	1.92
PROM. POND.	1.02	1.69	2.34	2.98	0.74	1.13	1.61	1.82	0.91	1.13	1.62	1.54

Ponderación Óptima	IPC				IPC SAE				IPC SAE Servicios			
	h=1	h=2	h=4	h=8	h=1	h=2	h=4	h=8	h=1	h=2	h=4	h=8
	Método A	0.16	0.54	0.54	0.18	0.13	0.76	0.83	--	--	0.20	0.56
Método B	0.84	0.28	--	0.21	0.87	0.24	0.04	0.43	1.00	0.80	0.28	0.55
Método C	--	0.18	0.46	0.61	--	--	0.14	0.57	--	--	0.16	0.45
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota: RECM corresponde al promedio del error de proyección al cuadrado de la inflación en el horizonte $t+h$, donde los regresores incluyen un proceso AR(4) para la inflación, la brecha rezagada un periodo y el TCR rezagado un periodo.

Los ponderadores son en general intuitivos, dado los resultados del poder predictivo de cada modelo individual. En particular, destacan los pesos positivos asignados a los métodos B y C en la mayoría de las medidas de inflación SAE.¹¹ La última fila de la **tabla 4** (panel superior) muestra el desempeño predictivo de cada promedio óptimo, el cual en general supera, o se encuentra cercana, al desempeño de los modelos individuales.

Si bien el análisis de predicción óptima sugiere un uso de varios métodos a la hora de proyectar inflación, este enfoque deja abierta importantes preguntas. En particular, ¿cuál es el método que mejor resume la situación de holguras de la economía? La respuesta de esta

¹¹ Para determinar la estabilidad en el tiempo de los ponderadores óptimos, se realizó el mismo ejercicio para la sub-muestra 2007–10, con poco efecto en los ponderadores óptimos.



pregunta no es obvia. El promedio óptimo sugiere que la brecha es una combinación de brechas de distintos modelos, pero a su vez entrega tantas respuestas como medidas de inflación y horizontes de proyección se quieran estudiar.

Esto sugiere que para efectos del diagnóstico económico, es necesario complementar el análisis con una lectura de modelos individuales. En este sentido, el método individual con más sentido económico y de mejor desempeño predictivo sería el FMV. Este enfoque presenta además otras ventajas importantes, como un grado adecuado de consistencia entra la lectura ex –post y la de tiempo real de la brecha de actividad. Bajo este método, la brecha a 2015.II sería de -0.2%. Si tomamos el promedio ponderado basado en la SAE Total y SAE Servicios a 2 años plazo (horizonte política), las brechas ponderadas serían de -0.02% y -0.05%, respectivamente (**tabla 5**).

Tabla 5: Medidas de actividad y Brecha (2015.II)

	Crec. Potencial		Brecha	
Método A	3.18		-1.1	
Método B	2.85		-0.2	
Método C	3.0		0.1	

Ponderados	IPC				IPC SAE				IPC SAE Servicios			
	h=1	h=2	h=4	h=8	h=1	h=2	h=4	h=8	h=1	h=2	h=4	h=8
Crec. Potencial	2.9	3.1	3.1	3.0	2.9	3.1	3.1	2.9	2.9	2.9	3.1	2.9
Brecha	-0.3	-0.6	-0.5	-0.2	-0.3	-0.9	-0.9	-0.02	-0.2	-0.4	-0.6	-0.05

Antes de concluir, cabe destacar que en lo más reciente las estimaciones de brecha se han deteriorado en todos los modelos considerados. Estos resultados se muestran en la **tabla 6**, que resume la estimación de brecha de cada modelo con la información más reciente. Al tomar la diferencia entre la brecha 2015.II y 2015.I (ambas calculadas con la información disponible a ese momento), vemos una baja en la estimación de la brecha, que va desde -0.2% para el método B, hasta -0.9% para el método C.



Tabla 6: Cambios recientes en estimaciones de brechas
(brechas ex –post, con información a 2015.II)

	Método A	Método B	Método C
2014.III	-0.8	-0.2	0.1
2014.IV	-0.6	0.1	0.5
2015.I	-0.8	0.0	1.0
2015.II	-1.1	-0.2	0.1

5. CONCLUSIONES

El producto potencial *relevante para inflación* difiere del producto potencial de *largo plazo*, al verse afectado por shocks y por los cambios en el uso óptimo de factores en respuesta a estos shocks. Debido a la incertidumbre respecto a esta inobservable, es lógico considerar un espectro más amplio de modelos para medir este primer nivel de producto que los comúnmente usados para lidiar con el segundo (la función de producción).

Una de las principales conclusiones a resaltar de esta minuta, es que la introducción de variables del mercado laboral requiere de un análisis detallado de cómo se modela la tasa natural de desempleo. En particular, una vez que se permite variación en la tasa natural de desempleo, los distintos métodos propuestos entregan una lectura de brecha consistente entre ellos.

