

# USO DE MODELOS MACROECONÓMICOS EN EL BANCO CENTRAL DE CHILE 2020



# USO DE MODELOS MACROECONÓMICOS EN EL BANCO CENTRAL DE CHILE 2020





# CONTENIDO

PREFACIO	5
1 INTRODUCCIÓN	7
<b>1.1 Modelos macroeconómicos y decisiones de política monetaria</b>	<b>9</b>
1.1.1 El rol del juicio	12
<b>1.2 Estructura del documento</b>	<b>13</b>
2 ANÁLISIS Y PROYECCIÓN: USO DE MODELOS EN RPM E IPOMS	15
3 MODELOS PRINCIPALES DE USO FRECUENTE	21
<b>3.1 Modelos para sector externo</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Modelos econométricos para la economía doméstica</b>	<b>29</b>
3.2.1 Proyecciones del sector real	29
3.2.2 Proyecciones de inflación	40
3.2.3 Proyecciones de mediano plazo para componentes de demanda y cuenta corriente.	47
<b>3.3 Modelos estructurales para la economía doméstica</b>	<b>48</b>
3.3.1 MSEP: Modelo semi-estructural de proyecciones	48
3.3.2 XMAS: Modelo extendido para análisis y simulación.	53
<b>3.4 Estimación de inobservables</b>	<b>67</b>
3.4.1 Crecimiento del PIB: tendencial y potencial	68
3.4.2 Tasa de interés neutral	73
4 MODELOS SATÉLITE DE USO COMPLEMENTARIO	79
<b>4.1 Modelos econométricos</b>	<b>79</b>
4.1.1 Modelos alternativos para proyecciones de la actividad minera	79
4.1.2 Proyecciones para el escenario fiscal	81
4.1.3 Modelos para análisis de alta frecuencia del tipo de cambio nominal	82
4.1.4 Modelos VAR para análisis del traspaso de tipo de cambio a inflación	83

<b>4.2 Modelos estructurales</b>	<b>84</b>
4.2.1 Aprendizaje, expectativas y desanclaje	84
4.2.2 Traspaso condicional del tipo de cambio en un modelo con transables y no transables	87
4.2.3 Generaciones traslapadas y análisis de largo plazo	93
<b>5 CONCLUSIONES Y AGENDA FUTURA</b>	<b>99</b>
<b>6 REFERENCIAS</b>	<b>101</b>
<b>7 ABREVIACIONES</b>	<b>109</b>

## PREFACIO

La interpretación que el Consejo del Banco Central de Chile (BCCh) da al objetivo establecido en su Ley Orgánica Constitucional (LOC) referente a la estabilidad de la moneda se traduce, en términos operacionales, en mantener la inflación proyectada en 3% anual en un horizonte de política en torno a dos años. En el marco del compromiso del BCCh con una creciente transparencia, este libro describe de manera general los distintos modelos económicos que ayudan al Consejo en esta tarea, así como también el rol que juegan en el proceso de toma de decisiones y como herramientas de análisis y proyecciones.

En el BCCh, los modelos económicos se utilizan como organizadores del marco analítico con el que se estudia el comportamiento de la inflación y los mecanismos de transmisión de la política monetaria, para proyectar la inflación y otras variables de interés, y para evaluar la forma en que la economía respondería ante distintos eventos y trayectorias de la tasa de interés. En una economía siempre cambiante, ningún modelo puede abarcar integralmente todos los factores relevantes para la determinación de la política monetaria. En ese sentido, la visión del Consejo sobre la economía se apoya en la lectura de diversos modelos, cuya relevancia depende de las circunstancias particulares del momento y del juicio que se les incorpora de acuerdo a las limitaciones de cada uno de ellos.

Debe destacarse que los modelos descritos en este documento, que actualiza el libro “Modelos macroeconómicos y proyecciones del Banco Central de Chile” publicado en 2003, están en constante estudio y perfeccionamiento, y evolucionan a medida que las técnicas para abordar problemas de política macroeconómica avancen. Asimismo, el Consejo del BCCh determinará los lineamientos futuros de la agenda de modelación de acuerdo con los desafíos que vayan surgiendo.

La elaboración del material estuvo a cargo del Departamento de Modelación Económica, adscrito a la Gerencia de Estudios Económicos del Banco Central de Chile. En su elaboración participaron, además del staff del departamento, varios funcionarios de otras áreas del Banco. Una lista, que no aspira a ser exhaustiva, incluye a Elías Albagli, Agustín Arias, Francisco Arroyo, Gent Bajraj, Felipe Beltrán, Lissette Briones, Francisco Bullano, Gonzalo Calvo, Guillermo Carlomagno, Gabriel Correa, Marcus Cobb, Andrés Fernández, Jorge Fornero, Miguel Fuentes, Benjamín García, Mariana García, Diego Gianelli, Mario González, Sebastián Guarda, Juan Guerra, Matías Muñoz, Tomás Opazo, Manuel Paillacar, Camilo Pérez, Víctor Riquelme, Diego Rodríguez, Andrés Sansone, Matías Solorza, Johanna Torres, Rocío Valdés, Juan Marcos Wlasiuk y Roberto Zúñiga. La elaboración de un documento como éste no hubiera sido posible sin el liderazgo y visión de pasados gerentes de política monetaria, análisis macroeconómico, análisis internacional, investigación, además de otros funcionarios y ex funcionarios que promovieron el desarrollo de parte importante de la estructura de modelos que se describe en este libro, entre ellos Pablo García, Luis Oscar Herrera, Alberto Naudon, Sergio Lehmann, Klaus Schmidt-Hebbel, Claudio Soto, Juan Pablo Medina, Javier García-Cicco y Markus Kirchner. Por último, se agradece la motivación y liderazgo ejercidos por parte de todos los miembros del Consejo del BCCh quienes desde un comienzo apoyaron esta iniciativa con firmeza y entusiasmo.



# 1. INTRODUCCIÓN

*"[Models] are a real and essential element in the preparation of well-coordinated policies. But they cannot do this job all by themselves. Models constitute a framework or a skeleton and the flesh and blood will have to be added by a lot of common sense and knowledge of details."*

*Jan Tinbergen,  
Discurso de recepción de Premio Nobel de Economía, 1969*

La Ley Orgánica Constitucional (LOC) del Banco Central de Chile (BCCh) establece que la autoridad monetaria tendrá por objeto "velar por la estabilidad de la moneda y el normal funcionamiento de los pagos internos y externos". La estabilidad de la moneda se traduce en mantener una inflación baja, estable y predecible en el tiempo. Por su parte, el normal funcionamiento de los pagos implica trabajar para preservar las funciones primordiales de intermediación del crédito, la provisión de servicios de pago y asignación de riesgos por parte de los mercados financieros. Los documentos "Política financiera del Banco Central de Chile" y "La política monetaria del Banco Central de Chile en el marco de metas de inflación" describen las características y la implementación de las políticas que el BCCh maneja para cumplir con estos objetivos.

El BCCh conduce su política monetaria sobre la base de un esquema de metas de inflación, que se complementa con un régimen de tipo de cambio flotante. Este esquema incorpora el compromiso de utilizar los instrumentos que le otorga la ley para que la inflación proyectada a un horizonte de dos años se ubique en 3%, compromiso que orienta las expectativas de los agentes económicos y transforma la meta de inflación en el ancla nominal de la economía.