El desempeño predictivo de los métodos presentados sugiere mejorar los pronósticos mediante un promedio óptimo, donde el peso asignado a cada modelo depende de su desempeño predictivo individual y de su estructura de covarianza con otros modelos. El modelo promedio tiene un desempeño mejor que los individuales en la mayoría de los casos. En términos individuales, el modelo preferido por el promedio óptimo en la mayoría de los casos es el método B.



REFERENCIAS

- Albagli, E., Contreras, G., De la Huerta, C., Luttini, E., Naudon, A., y F. Pinto (2015). “Crecimiento tendencial de mediano plazo en Chile.” Minuta BCCh.
- Apel, M., y Jansson, P. (1999). “A theory-consistent system approach for estimating potential output and the NAIRU.” *Economics letters*, 64(3), 271–275.
- Benes, J., K. Clinton, R. Garcia-Saltos, M. Johnson, D. Laxton, P. Manchev, y T. Matheson (2010): “Estimating Potential Output with a Multivariate Filter,” IMF Working Paper WP/10/285.
- Blagrove, P., R. Garcia-Saltos, D. Laxton, y F. Zhang (2015): “A Simple Multivariate Filter for Estimating Potential Output,” IMF Working Paper WP/15/79.
- Blanchard, O. J., y D. Quah (1989): “The Dynamic Effects of Aggregate Supply and Demand Disturbances,” *American Economic Review*, vol. 79(4): 655–73.
- Clarida, R., J. Galí, y M. Gertler (1999): “The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective,” *Journal of Economic Literature*, vol. 37(4): 1661–1707.
- Cochrane, J. H (1994): “Permanent and transitory components of GNP and stock prices,” *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 109 (1): 241–65.
- Consensus Forecasts (2014): “Global Outlook 2014–2024,” Consensus Economics Inc.
- Daly, M. C., Hobijn, B., Şahin, A., y Valletta, R. G. (2012). “A search and matching approach to labor markets: Did the natural rate of unemployment rise?” *Journal of Economic Perspectives*, 26 (3), 3–26.
- Edge, R. M., M. T. Kiley, y J.-P. Laforte (2008): “Natural rate measures in an estimated DSGE model of the U.S. economy,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 32(8), 2512–35.



- Fornero, J., M. Fuentes, D. Gianelli, y A. Yany (2014): “Revisión de Supuestos de Estimación de PIB Tendencial”, Mimeo, Banco Central de Chile.
- FMI (2015): “World Economic Outlook (WEO) April 2015: Uneven Growth: Short- and Long-Term Factors,” Fondo Monetario Internacional.
- Fuentes, R., y F. Gredig (2008): “La Tasa de Interés Natural: Estimaciones para Chile,” *Economía Chilena*, vol. 11(2), 47–58.
- Fuentes, R., F. Gredig, y M. Larraín (2008): “La Brecha de Producto en Chile: Medición y Evaluación,” *Economía Chilena*, vol. 11(2): 7–30.
- Galí, J. (2008): “*Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*,” New Jersey: Princeton University Press
- García-Cicco, J., S. Justel, y M. Kirchner (2015): “Financial Frictions and the Transmission of Foreign Shocks in Chile,” en: *Global Liquidity, Spillovers to Emerging Markets and Policy Responses*, editado por J. Ventura, D. Saravia y C. Raddatz, vol. 20 de Central Banking, Analysis, and Economic Policies, Banco Central de Chile, en preparación.
- Giacomini, R., y H. White (2006): “Test of Conditional Predictive Ability,” *Econometrica* vol. 74(6): 1545–78.
- Granger, C. W. J and Ramanathan, R. (1984): “Improved Methods of Combining Forecasts” *Journal of Forecasting*, 3: 197–204.
- Harvey, A. C. (1985): “Trends and Business Cycles in Macroeconomic Time Series,” *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 3(3): 216–27.
- Hodrick, R., y E. C. Prescott (1997): “Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation,” *Journal of Money, Credit, and Banking*, vol. 29(1): 1–16.



- King, R. G., C. I. Plosser, J. H. Stock, y M. W. Watson (1991): “Stochastic Trends and Economic Fluctuations,” *American Economic Review*, vol. 81(4).
- Kiley, M. T. (2013): “Output gaps,” *Journal of Macroeconomics*, vol. 37(C): 1–18.
- Kuttner, K. N. (1994): “Estimating Potential Output as a Latent Variable,” *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 12(3): 361–68.
- Laubach, T., y J. C. Williams (2003): “Measuring the Natural Rate of Interest,” *Review of Economics and Statistics*, vol. 85(4): 1063–70.
- Medina, J. P., y C. Soto (2007): “The Chilean Business Cycles Through the Lens of a Stochastic General Equilibrium Model,” Documentos de Trabajo Banco Central de Chile N° 457, Banco Central de Chile.
- Newey, W., y K. West (1987): “Hypothesis Testing with Efficient Method of Moments Estimation,” *International Economic Review*, vol. 28(3): 777–87.
- Orphanides, A., y S. Van Norden (2002): “The Unreliability of Output–Gap Estimates in Real Time,” *Review of Economics and Statistics*, vol. 84(4): 569–83.
- Orphanides, A., y Williams, J. C. (2002). “Robust monetary policy rules with unknown natural rates.” *Brookings Papers on Economic Activity*, 2002(2), 63–145.
- Richardson, P., Boone, L., Giorno, C., Meacci, M., Rae, D., y Turner, D. (2000). “The concept, policy use and measurement of structural unemployment.” OECD Working paper.
- Rotemberg, J. J., y M. Woodford (1996): “Real–business–cycle models and the forecastable movements in output, hours, and consumption,” *American Economic Review*, vol. 86 (1), 71–89.



Smets, F., y R. Wouters (2003): “An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area,” *Journal of the European Economic Association*, vol. 1(5), 1123–75.



ANEXOS

A.1: Filtro tri–variado con mercado del trabajo: HP+CP+Okun

A continuación resumimos el filtro tri–variado presentado en Fuentes et al. (2008). El propósito es entender las limitaciones del modelo, de manera de poner en perspectiva las mejoras introducida por el FMV.

Para comenzar, es relevante recordar que el producto potencial en los filtros tri–variados (incluyendo éste el filtro IS de la sección 3.1) se basa en un modelo estadístico de descomposición ciclo–tendencia del filtro HP, donde el producto potencial es el componente tendencial de la serie filtrada. Considerando que para identificar el componente cíclico de la serie estos métodos utilizan información proveniente de la curva de Phillips, en el largo plazo el producto efectivo se aproxima su nivel potencial al mismo tiempo que la inflación alcanza a su *target*.

El filtro HP supone que el logaritmo del producto efectivo es la suma de un componente cíclico (y_t) y un componente tendencial (\bar{Y}_t) que se obtiene resolviendo:

$$\min_{\bar{Y}_t} \left\{ \sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y}_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(\bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t) + (\bar{Y}_t - \bar{Y}_{t-1})]^2 \right\}.$$

El primer término penaliza variaciones del componente cíclico, mientras que el segundo término penaliza variaciones en \bar{Y}_t , con grado de penalización λ , el cual comúnmente se fija en $\lambda = 1600$ para series trimestrales (ver Hodrick y Prescott, 1997). Del segundo término es obvio el problema de final de muestra de filtros simétricos como el filtro HP: las variaciones del componente tendencial en los puntos iniciales ($t = 1$) y terminales ($t = T$) de la muestra se penalizan menos que en otros puntos. Por ello, para minimizar variaciones en el componente cíclico y llegar a una estimación de y_t con media cero, este filtro puede exagerar fluctuaciones en \bar{Y}_t especialmente si shocks al componente cíclico (i.e. shocks de demanda) dominan al final de la muestra.



Harvey (1985) demostró que el filtro HP admite la siguiente representación de espacio/estado:

$$Y_t = y_t + \bar{Y}_t, \quad \bar{Y}_t = \bar{Y}_{t-1} + G_{t-1}, \quad G_t = G_{t-1} + \varepsilon_t^G, \quad y_t = \varepsilon_t^y.$$

donde $\varepsilon_t^G \sim N(0, \sigma_G^2)$ es un *shock* a la tasa de crecimiento del componente tendencial (G_t) y $\varepsilon_t^y \sim N(0, \sigma_y^2)$ es un *shock* a la brecha del producto. El ratio de las varianzas de estos dos shocks satisface $\sigma_y^2/\sigma_G^2 = \lambda$. Nótese que este modelo simple supone que la brecha del producto es un proceso ruido blanco, mientras que el crecimiento del producto potencial es un proceso con raíz unitaria.

A continuación, se agrega a la representación de espacio/estado del filtro HP, una curva de Phillips (ecuación (2)) para la inflación, y una Ley de Okun para la brecha del desempleo:

$$u_t = U_t - \bar{U}_t, \quad \bar{U}_t = \bar{U}_{t-1} + \varepsilon_t^{\bar{U}}, \quad \varepsilon_t^{\bar{U}} \sim N(0, \sigma_{\bar{U}}^2), \quad u_t = \beta^u y_{t-1} + \varepsilon_t^u, \\ \varepsilon_t^u \sim N(0, \sigma_u^2).$$