El marco de acción de la política monetaria del BCCh requiere de un alto grado de transparencia y comunicación. El BCCh realiza un esfuerzo en este ámbito a través de la elaboración y publicación del Informe de Política Monetaria (IPoM) y del Comunicado y la Minuta de la Reunión de Política Monetaria (RPM), entre otros elementos. La importancia de la transparencia y comunicación radica en que los distintos agentes comprendan mejor las decisiones del BCCh. Ello, a su vez, contribuye a que estas sean más efectivas para alcanzar los objetivos planteados, aumentando la credibilidad del BCCh en el logro de la meta de inflación y permitiendo que este dé cuenta a la sociedad de la forma en que cumple con su mandato.

El presente volumen también se enmarca en este proceso de búsqueda de mayor transparencia. Este documento corresponde a una actualización del publicado en 2003<sup>1/</sup>, y su objetivo es dar a conocer el estado actual del instrumental con el que cuenta el BCCh para la construcción de proyecciones y el rol de los modelos dentro del proceso de toma de decisiones del Consejo<sup>2/</sup>. La elaboración de este libro es un trabajo conjunto entre las distintas áreas de la División de Política Monetaria del BCCh, coordinado por el Departamento de Modelación Económica.

<sup>1/</sup> "Modelos Macroeconómicos y Proyecciones del Banco Central de Chile", 2003.

<sup>2/</sup> La publicación de este libro se acompaña con diversos documentos que describen con mayor profundidad lo descrito en el presente volumen, además de los códigos computacionales de los principales modelos de equilibrio general.





El primer papel que cumplen los modelos en el BCCh es el de organizadores del marco analítico con el que se estudian los mecanismos de transmisión de la política monetaria<sup>3/</sup>. En efecto, no es suficiente con observar casuísticamente la coyuntura para entender las fuerzas que están en juego en la determinación de la inflación, sino que es necesario un orden criterioso, el que se puede estructurar adecuadamente con la ayuda de modelos. Estos facilitan la comprensión del estado actual de la economía, permitiendo la inferencia sobre el estado de variables que no son directamente observables en los datos.

En segundo lugar, los modelos se utilizan para apoyar las decisiones del Consejo a través de la formulación de proyecciones cuantitativas para las variables económicas de relevancia. Los instrumentos de política monetaria en un esquema de metas de inflación operan con cierto rezago y deben utilizarse, por lo tanto, considerando la situación económica esperada en el momento en que las acciones en cuestión tendrían efecto. Las proyecciones son la herramienta fundamental por medio de la cual se describe ese escenario futuro. Como lo plantea Svensson (1997), el rezago con el que opera la política monetaria genera que, en la práctica, los esquemas de metas de inflación sean más bien unos de metas de inflación proyectada.

En tercer lugar, contar con modelos que describan los mecanismos de transmisión de la política monetaria permite entender y cuantificar la manera más probable en que la economía, y en particular la inflación, responderán a las distintas innovaciones o noticias, además de evaluar la respuesta a movimientos de política monetaria.

En el caso del BCCh, el desarrollo y la utilización de modelos se realiza con un enfoque dual, donde un conjunto de modelos principales de uso frecuente y una serie de modelos auxiliares o satélites se complementan. Los principales buscan capturar de manera precisa los mecanismos de transmisión que se consideran relevantes la mayor parte del tiempo, y que se utilizan con mayor frecuencia e intensidad. Los auxiliares, en tanto, permiten contrastar los resultados de los modelos principales, además de facilitar el análisis de fenómenos que ocurren con menor frecuencia y que no son capturados en estos últimos modelos.

Los modelos económicos descritos en este libro difieren, adicionalmente, en el énfasis que se le da, por una parte, a la incorporación de restricciones derivadas de la teoría económica, y por otra, al análisis estadístico de las correlaciones históricas entre variables. El primer tipo de modelos, llamados modelos estructurales, son útiles para entender las razones detrás de los comportamientos esperados, así como también, como se explica en el recuadro 1.1, para realizar ejercicios contrafactuales y análisis de escenarios alternativos. El segundo tipo de modelos, que en el presente libro se denominan econométricos, poseen un mayor énfasis en la predicción y permiten generar, de manera simple y eficiente, una visión sobre el comportamiento futuro más probable de las variables de interés en el corto plazo, donde los modelos estructurales suelen tener menor poder predictivo. De esta forma, teniendo en cuenta las fortalezas y debilidades de cada tipo de enfoque, el uso de modelos con énfasis predictivo se centra en las proyecciones de corto plazo, mientras que los modelos con mayor énfasis en la teoría económica se utilizan principalmente para proyecciones de mediano plazo y ejercicios contrafactuales.

Por último, es importante destacar que el desarrollo de modelos es un proceso continuo, que avanza en varias dimensiones, incorporando nuevas fuentes de información, además de desarrollos empíricos y teóricos, en la medida que se consideren pertinentes para la conducción de la política

---

<sup>3/</sup> Los mecanismos de transmisión de la política monetaria se definen como los canales a través de los cuales los distintos sectores de la economía se ven afectados por los movimientos en las tasas de interés derivados de las decisiones del Banco Central.

monetaria. La experiencia de los años recientes en el BCCh ha ido precisamente en esta línea, lo que ha permitido sofisticar y mejorar gradualmente los modelos utilizados. Este volumen, por tanto, refleja solo el estado actual del desarrollo de estos modelos, siendo esperables versiones futuras con variantes y extensiones que mejoren su contenido actual.

## 1.1 Modelos macroeconómicos y decisiones de política monetaria

La base de todo proceso de toma de decisiones en política monetaria es la observación cuidadosa de la coyuntura, a la luz de la experiencia acumulada respecto del comportamiento de la economía. Sin embargo, observar solo los datos en sí mismos no permite interpretar fácilmente las lecciones del pasado. Los modelos económicos ayudan a clarificar y ordenar este proceso permitiendo la formación de una idea estructurada acerca del funcionamiento de la economía y colaborando con la toma de decisiones informadas. Asimismo, a partir de una evaluación sistemática del comportamiento económico pasado, los modelos macroeconómicos son capaces de entregar una proyección cuantitativa de la evolución más probable de la economía<sup>4/</sup>. Más aún, el uso de modelos permite informar acerca de las posibles implicancias de eventuales decisiones de política.

### Modelos como ordenadores del análisis

El uso de modelos permite ordenar la discusión y el análisis de la política monetaria en dos dimensiones. En primer término, los modelos ayudan a anclar la discusión sobre la evolución futura de la economía a partir del análisis estadístico del comportamiento pasado. En segundo término, el uso de modelos económicos permite agrupar en un mismo marco conceptual los determinantes de la inflación y la cuantificación de las magnitudes, así como la temporalidad con la que actúan los distintos canales de transmisión de la política monetaria. Esto se logra con modelos que tengan una estructura interna que dé cuenta de la forma en que se entiende el comportamiento de los agentes que participan en la economía, con un rol importante de la teoría económica en la definición de la estructura de los modelos y en la interpretación de sus resultados. En este contexto, es de especial relevancia que los modelos incorporen canales de retroalimentación que reflejen el hecho que los agentes consideran lo que hace el resto al tomar sus decisiones.

Es importante destacar que, si bien los modelos entregan proyecciones puntuales sobre la evolución más probable de las distintas variables económicas, estas estarán siempre sujetas a un grado considerable de incertidumbre, por lo que el análisis crítico de los resultados y la aplicación informada del juicio por parte del *staff* y del Consejo tienen gran relevancia en la discusión precedente a las decisiones de política.

### Modelos y proyecciones económicas

Dado que los cambios en la tasa de interés de política monetaria afectan a la economía con rezago, las decisiones de política no pueden basarse únicamente en lo que ocurre contemporáneamente. Más bien, es necesario determinar si la actual orientación de política es compatible con una trayectoria inflacionaria que permita cumplir con el objetivo de estabilidad de precios dentro del

<sup>4/</sup> El análisis cuidadoso de las proyecciones pasadas y cómo estas se comparan con la evolución efectiva de la economía, entrega además información valiosa para la evaluación, reformulación y actualización de los modelos en uso.



horizonte de política monetaria. En este sentido, las proyecciones de inflación adquieren un rol preponderante, al convertirse en el objetivo operacional explícito de la política monetaria.

Las proyecciones de inflación y crecimiento económico se llevan a cabo frecuentemente, en un proceso iterativo e interactivo, que tiene como hitos principales las RPM y los IPoM. En este proceso se va configurando un escenario central de proyección para la inflación y otras variables relevantes. Adicionalmente, los modelos permiten realizar un análisis de escenarios alternativos a la trayectoria más probable de las variables, generando de esta forma un balance de riesgos y sensibilidades que se utiliza como insumo para la comunicación de los rangos probables para la inflación, el crecimiento del PIB y la trayectoria futura de tasas.

## Ejercicios y evaluación de políticas

Un modelo que captura adecuadamente los mecanismos de transmisión de la política monetaria no solo sirve para realizar proyecciones, sino que además puede implementarse en ambientes artificiales para analizar distintos ejercicios y simulaciones de política. Este laboratorio computacional es útil para aislar y cuantificar efectos de política, que en los datos efectivos se dan en conjunto con múltiples otras perturbaciones a la economía o bajo circunstancias distintas a las contemporáneas.

Un primer conjunto de ejercicios relevantes se refiere al efecto de corto y largo plazo de cambios —transitorios o permanentes— en variables distintas a la política monetaria, como el entorno internacional o la política fiscal. Estos ejercicios no solo son importantes por sus implicancias sobre la trayectoria de la inflación, sino porque además permiten dar recomendaciones de respuestas de política monetaria ante la eventualidad de que se materialicen distintos escenarios.

De la misma manera, disponer de modelos macroeconómicos permite evaluar el impacto de cambios en la política monetaria, en términos de las magnitudes y los rezagos con que afectan a la inflación y al crecimiento. Si a esto se suma un objetivo de política claro, el uso de modelos permite evaluar la forma más apropiada para implementar la política monetaria.

### Recuadro 1.1: La crítica de Lucas y el uso de modelos económicos

---

Los modelos sirven, entre otras cosas, para evaluar el efecto que políticas alternativas tendrían en la economía. Este tipo de análisis es a menudo objeto de interés por parte de hacedores de política y académicos. Por ejemplo, ¿qué impacto tendría un cierto cambio en el régimen de política monetaria o de política fiscal sobre la economía?

En una famosa contribución, Lucas (1976) enfatizó que para este tipo de análisis es crucial tomar en cuenta las expectativas de hogares, firmas y otros agentes relevantes. En particular, es probable que estos agentes modifiquen sus expectativas ante un cambio de política y que esas expectativas informen sus decisiones. Al influir sobre las decisiones de los agentes, las expectativas son un determinante importante del efecto agregado del cambio de política. La

Llamada crítica de Lucas consiste en que la evaluación de una política alternativa que ignora su efecto en las expectativas de los agentes resultará en conclusiones erróneas.

Como ejemplo, consideremos la relación que existe entre la tasa de interés y el nivel de actividad económica. Un análisis histórico sugerirá una relación inversa entre estas dos variables a lo largo del tiempo, lo que refleja que, en general, una política monetaria expansiva (con tasas de interés bajas) resulta en mayor actividad económica. Si un banco central considerara cambiar su régimen de política monetaria para explotar esa relación inversa y generar mayor actividad económica de forma persistente a través de una expansión monetaria sostenida, su análisis sería susceptible a la crítica de Lucas. La razón es que ese análisis estaría basado en una relación histórica que ignoraría la manera en que las expectativas de personas y firmas se ajustarían a la nueva política. Lo más probable es que ante la nueva política sostenidamente más expansiva, los individuos ajustarían sus expectativas de modo que lo único que esperarían sería una inflación más elevada y no se materializaría una expansión de la actividad económica. La relación histórica entre tasa de interés y nivel de actividad económica no sobreviviría al cambio de política. Tenemos, entonces, un análisis susceptible a la crítica de Lucas si se usaran únicamente las relaciones históricas, denominadas “relaciones de forma reducida”, mientras que el análisis sería robusto a la crítica de Lucas si se considerara la manera en que la política alternativa afecta las expectativas de los agentes.

Para que un modelo pueda ofrecer un análisis de política robusto a la crítica de Lucas, es necesario que contenga parámetros cuyos valores no varíen ante cambios de política. Este tipo de parámetros, conocidos como “profundos” o “estructurales”, reflejan las preferencias y objetivos de individuos y firmas que informan sus decisiones con expectativas sobre su entorno, incluido el régimen de política que impera. En cambio, un análisis susceptible a la crítica de Lucas se fundamenta en relaciones históricas de forma reducida que probablemente cambiarán cuando se altere el régimen de política, ofreciendo resultados erróneos.

Al igual que modelos similares usados en otros bancos centrales y organismos internacionales, el modelo XMAS, descrito en la Sección 3.3.2, cuenta con fundamentos microeconómicos y con parámetros relacionados con las preferencias y objetivos de individuos y firmas que toman decisiones considerando expectativas sobre el futuro. Esto lo hace, en buena medida, robusto a la crítica de Lucas, y por lo tanto más adecuado para el análisis de políticas alternativas que modelos con menor estructura, como por ejemplo el MSEP, descrito en la Sección 3.3.1. Sin embargo, ningún modelo es perfecto. En la medida que modelos como el XMAS ignoren aspectos que son relevantes en ciertos contextos, perderán robustez a la crítica de Lucas. Por ejemplo, en estos modelos, los individuos y firmas forman expectativas a partir de un conocimiento de la estructura completa del modelo y de todos sus parámetros. Este supuesto, conocido como expectativas racionales, facilita la solución de estos modelos y la comprensión de sus resultados. Sin embargo, puede haber escenarios en donde la manera en que los agentes forman sus expectativas sea significativamente distinta a los supuestos del modelo. Si los agentes establecen sus expectativas en base a información parcial sobre la estructura de la economía y/o de su estado actual, y este mecanismo es relevante para cierto análisis, los modelos como el XMAS perderán robustez a la crítica de Lucas.



Aunque es difícil que un modelo sea completamente robusto a la crítica de Lucas, es preferible que los análisis de políticas alternativas se basen en modelos con fundamentos microeconómicos, como el XMAS. Puesto que ningún modelo es perfecto, el juicio de los miembros del Consejo y de economistas del BCCh es importante al momento de interpretar los resultados que los modelos arrojen.

### 1.1.1 El rol del juicio

Más allá de su utilidad, se debe tener presente que los modelos económicos son simplificaciones abstractas de la realidad: requieren de la realización de numerosos supuestos simplificadores y pueden incorporar un número limitado de agentes, relaciones y mecanismos económicos. Además, hay que tomar en cuenta que existe incertidumbre acerca de cuál es el modelo más apropiado para cada caso y momento en el tiempo, del verdadero valor de los parámetros de cada modelo, de la estabilidad de las relaciones entre variables y de los eventos futuros no previstos. Por estas razones, en todas las etapas del desarrollo y uso de modelos debe existir un diálogo permanente con el juicio económico de expertos que comprendan las limitaciones de estos.

Durante el desarrollo de modelos es necesario decidir los supuestos a realizar y los mecanismos a incorporar. No siempre es deseable incorporar en la estructura de un modelo la mayor cantidad de restricciones teóricas, ni la menor cantidad de supuestos simplificadores. Incorporar nuevos aspectos puede no ser factible técnicamente, por ser demasiado costoso en tiempo computacional o dificultar el entendimiento de los canales de transmisión. En este sentido, se debe tener siempre en consideración el balance entre complejidad y parsimonia. La elección de la estructura usualmente dependerá de la pregunta que se quiere responder y de la información disponible.