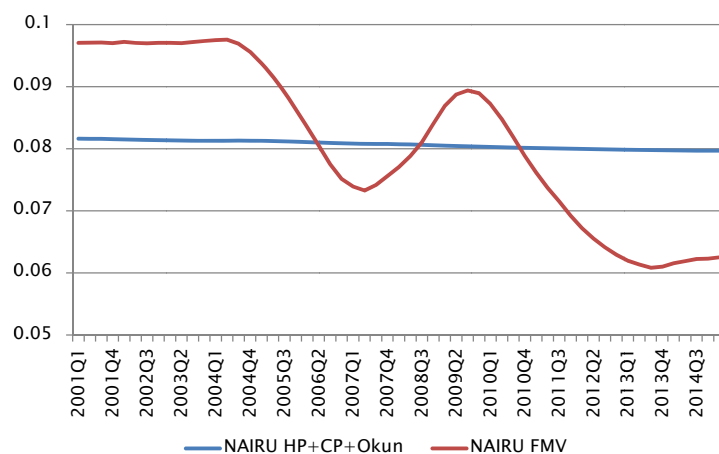
Para entender la mejora que implica la especificación de la NAIRU en el FMV respecto al filtro tri-variado, nótese que la dinámica de esta variables en el filtro tri-variado es una versión restringida del FMV al imponerse una raíz unitaria en los shocks a la NAIRU. Dado que cualquier shock a la NAIRU resultaría muy persistente, éste filtro tri-variado tiende a estimar pequeños shocks a esta variable (bajo $\sigma_{\bar{U}}^2$). En la práctica, esto implica una serie para la NAIRU que es esencialmente una línea recta, comparada con la que infiere el FMV. Como consecuencia, las fluctuaciones de desempleo se interpretan como variaciones de su brecha en el filtro tri-variado. Ambas series se muestran en el **gráfico 8**.

El segundo elemento de rigidez que presenta este filtro tri-variado respecto al FMV es que la brecha de desempleo depende solo de la brecha de producto, mientras que en el FMV se admite además dependencia de sus propios rezagos. Esto permite al FMV inferir una trayectoria más disociada entre las dinámicas del mercado del trabajo, y las brechas de actividad. Cabe recalcar que esto no se impone, sino que simplemente se le permite una dimensión extra de flexibilidad. La implicancia de esto es que en el filtro tri-variado, el



modelo se ve empujado a interpretar la baja del desempleo hacia el final de la muestra como una baja en la brecha de desempleo (por el argumento del párrafo anterior), la cual a su vez solo puede estar asociada a una brecha positiva de producto (además de shocks exógenos). Esta combinación de factores explica porque el filtro tri-variado infiere una brecha actual positiva y de magnitud cercana al 3%.

Gráfico 8: Tasa desempleo natural: Filtro tri-variado vs. FMV





A.2: FMV

Este Anexo presenta más detalles del ejercicio del FMV, basado en Blagrove et al. (2015) que se utilizó también en el *World Economic Outlook* de abril 2015 para calcular el producto potencial de distintas economías emergentes y desarrolladas (FMI, 2015).¹² Éste es un modelo semi-estructural similar a los anteriores pero con algunas mejoras metodológicas: primero, para estimar los parámetros con más precisión y obtener una inferencia más robusta de las variables inobservables, se incluyen más series observadas (en particular, expectativas de crecimiento e inflación). Adicionalmente, para generar una dinámica más completa de las variables que los modelos basados en el filtro HP simple, se incluyen algunos *shocks* adicionales. Finalmente, para lograr una mejor identificación de parámetros, se usa la técnica de estimación Bayesiana con *priors* centrados en los resultados de otras economías emergentes de Blagrove et al. (2015). Por otro lado, a cambio de la mayor complejidad se hacen algunas simplificaciones, entre ellos una estructura simplificada de rezagos en la curva de Phillips y no se incluye la tasa de interés en la ecuación de la brecha del producto.

El modelo incluye los procesos estocásticos del producto potencial y la brecha del producto descritos en la ecuación (4). Los shocks correspondientes tiene una distribución normal: $\varepsilon_t^y \sim N(0, \sigma_y^2)$, $\varepsilon_t^G \sim N(0, \sigma_G^2)$ y $\varepsilon_t^V \sim N(0, \sigma_V^2)$. La dinámica de la inflación es la descrita por la ecuación (5). A diferencia del modelo de Blagrove et al. (2015) que incluye un proceso no estacionario de inflación de la forma $\pi_t = (1 - \lambda)E_t\pi_{t+1} + \lambda\pi_{t-1} + \kappa y_t + \varepsilon_t^\pi$, para la versión del modelo para Chile se asume un proceso estacionario, y con un rol del tipo de cambio real debido a que Chile es una economía pequeña y abierta. Los shocks de inflación también siguen una distribución normal, $\varepsilon_t^\pi \sim N(0, \sigma_\pi^2)$, y la variable $tcrt_t$ es el tipo de cambio real que se supone evoluciona como proceso AR(1) exógeno, en desvío de su promedio de largo plazo:

$$tcrt_t = \tau_5 tcrt_{t-1} + \varepsilon_t^{tcr}, \quad \varepsilon_t^{tcr} \sim N(0, \sigma_{tcr}^2).$$

¹² Otro estudio donde se aplicó un método similar es Benes et al. (2010).



El parámetro β mide la importancia de las expectativas de inflación en la curva de Phillips, mientras que λ mide el grado de indexación de la inflación. Los parámetros κ y λ son las elasticidades de la inflación a la brecha del producto y el TCR respectivamente. El modelo incluye además una Ley de Okun para describir la dinámica de la brecha entre la tasa observada de desempleo y la NAIRU,

$$u_t = \tau_2 u_{t-1} - \tau_1 y_t + \varepsilon_t^u, \quad \varepsilon_t^u \sim N(0, \sigma_u^2),$$

donde $\varepsilon_t^u \sim N(0, \sigma_u^2)$ y la NAIRU evoluciona de acuerdo al siguiente proceso estocástico:

$$\bar{U}_t = \tau_4 \bar{U}^{SS} + (1 - \tau_4) \bar{U}_{t-1} + g \bar{U}_t + \varepsilon_t^{\bar{U}}, \quad \varepsilon_t^{\bar{U}} \sim N(0, \sigma_{\bar{U}}^2),$$

$$g \bar{U}_t = (1 - \tau_3) g \bar{U}_{t-1} + \varepsilon_t^{g \bar{U}}, \quad \varepsilon_t^{g \bar{U}} \sim N(0, \sigma_{g \bar{U}}^2).$$

Nótese que en este modelo la forma de la Ley de Okun permite que la brecha del desempleo tenga alguna persistencia autónoma a través del parámetro τ_2 , más allá de su dependencia de la brecha del producto a través del parámetro τ_1 . Finalmente, se agregan datos de expectativas de crecimiento e inflación al modelo al final de la muestra:

$$dY_{t+j}^e = E_t dY_{t+j} + \varepsilon_{t+j}^{Y^e}, \quad \varepsilon_{t+j}^{Y^e} \sim N(0, \sigma_{Y^e}^2),$$

$$\bar{dY}_{t+j}^e = \frac{1}{5} \sum_{j=5}^9 E_t dY_{t+j} + \varepsilon_{t+j}^{\bar{Y}^e}, \quad \varepsilon_{t+j}^{\bar{Y}^e} \sim N(0, \sigma_{\bar{Y}^e}^2),$$

$$\pi_{t+j}^e = E_t \pi_{t+j} + \varepsilon_{t+j}^{\pi^e}, \quad \varepsilon_{t+j}^{\pi^e} \sim N(0, \sigma_{\pi^e}^2),$$

donde j denote años en el horizonte de proyección. Estas ecuaciones relacionan las predicciones del modelo ($E_t \pi_{t+j}$, $E_t dY_{t+j}$) con datos de expectativas (π_{t+j}^e , dY_{t+j}^e , \bar{dY}_{t+j}^e). Los errores ($\varepsilon_{t+j}^{\pi^e}$, $\varepsilon_{t+j}^{Y^e}$, $\varepsilon_{t+j}^{\bar{Y}^e}$) y su varianza estimada miden la “fuerza” de esta relación, lo que permite en la práctica que los datos de expectativas influyan, pero no reemplacen, las predicciones del modelo. La motivación para agregar estos datos es lidiar con el problema de final de muestra y estimar los parámetros del modelo, en particular el parámetro de crecimiento de largo plazo, G^{SS} , con mayor precisión.



Algunos de los parámetros del modelo se calibran aplicando la calibración para economías emergentes de Blagrove et al. (2015). El parámetro adicional β se calibra a 0.9999 para llegar a una tasa de interés real de estado estacionario entre 2–2.5%. Los demás parámetros se estiman con métodos Bayesianos, con *priors* centrados en los valores estimados para economías emergentes de Blagrove et al. (2015), infiriendo las variables inobservables (\bar{Y}_t , G_t , \bar{U}_t , $g\bar{U}_t$) y computando la función de probabilidad con el filtro de Kalman. El periodo de la muestra es 2001-I–2015.I y las variables observadas son el PIB real resto (var t/t, SA), el IPC SAE (var t/t, SA, desv. meta), el TCR (desv. promedio), la tasa de desempleo (SA), y proyecciones de Consensus Forecasts para el crecimiento real anual del PIB en 2015–2019 y el crecimiento promedio en 2020–2024 (datos de encuestas de octubre 2014 y marzo 2015) y la tasa de inflación anual del IPC en 2015–2016 (encuesta de marzo 2015). La **tabla 10** muestra los resultados para los parámetros estimados.