Aún con un modelo correctamente desarrollado, la influencia del juicio debe estar presente en todas las etapas del proceso de construcción de los escenarios en los que se basan las decisiones de política. En este sentido, estos juicios complementarán las proyecciones de los modelos, ayudando a sobreponer sus limitaciones al incorporar elementos de los datos que los modelos no puedan interpretar correctamente. Esto permite garantizar que la combinación de información coyuntural, predicciones de modelos y sensibilidades respecto del curso futuro de la economía sea coherente y refleje la visión del Consejo.

En el BCCh, las proyecciones de corto y mediano plazo, tanto del área nacional como del área internacional, contienen elementos de juicio provistos por el *staff* técnico que complementan la información entregada por los modelos de proyección. Los juicios se generan a partir de la *expertise* del *staff*, de elementos cuantitativos no considerados en los modelos de proyección y de información cuantitativa y cualitativa obtenida a través de encuestas realizadas tanto por el propio BCCh<sup>5/</sup> como por otras instituciones nacionales e internacionales. La aplicación del juicio toma en cuenta las

<sup>5/</sup> A partir del año 2013, el BCCh, en el marco del “Informe de Percepciones de Negocios”, realiza entrevistas a la plana administrativa y gerencial de empresas de distintos sectores económicos con el objetivo de obtener información cualitativa que complemente el análisis de la coyuntura y el proceso de toma de decisiones de política monetaria. Este informe provee una visión desde la perspectiva de las empresas que difícilmente puede obtenerse de otras fuentes, siendo un componente esencial para determinar parte del juicio aplicado al proceso de proyecciones.

características particulares de los distintos modelos de proyección, sus supuestos simplificadores y, en particular, los grados de incertidumbre asociados a sus proyecciones. Adicionalmente, en el proceso de revisión del escenario de política monetaria esperado, el Consejo provee su *feedback* respecto del escenario central y de las sensibilidades de las proyecciones propuestas por el *staff* técnico<sup>6/</sup>. Posterior a este proceso de retroalimentación, la División de Política Monetaria propone al Consejo opciones de política monetaria para cada RPM, donde nuevamente el juicio del *staff* técnico cobra relevancia. Finalmente, en la decisión de política y la comunicación al público de la misma, el juicio del Consejo vuelve a ser preponderante.

En lo reciente, el Consejo se ha embarcado en un proceso paulatino de incorporación en su comunicación pública de elementos relacionados con los juicios aplicados a las proyecciones. Esta medida surge de considerar la importancia del juicio en las proyecciones, de la transparencia en la comunicación de los fundamentos en los que se basan las decisiones de política monetaria, y en respuesta a las recomendaciones del comité de expertos que en 2019 evaluó el desempeño del BCCh en el cumplimiento de los mandatos de su LOC<sup>7/</sup>.

## 1.2 Estructura del documento

La estructura de este volumen refleja la práctica acumulada durante los últimos años en el desarrollo y uso de los modelos del BCCh. En el Capítulo 2 se detallan las principales instancias en las que se requiere del uso de modelos macroeconómicos. Esto incluye el IPoM, que se presenta cuatro veces al año, donde se realiza un exhaustivo análisis del estado actual y esperado de la economía; y que se publica un día después de la RPM de marzo, junio, septiembre y diciembre. En las cuatro RPM restantes, se actualizan las proyecciones del escenario internacional y doméstico de corto plazo.

Los Capítulos 3 y 4 abordan el proceso de análisis y proyecciones, y se describen los modelos que se usan en el BCCh. Estos modelos pueden agruparse de distinta forma de acuerdo al criterio que se emplee: modelos principales de uso frecuente y modelos satélites o auxiliares; modelos para análisis internacional y modelos para el análisis nacional; o modelos enfocados en el corto plazo y modelos enfocados en el mediano y largo plazo.

Finalmente, en el Capítulo 5, se plantean los lineamientos para una agenda futura de modelación que sea consistente con los últimos desarrollos empíricos y teóricos y que, además, apunte a lograr una mejor comprensión de los efectos de la política monetaria, los determinantes de la inflación y su interacción con el empleo, la evolución del mercado financiero y otras variables económicas.

<sup>6/</sup> Dentro del proceso de proyecciones se diferencia entre: a) el escenario central, definido como la trayectoria esperada más probable para las distintas variables económicas; b) el escenario base, que a partir del escenario central incluye un conjunto de sensibilidades de mayor probabilidad de ocurrencia coherente con el rango de inflación y crecimiento comunicado; y c) los escenarios de riesgo, sensibilidades de menor probabilidad de ocurrencia que resumen la evaluación de los riesgos más relevantes que enfrenta la economía.

<sup>7/</sup> Detalles de la evaluación se encuentran en la página web del BCCh, [www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl).



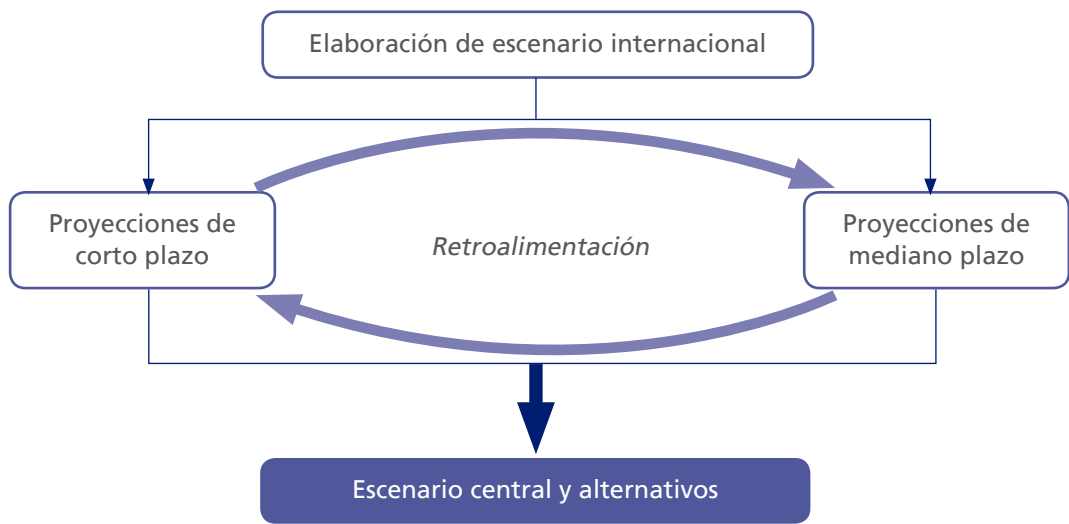
## 2. ANÁLISIS Y PROYECCIÓN: USO DE MODELOS EN RPM E IPoM

El proceso de proyecciones del BCCh está diseñado acorde con los diferentes requerimientos dictados por la implementación del marco de política monetaria del BCCh. Su objetivo final es el de proveer al Consejo de información sobre la trayectoria esperada de la actividad y los precios dentro del horizonte de política monetaria. En particular, la forma de operar contempla la generación de un escenario central al que se le atribuye la mayor probabilidad de ocurrencia, además de escenarios de sensibilidad y de riesgo que incorporan posibles eventos y desarrollos económicos que, si bien se considera tienen probabilidad relevante de ocurrencia, no se encuentran incluidos en el escenario central. El escenario base y los escenarios alternativos basados en los riesgos y sensibilidades más relevantes, tomados en conjunto, ayudan al Consejo a generar estrategias, administrar riesgos y definir políticas.

En esta Sección se resume este proceso de proyecciones, con un énfasis en el rol que juegan los modelos macroeconómicos, en conjunto con el juicio del *staff* y de los miembros del Consejo, en proveer de insumos al análisis del estado actual y futuro de la economía. Una descripción más detallada de la estructura y uso de los distintos modelos se presenta en las Secciones 3 y 4 de este libro.

Figura 2.1

### Esquema general del proceso de proyección



Fuente: Banco Central de Chile.





El proceso de construcción de los escenarios de proyección se resume en la Figura 2.1, y puede dividirse fundamentalmente en tres bloques. En primer lugar, la generación de un escenario para el sector externo. En segundo lugar, una proyección de corto plazo para la economía doméstica. Finalmente, una proyección de mediano plazo para la economía local que incorpora como insumo los resultados de los dos bloques anteriores<sup>8/</sup>. Este proceso, que sirve para informar las decisiones de política monetaria, se realiza de manera completa una vez por trimestre, coincidente con la publicación de los IPoM. El proceso de elaboración de estos informes considera cuatro reuniones formales entre el *staff* y el Consejo. En la primera se presenta el escenario internacional, con un uso intensivo de los modelos descritos en la Sección 3.1. La segunda reunión se enfoca en el análisis de los antecedentes coyunturales relevantes para la economía doméstica. En la tercera reunión se discute el escenario de corto plazo elaborado a partir de los modelos descritos en la Sección 3.2 y el escenario base de mediano plazo. Finalmente, en la cuarta reunión se evalúan las opciones de política monetaria consistentes con el cumplimiento de la meta de inflación en el escenario base y se discuten los distintos escenarios de riesgo. En esta reunión, el análisis se basa de manera importante en los resultados de los modelos estructurales y semi-estructurales descritos en las Secciones 3.3 y 4.2.

Para las RPM que no coinciden con la publicación de un IPoM, se realiza un ejercicio más acotado, actualizándose primordialmente las proyecciones del escenario internacional y del escenario doméstico de corto plazo<sup>9/</sup>.

Dadas las características de la economía chilena, en particular su pequeño tamaño a nivel mundial, el escenario internacional se considera como exógeno, lo que quiere decir que no se ve afectado por lo que ocurra en la economía local. Para la generación del escenario internacional se utiliza una serie de modelos tanto econométricos como estructurales. Estos se informan y complementan con información derivada de los precios de activos en mercados financieros internacionales, los que dan cuenta de las expectativas de los mercados sobre las distintas variables. Este proceso, a su vez, se complementa en distintas partes con el juicio del *staff* y del Consejo. La evaluación de la economía externa que surge de lo anterior provee parte de los supuestos necesarios para las proyecciones nacionales para el corto y mediano plazo<sup>10/</sup>.

En las proyecciones de corto plazo para la economía doméstica, se utiliza una variedad de modelos econométricos desarrollados con el objetivo de explicar los datos y hacer las predicciones lo más exactas posible. Las proyecciones que resultan de los modelos, luego, son ajustadas por juicios para incorporar información cualitativa relevante, garantizar coherencia con la experiencia sectorial y cumplir restricciones teóricas que no se consideran explícitamente en los modelos. Las proyecciones de corto plazo sirven de insumo para los modelos de mediano plazo. En dicho horizonte, la coherencia teórica y la interacción entre la política monetaria y la economía se vuelven cruciales. En este contexto, las proyecciones de mediano plazo se basan en gran medida<sup>11/</sup> en modelos estructurales y semi-estructurales, los que incorporan explícitamente restricciones derivadas de la

<sup>8/</sup> En general, se considera corto plazo a la proyección del trimestre en curso y el inmediatamente posterior, mientras que la proyección de mediano plazo considera la trayectoria de las variables en un plazo de hasta tres años.

<sup>9/</sup> Los modelos económicos en el BCCh se utilizan también, en menor medida, para el monitoreo de alta frecuencia del acontecer económico, informando al Consejo de manera semanal sobre la evolución de la coyuntura.

<sup>10/</sup> Si bien se monitorea, analiza y proyecta un conjunto amplio de indicadores económicos globales, las variables que se incorporan a los modelos de proyección de la economía doméstica se relacionan principalmente con la actividad de los principales socios comerciales, los precios de materias primas, los tipos de cambio y las tasas de interés.

<sup>11/</sup> Para la proyección de ciertas variables de alta volatilidad y difícil modelación estructural, como por ejemplo el precio de los alimentos, los modelos econométricos se utilizan para informar las trayectorias esperadas tanto de corto como de mediano plazo.

teoría económica en su estructura. En particular, se utilizan dos modelos de equilibrio general estimados en base a datos trimestrales, el XMAS y el MSEP<sup>12/</sup>. El uso de modelos de equilibrio general agrega disciplina al proceso y ayuda a garantizar que el análisis de las distintas variables sea coherente entre sí. Estos resultados son complementados con el juicio del *staff* y con información externa que pueda informar de efectos económicos no considerados en la estructura de estos modelos. Un ejemplo del uso de información externa para informar el juicio a las proyecciones se describe en el recuadro 2.1.

En la elaboración del escenario central de proyección, dado que las proyecciones de corto plazo determinan las condiciones iniciales de las proyecciones de mediano plazo, los requisitos de consistencia teórica que los modelos de equilibrio general deben satisfacer redundan en una continua retroalimentación entre ambos procesos.

Las proyecciones de los modelos de mediano plazo entregan una visión sobre las perspectivas futuras para las principales variables relacionadas con la actividad, la inflación, el tipo de cambio y las tasas de interés. Esto se toma como insumo por el modelo MACRO<sup>13/</sup> para obtener proyecciones desagregadas para distintos componentes del PIB real y nominal consistentes con la proyección central.

El proceso de elaboración del escenario central recién descrito resume las trayectorias de las variables de interés a las que se les atribuye la mayor probabilidad de ocurrencia. Aun siendo el escenario más probable, este está sujeto a múltiples fuentes de incertidumbre, entre las que destaca la probabilidad de que estas variables sigan sendas distintas a las asumidas en el escenario central. Teniendo en cuenta lo anterior, el proceso de proyecciones también considera alternativas respecto de ese escenario. Dentro del conjunto de escenarios alternativos analizados, el subconjunto con mayor probabilidad de ocurrencia se utiliza para informar la amplitud del rango de las proyecciones de inflación y crecimiento del PIB comunicados en los IPoM. Estas sensibilidades constituyen el escenario base de proyecciones. La elaboración del segundo subconjunto de escenarios alternativos, de menor probabilidad estimada de ocurrencia, se enfoca en el análisis de los riesgos que enfrenta la economía y las respuestas de política monetaria que serían necesarias en caso de que dichos riesgos se materializaran.

El resultado de todo este proceso es una propuesta inicial del *staff* sobre un escenario central y sobre escenarios alternativos basados en los riesgos y sensibilidades que se estimen más relevantes. Luego, el Consejo provee su juicio en un proceso iterativo con el *staff*, que culmina con la publicación, en el IPoM, de una visión concreta acerca del estado, perspectivas futuras y riesgos de la economía local e internacional, incluyendo las implicancias que dicha visión tiene sobre la trayectoria de tasas de interés consistente con el cumplimiento de la meta de inflación.

<sup>12/</sup> El XMAS es un modelo dinámico estocástico de equilibrio general, con ecuaciones microfundadas y fuertes restricciones teóricas. El MSEP es un modelo semi-estructural sencillo con ecuaciones estimadas, destacando una curva IS, una curva de Phillips y una regla de Taylor. Ambos modelos se describen en mayor detalle en la Sección 3.3.