Tabla 10: Parámetros estimados del FMV

(muestra 2001.I–2015.I)

Parámetro	Prior				Posterior Moda (D.E.)
	Dist.	Límites	Media	D.E.	
θ Vel. ajuste crecimiento	beta	[0, 1]	0.15	0.1	0.204 (0.031)
$4G^{SS}$ Crec. largo plazo (a/a)	unif	[0, 0.1]	0.05	0.029	0.041 (0.001)
ϕ AR(1) brecha PIB	beta	[0, 1]	0.6	0.1	0.763 (0.043)
λ Grado indexación IPC	beta	[0, 1]	0.25	0.1	0.138 (0.061)
κ Elast. IPC a brecha	gamm	[0, ∞]	0.15	0.05	0.044 (0.012)
γ Elast. IPC a TCR	gamm	[0, ∞]	0.075	0.025	0.017 (0.004)
τ_5 AR(1) TCR	beta	[0, 1]	0.75	0.1	0.645 (0.060)
τ_2 AR(1) desempleo	beta	[0, 1]	0.2	0.1	0.503 (0.127)
τ_1 Elast. desempl. a PIB	gamm	[0, ∞]	0.2	0.1	0.027 (0.015)
\bar{U}^{SS} Desempl. largo plazo	unif	[0, 0.15]	0.075	0.043	0.081 (0.008)