<sup>13/</sup> El modelo de consistencia macroeconómica (MACRO) es una herramienta analítica que permite asegurar que las proyecciones macroeconómicas sean consistentes con las identidades macroeconómicas básicas que caracterizan las Cuentas Nacionales, tanto en el equilibrio interno como el externo. Su estructura se describe en la Sección 3.2.3.



## Recuadro 2.1: Juicios en las proyecciones de mediano plazo: el rol de la información externa en la evaluación de la trayectoria de la inversión minera

A lo largo del presente libro, se pone énfasis en la importancia del juicio en la elaboración de las proyecciones. El juicio se justifica a veces en la falta de datos, mientras que otras veces, aun contando con datos coyunturales, estos no permiten distinguir con claridad las señales de oferta o demanda subyacentes.

En ocasiones, la aplicación de juicio se respalda en predicciones de modelos satélites, que por diseño cuentan con mayor detalle y rigurosidad en algunos aspectos particulares. Su uso puede ser aconsejable, por ejemplo, cuando estos generan predicciones significativamente diferentes a las de los modelos centrales. Cualquiera sea la razón, permitir —cuando esté apropiadamente justificado— que el escenario central se desvíe de las predicciones de los modelos enriquece el análisis y permite dotar de mayor credibilidad a la visión del BCCh sobre el estado de la economía, la que, en última instancia, sustenta las decisiones de política monetaria. Para ilustrar la forma en que el juicio se incorpora en las proyecciones, este Recuadro entrega un ejemplo concreto de su implementación: el tratamiento de la inversión minera en los modelos estructurales de mediano plazo.

Un elemento crucial de la política monetaria es entender los factores conductores de la demanda. En el caso de Chile, donde la minería juega un papel de primer orden, para entender el rol de la inversión y su relación con la política monetaria, es aconsejable separar entre inversión minera y no minera. La razón de esta distinción es que la primera usualmente no es guiada por el ciclo doméstico, sino por consideraciones estratégicas de las grandes mineras, condiciones globales, u otras razones para las cuales la política monetaria tiene poca influencia. Por otra parte, la publicación oficial de la inversión del sector minero se entrega con dos años de rezago, lo que hace necesario usar modelos e información de fuentes externas a las Cuentas Nacionales, con el fin de inferir tanto lo que sucederá a futuro, como para tener claridad de lo que ha sucedido en el pasado reciente. Esta información externa puede obtenerse de los balances de empresas mineras (FECU), del catastro de la Corporación de Bienes de Capital (CBC), además de información cualitativa procedente del Informe de Percepciones de Negocios (IPN), elaborado por el BCCh a partir de encuestas a distintas empresas del país.

El modelo estructural de mediano plazo del BCCh, el XMAS, siguiendo la implementación propuesta por Fornero, Kirchner y Yany (2015), distingue entre la inversión de los sectores minero y no minero. En la modelación del sector minero se asume que las mineras toman los precios como dados, que la producción de hoy depende de la inversión previamente realizada, que esta inversión se determina óptimamente —tomando en cuenta el escenario económico— con el objeto de maximizar los retornos y que dicha inversión toma un tiempo significativo en hacerse productiva.

Un ejemplo claro e ilustrativo de la forma en que se introduce el juicio es el IPoM de diciembre de 2018<sup>14/</sup>. En dicha ocasión, el escenario externo se caracterizó por recortes en las proyecciones de la actividad mundial y de términos de intercambio, en particular el precio

<sup>14/</sup> Ver Recuadro III.2 del IPoM de diciembre de 2018.

del cobre. Naturalmente, este ciclo mundial más adverso llevaba endógenamente al modelo a revisar la inversión minera a la baja, respecto de lo proyectado anteriormente. En cambio, la información del catastro de inversión de la CBC mostraba un panorama diametralmente opuesto para el sector minero, pues los planes de inversión se estaban expandiendo<sup>15</sup>. Esta visión era confirmada también por la información cualitativa que se recogía en las entrevistas con las empresas en el marco del IPN. Consecuentemente, la proyección de inversión minera final incluyó un juicio informado por el Catastro y el IPN, lo que modificó de forma importante la predicción original del modelo. Con esto, se generó una proyección central que, mediante la aplicación del juicio, compatibilizó las señales mixtas surgidas de las fuentes externas y el modelo de equilibrio general, logrando una visión macroeconómica y sectorial coherente.

---

<sup>15</sup>/El análisis del catastro de inversión, que contiene información de proyectos con montos de inversión desde US\$5 millones en variados sectores económicos, permite adelantar con razonable precisión los flujos de inversión minera dado que típicamente los proyectos maduran lentamente y tienen muy baja probabilidad de ser revertidos.



### 3. MODELOS PRINCIPALES DE USO FRECUENTE

Dentro de la estructura del proceso de análisis y proyecciones del BCCh toman un rol preponderante los llamados modelos centrales. Estos se definen como aquellos que se utilizan sistemáticamente y que buscan responder a situaciones que se presentan frecuentemente. Este Capítulo se divide en cuatro Secciones, en donde las primeras tres describen los modelos utilizados en cada IPoM o RPM. Así, la Sección 3.1 se enfoca en los modelos empleados para el análisis de la economía internacional, mientras que los que describen la economía nacional se explican en las Secciones 3.2 y 3.3. La Sección 3.4 describe los modelos que, en general, se utilizan una vez al año para estimar los parámetros estructurales de la economía chilena, tales como el PIB tendencial, el PIB potencial y la tasa de interés neutral.

#### 3.1 Modelos para el sector externo

Como se mencionó en el Capítulo 2, la generación del escenario central de proyecciones consta de varias fases. La primera de ellas corresponde a la construcción del escenario internacional, el que consiste en la proyección de las variables macroeconómicas internacionales más relevantes para la economía chilena. Contar con pronósticos realistas y certeros de dichas variables resulta prioritario dada la naturaleza de la economía chilena: abierta al comercio mundial, integrada a los mercados financieros y con una dependencia significativa de exportaciones de materias primas.

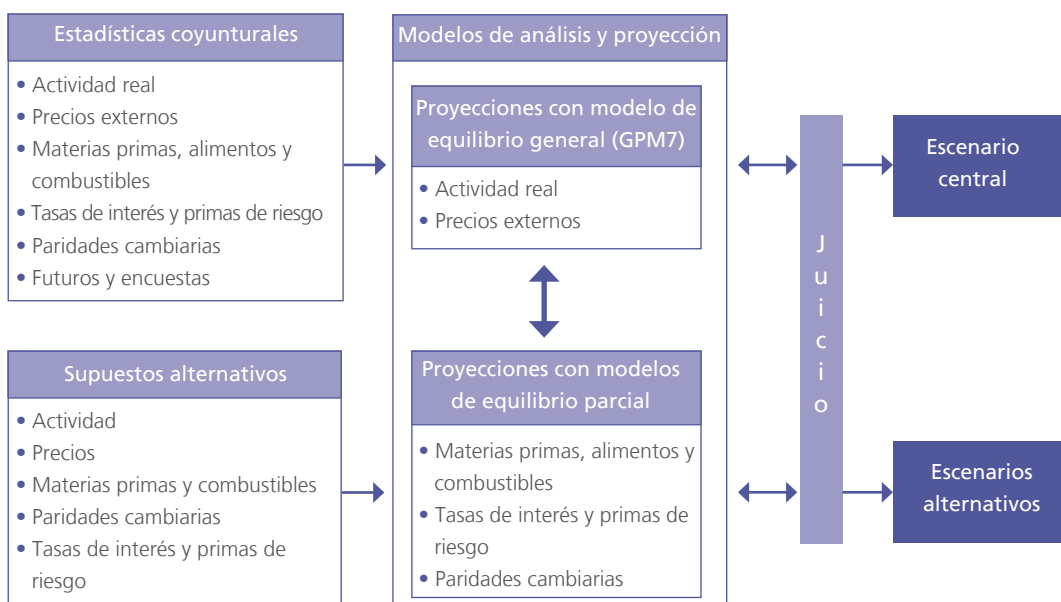
Las proyecciones resultantes de esta primera etapa nutren a los modelos utilizados en las fases de proyección de corto y mediano plazo de la economía nacional. En dichos modelos se asume que Chile es una economía abierta y pequeña (en el contexto global). Lo último implica que, mientras los cambios en las condiciones externas tienen impacto sobre la economía nacional, las variaciones en las condiciones domésticas no tienen efectos significativos sobre la economía mundial. Así, las variables internacionales son consideradas exógenas en los modelos de proyección de corto y mediano plazo.