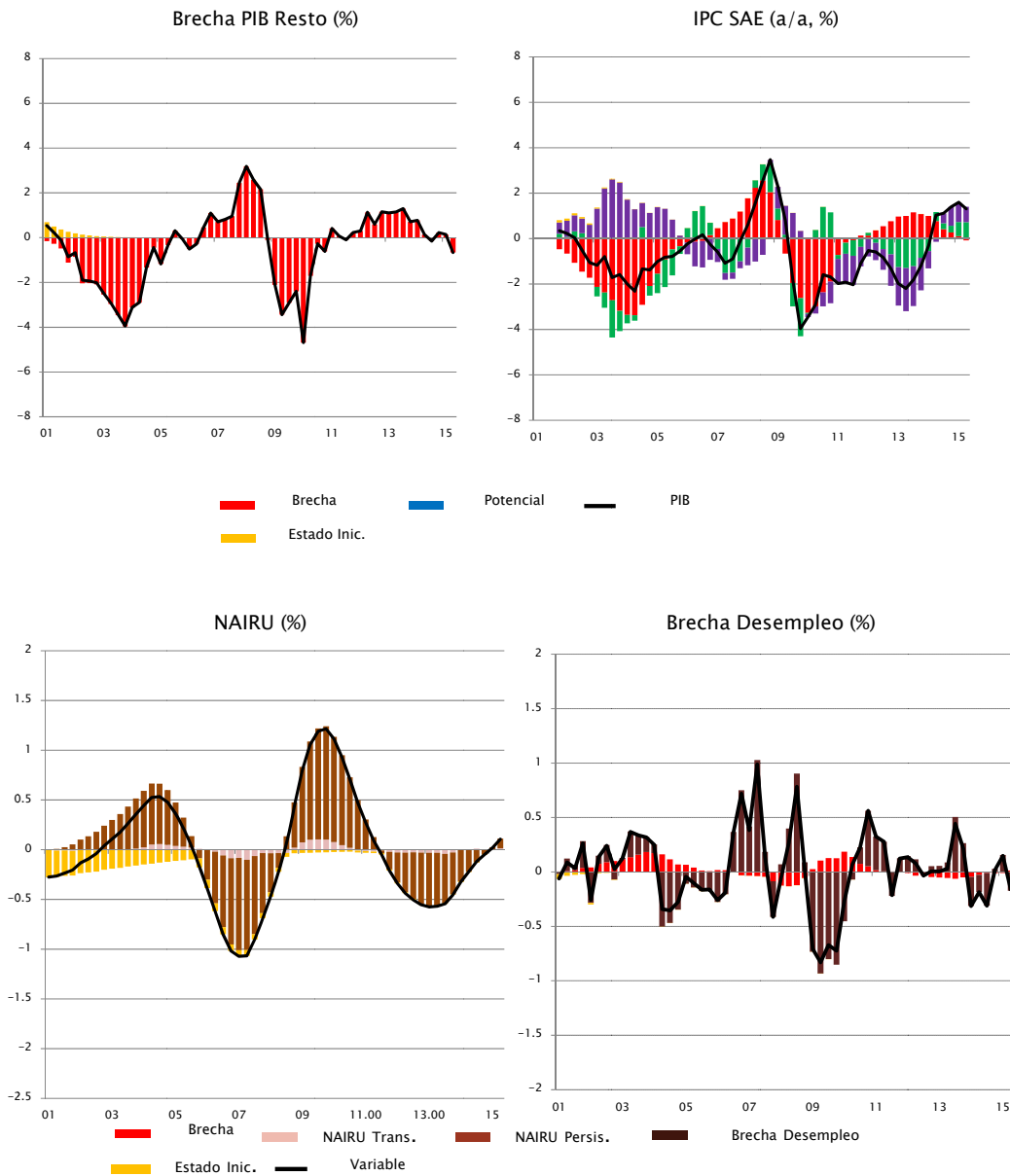


Dada la incertidumbre inherente en toda estimación de NAIRU, a continuación se realizan dos ejercicios de robustez. En el primero, hacemos el mismo ajuste a la tasa de desempleo que en el caso del SVAR corregido por NAIRU, en línea con los cambios en la participación de jóvenes y ancianos en la fuerza laboral. Este procedimiento equivale a utilizar en el FMV una serie de desempleo con algo menos de tendencia. En el segundo ejercicio, quitamos una tendencia lineal a la serie de desempleo. El **gráfico 9** muestra los efectos en la estimación de brecha, inflación, y NAIRU que resulta del segundo ejercicio.

Claramente, ajustar por la tendencia lineal afecta la lectura de la NAIRU, pero sus efectos en la lectura de brecha e inflación son relativamente menores en comparación con la estimación base del FMV (la que usa el desempleo efectivo). En particular, la lectura de la brecha actual es prácticamente idéntica.



Gráfico 9: Robustez estimación FMV (desempleo neto de tendencia lineal)





A.3: Ejercicio Monte Carlo: sesgo de final de muestra

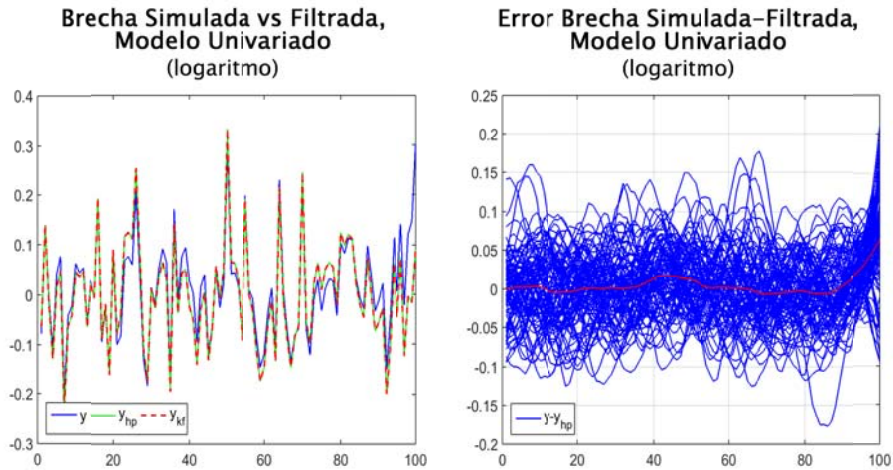
Aquí presentamos un ejercicio para ilustrar el problema de sesgo de final de muestra, y como la inclusión de expectativas en el FMV soluciona dicho problema. Para esto, generamos un producto potencial y efectivo por medio de simulación aleatoria (ejercicio de Monte Carlo), y dejamos a varios modelos estimar el producto potencial a partir del observado. Suponemos, además, que el producto potencial sufre dos shocks grandes (3 desv. estándar), uno a la mitad, y otro al final de cada muestra aleatoria. Luego calculamos el error de estimación del producto potencial. El **gráfico 10.1** muestra el producto potencial efectivo y el inferido por un filtro HP univariado, para una de las 100 repeticiones aleatorias (izquierda), y el error predictivo de cada una de las repeticiones (derecha). Puede apreciarse que el filtro captura bien el shock de mitad de muestra, pero genera un sesgo considerable hacia el final, interpretando el shock al producto potencial a un movimiento de brecha.

Agregar variables adicionales reduce el error promedio de estimación, pero no resuelve el problema de fin de muestra (**gráfico 10.2**). Sin embargo, al incluir expectativas de producto e inflación, el sesgo al final de la muestra desaparece (**gráfico 10.3**). Este ejercicio sugiere que incluir información de expectativas (como lo hace el FMV) es importante para lidiar con este problema.