Las variables proyectadas dentro del escenario internacional pueden dividirse en tres bloques: (i) el bloque de actividad real y de precios externos, que está constituido por las proyecciones de crecimiento del PIB de las principales economías y regiones del mundo, y de inflación de los principales socios comerciales de Chile; (ii) el bloque de materias primas, en el que se proyectan los precios del cobre, de combustibles y de alimentos; y (iii) el bloque financiero, conformado por proyecciones para las tasas de política monetaria y de bonos a 10 años plazo de EE.UU. (*Fed Funds Rate* y *U.S. 10 Year Treasury Note*, respectivamente), de la tasa *Libor* (*London Inter-bank Offered Rate*) a tres meses plazo en dólares, del Índice de Volatilidad esperada (VIX), del índice de premios por riesgo de bonos soberanos para Latinoamérica (EMBI Latam), y del tipo de cambio real (TCR)

multilateral de EE.UU. En todos los casos, la proyección base se realiza en frecuencia trimestral para un horizonte de dos años a partir del trimestre en que se efectúa la proyección. Sin embargo, para algunas variables se proveen adicionalmente series con frecuencia mensual y/o anual, y para plazos más extendidos.

Figura 3.1

**Proceso de elaboración del escenario internacional**



Fuente: Banco Central de Chile.

Si bien la forma de proyectar es distinta para cada variable, el proceso se realiza de forma tal que dichas proyecciones sean consistentes, por una parte, con un marco conceptual y empírico común, y por otra, con el juicio del *staff* y del Consejo, el cual se incorpora en diferentes etapas del proceso de proyección. En esta Sección se describe el proceso de proyección —resumido esquemáticamente en la Figura 3.1— para las principales variables del escenario internacional, entregándose una explicación comprensiva e intuitiva del proceso de elaboración del mismo. Una descripción detallada y los aspectos técnicos de los modelos utilizados se encuentran disponibles en la Minuta de Modelos de la Gerencia de Análisis Internacional (2020)<sup>16/</sup>.

<sup>16/</sup> Beltrán *et al.* (2020).

### Recuadro 3.1: El modelo de proyecciones globales

El modelo de proyecciones globales (GPM por sus siglas en inglés) fue desarrollado a partir de una iniciativa del Fondo Monetario Internacional (FMI), cuya finalidad era contar con un modelo estilizado cuyas proyecciones fueran consistentes empíricamente y con un marco teórico sólido. Actualmente, la asistencia técnica del modelo es llevada a cabo por el *Global Projection Model Network*, con el apoyo de distintos bancos centrales e instituciones internacionales que hacen uso del mismo<sup>17/</sup>. Para las proyecciones internacionales, el BCCh utiliza la versión de siete regiones del modelo (GPM7)<sup>18/</sup>, en donde se determina conjuntamente el producto, desempleo, inflación, tasas de interés y tipos de cambio para cada región. Las siete regiones incluidas en el modelo son: Estados Unidos, Eurozona, Japón, China, Asia emergente, LA5, y Resto del mundo<sup>19/</sup>; y representan más del 80% del PIB global.

El GPM7 es un modelo semiestructural que, al igual que el modelo MSEP utilizado para el análisis de la economía doméstica, plantea un balance entre dos enfoques muy populares en la modelación macroeconómica. El primero corresponde a los modelos estructurales dinámicos, estocásticos de equilibrio general, en el que las decisiones de los agentes son microfundadas, con fuerte énfasis en la consistencia teórica<sup>20/</sup>. El otro enfoque concierne a modelos econométricos con mayor énfasis estadístico, cuya característica central es la búsqueda de precisión empírica. Dentro de este grupo se pueden encontrar los modelos de vectores autorregresivos (VAR).

El GPM7 es fundamentalmente un modelo neokeynesiano de brechas, donde la evolución de cada una de las siete regiones está representada por un conjunto de ecuaciones de comportamiento. Estas ecuaciones capturan los vínculos entre el producto, la inflación, las tasas de interés y los tipos de cambio, donde las distintas variables se expresan en términos de brechas o desviaciones respecto de sus niveles de tendencia<sup>21/</sup>.

## A. Bloque de actividad real e inflación

La elaboración de las proyecciones del bloque de actividad real e inflación se basa en gran parte en el modelo GPM7, descrito en el recuadro 3.1. A su vez, este es alimentado con proyecciones del bloque de materias primas y del bloque financiero. Posteriormente, sus resultados se complementan con el juicio del *staff* y con proyecciones de otros modelos.

<sup>17/</sup> Para más información, ver <https://igpmn.org>.

<sup>18/</sup> Una descripción detallada del modelo se presenta en Blagrove *et al.* (2013).

<sup>19/</sup> Asia emergente: India, Corea del Sur, Indonesia, Taiwán, Tailandia, Malasia, Hong Kong, Filipinas, Singapur (23,4% del mundo a paridad de poder de compra). LA5: Brasil, Chile, Colombia, México y Perú (6,1% del mundo a paridad de poder de compra). Resto: Rusia, Reino Unido, Canadá, Turquía, Australia, Argentina, Sudáfrica, Venezuela, Suecia, Suiza, República Checa, Dinamarca, Noruega, Israel, Bulgaria, Nueva Zelanda y Estonia (15% a paridad de poder de compra).

<sup>20/</sup> Un ejemplo de estos modelos es el modelo Monetario y Fiscal Global Integrado (GIMF, según sus siglas en inglés), que corresponde a un modelo DSGE de múltiples regiones desarrollado por la División de Modelación Económica del FMI. Ver Anderson *et al.* (2013).

<sup>21/</sup> Cada uno de estos bloques está representado por un modelo similar al MSEP, descrito en mayor detalle en la Sección 3.3.1.





El proceso de proyección comienza con la compilación de los insumos para el modelo GPM7, combinando datos efectivos con juicios informados. Así, para la proyección de algunas variables, tanto para el trimestre en curso como a mayores plazos, se imponen trayectorias derivadas de información parcial del trimestre, modelos alternativos, precios de activos, y del juicio del *staff* y del Consejo.

Incorporada esta información, el GPM7 permite obtener proyecciones de actividad y precios para las principales regiones del mundo. Estas se complementan con información de fuentes adicionales y modelos alternativos, además del juicio del *staff* y del Consejo. Un detalle de este proceso se muestra a continuación:

(i) *Determinación de información a incluir en las proyecciones:* En esta etapa se introducen los datos efectivos disponibles a la fecha, usualmente del período inmediatamente anterior al trimestre en curso para las siguientes series:

- *Actividad y precios regionales:* inflación y PIB de cada una de las siete regiones.
- *Precios internacionales de alimentos:* índices de precios de alimentos y de cereales publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO).
- *Precios internacionales de combustibles:* precios de petróleo WTI y Brent, y precios de diésel, gasolina, gas licuado y kerosene.
- *Condiciones financieras internacionales:* Tasas de política monetarias de EE.UU., Eurozona, y Japón, e indicadores de estrechez del mercado financiero para estos tres bloques<sup>22/</sup>.