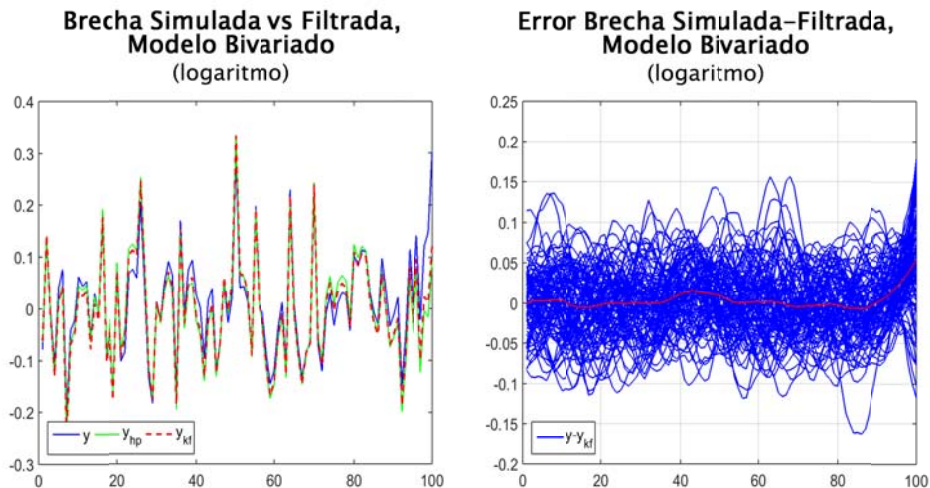
Gráfico 10: Ejercicio Monte Carlo: sesgo de final de muestra

10.1: Filtro univariado



Nota: El gráfico a la izquierda corresponde a una de las M simulaciones y el gráfico a la derecha muestra el error del filtro HP de las M simulaciones, donde la línea roja es el error promedio.
Fuente: Elaboración propia.

10.2: Filtro bi-variado

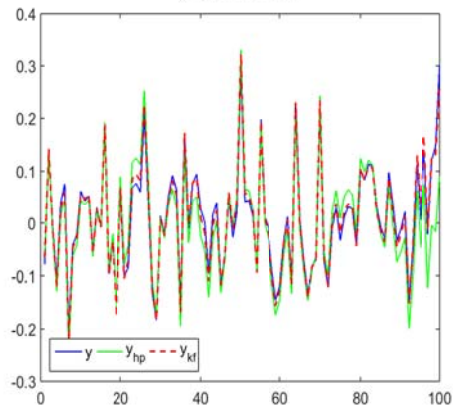


Nota: El gráfico a la izquierda corresponde a una de las M simulaciones y el gráfico a la derecha muestra el error del filtro de Kalman de las M simulaciones, donde la línea roja es el error promedio.
Fuente: Elaboración propia.

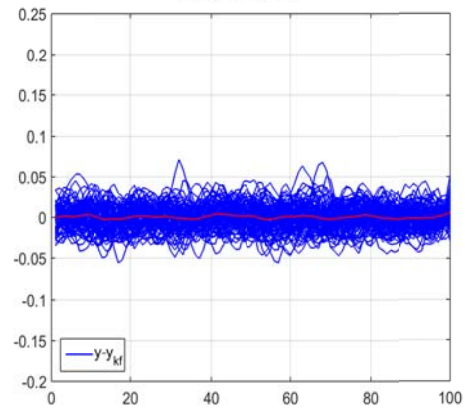


10.3: FMV

**Brecha Simulada vs Filtrada,
Modelo Cuatrivariado
(logaritmo)**



**Error Brecha Simulada-Filtrada,
Modelo Cuatrivariado
(logaritmo)**



Nota: El gráfico a la izquierda corresponde a una de las M simulaciones y el gráfico a la derecha muestra el error del filtro de Kalman de las M simulaciones, donde la línea roja es el error promedio.
Fuente: Elaboración propia.



A.4: Cálculo de promedio óptimo de modelos

La combinación óptima de modelos para la proyección de inflación fuera de muestra se basa en el método de Granger y Ramanathan (1984). En este se asigna ponderaciones óptimas a cada pronóstico a partir de la minimización de la forma cuadrática (A5.1) sujeto a la restricción que los elementos del vector w^h sumen uno,

$$(A5.1) \text{Min}_w w^{h'} \Omega^h w^h$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{m=1}^M w^h(m) = 1 \quad ; \quad 0 \leq w^h(m) \leq 1$$

En este caso, Ω^h se refiere a la matriz de covarianza de los errores de predicción de cada modelo (h pasos hacia delante), y $w^h(m)$ es la ponderación óptima para el caso del horizonte h de cada modelo (m) de curva de Phillips.

$$\hat{\pi}_{t+h|t}^{COM} = \sum_{m=1}^M w^h(m) \cdot \hat{\pi}_{t+h|t}^{m,CP}$$

Donde, $\hat{\pi}_{t+h|t}^{COM}$ es el pronóstico que resulta de combinar óptimamente los pronósticos de cada curva de Phillips para el modelo m .

Las ponderaciones óptimas se hicieron a partir de los errores de proyección estimados del 2007.I–2015.I. Con esas ponderaciones se realizaron los pronósticos combinados para el mismo horizonte, cuyos RECM se reportan en la última fila de la **tabla 4** del texto.