(ii) *Proyecciones de fuentes externas:* En esta etapa se imponen trayectorias para los trimestres iniciales del horizonte de proyección de algunas variables. En particular, se asumen trayectorias para uno o dos trimestres en el caso de las series de actividad y precios, y de ocho trimestres para el resto de las variables. Esta información se obtiene de las siguientes fuentes externas:

- *Actividad e inflación regional:* Juicio del *staff* en base a información efectiva del trimestre en curso, así como proyecciones de mercado.
- *Precios internacionales de alimentos:* Precios de los futuros de mercado.
- *Precios internacionales de combustibles:* Precios de los futuros de petróleo y derivados, así como proyecciones de modelos basados en dichos futuros.
- *Condiciones financieras internacionales:* Para la tasa de política monetaria de EE.UU. (FFR por sus siglas en inglés) se realizan proyecciones propias basadas en los *dots* que entrega el Comité Federal de Mercado Abierto (FOMC, por sus siglas en inglés), información de precios de activos, proyecciones de operadores de mercado, y juicio del *staff* (ver subsección sobre tasas de interés internacionales). Para las tasas de política monetaria del Banco Central Europeo y del Banco de Japón, se utiliza la visión del *staff* complementada con información de analistas de mercado.

---

<sup>22/</sup> Para EE.UU., se utiliza un indicador de *Banking Lending Tightness* (BLT) computado como el promedio simple de los componentes revelados en la encuesta de la Reserva Federal de EE.UU. sobre entrega de créditos (*Bank Lending Practices*). Para la Eurozona, se usa el *ECB Survey Change in Credit Standards Lending to Business (Last 3mth Net Percent)*. Para Japón, se utiliza el *Japan Tankan Lending Attitude of Financial Institution (All Enterprises)*.

(iii) *Proyecciones de equilibrio general en base al GPM7*: En esta etapa se obtienen las proyecciones del modelo condicionales a la información anteriormente descrita. Las principales variables proyectadas son el crecimiento del PIB y la inflación de cada una de las regiones para un horizonte de ocho trimestres. Adicionalmente, el GPM7 entrega proyecciones para el PIB potencial, la tasa de desempleo efectiva y natural, la tasa de política monetaria, la inflación subyacente y las condiciones financieras para las siete regiones, así como para los precios internacionales de combustibles. Estos resultados se comparan con las trayectorias impuestas exógenamente para asegurar consistencia entre ambas metodologías y, en caso de considerarse necesaria alguna modificación a los supuestos de proyección, estas se incorporan repitiendo el proceso hasta obtener dicha consistencia.

(iv) *Construcción de variables de interés*: En esta etapa se confeccionan las trayectorias para variables de interés que no se obtienen directamente del modelo. Esto se logra promediando las proyecciones de las distintas regiones, ajustando los ponderadores de manera coherente con los pesos de las regiones relevantes para las proyecciones de la economía doméstica<sup>23/</sup>. Las variables de interés son:

- *Crecimiento del PIB*: La agregación de las tasas de crecimiento de PIB se hace ponderando cada país según el valor de su PIB a paridad de poder de compra (PPC) y, alternativamente, utilizando un tipo de cambio multilateral (TCM) común para todos los países<sup>24/</sup>.
- *Precios externos*: De manera análoga al crecimiento de PIB, los resultados entregados por el GPM7 son usados para proyectar la evolución del Índice de Precios Externos (IPE)<sup>25/</sup>. Para su cálculo, se promedian geométricamente los índices de precios al productor (IPP) de cada país, medidos en dólares, y ponderados por el comercio con Chile. A su vez, la proyección del IPP se obtiene a partir de las series de inflación y petróleo. En particular, para cada región, se realiza una regresión en la que se explica su IPP a partir de su rezago, las proyecciones del GPM7 para el Índice de Precios al Consumidor (IPC) de cada región, y las proyecciones de los distintos modelos para el precio del petróleo. La trayectoria del tipo de cambio para cada región se realiza a partir de proyecciones cambiarias contenidas en los reportes de Consensus forecast y de otros analistas del mercado. Dicho enfoque se complementa con juicio del *staff* para asegurar que estos resultados, en el agregado, sean consistentes con las estimaciones derivadas para el dólar real multilateral proyectado<sup>26/</sup>. Esto último considera los diferenciales de inflación obtenidos del modelo.

(v) *Ajuste final a las proyecciones*: Una vez obtenida una primera proyección de los índices de actividad y precios, esta se evalúa, en primera instancia, a la luz de proyecciones de contrapartes (el WEO del FMI, Consensus Forecast, Bancos de Inversión —Barclays, Deutsche Bank, J.P. Morgan y Morgan Stanley—, y encuestas de Bloomberg) y del juicio del *staff*. En caso de considerarse necesario, se realizan modificaciones en los supuestos de proyección, repitiendo el proceso y generando un nuevo escenario consistente con esos supuestos. Finalmente, las

<sup>23/</sup> En general, se computan proyecciones para la economía global, para países desarrollados y emergentes, y para los principales socios comerciales de Chile.

<sup>24/</sup> Para el caso de India, que no es directamente identificable en las proyecciones regionales del GPM7, se realiza una proyección externa considerando información del último trimestre, reportes de contrapartes (FMI, principales bancos de inversión, Consensus Forecast, etc.) y el juicio del *staff*.

<sup>25/</sup> El IPE constituye una medida de los precios internacionales de los bienes transados de los principales países socios comerciales de Chile. Ver nota metodológica "Índices de Tipo de Cambio y Precios Externos, Distintas Medidas" en la página web del BCCh, [www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl)

<sup>26/</sup> Ver Subsección Proyección del Tipo de Cambio Real Multilateral de EE.UU.



proyecciones son discutidas con los miembros del Consejo, quienes pueden proponer nuevas modificaciones, las que implicarían la repetición del proceso de proyección. De este modo, se garantiza que las proyecciones sean consistentes con el juicio de *staff* y del Consejo, así como con la estructura de equilibrio general que impone el GPM7.

## B. Bloque de materias primas

El bloque de materias primas comprende las proyecciones de precios para el cobre, los combustibles y los alimentos.

### Precio del cobre

La proyección del precio del cobre es una de las más relevantes del escenario internacional, dada su importancia para la economía chilena. Esta se efectúa con un modelo de corrección de errores estimado en frecuencia trimestral<sup>27/28/</sup>. En este modelo el precio real del cobre es explicado, fundamentalmente, por la razón de inventarios en bolsa de este metal respecto del PIB global (como *proxy* de demanda global del metal), y por el TCR de EE.UU. El modelo también incorpora los resultados que se obtienen del GPM7 para el crecimiento de China (ponderado por su participación en el mercado global del cobre) y del mundo. De considerarse apropiado, excepcionalmente se incluyen variables tales como el VIX global y/o el índice de perspectivas manufactureras (PMI) de China.

El modelo anterior se alimenta para el precio del cobre de corto plazo con un modelo de corrección de errores en frecuencia mensual, en el cual se asigna un rol preponderante a variables financieras —aproximadas con el VIX— y las posiciones especulativas netas del mercado de futuros del cobre<sup>29/</sup>.

Finalmente, el precio de largo plazo se proyecta con un modelo de corrección de errores en frecuencia anual<sup>30/</sup>, en el que se estiman las demandas de los países más relevantes.

La visión final sobre las perspectivas para el precio del cobre se genera contrastando los valores proyectados por cada uno de estos modelos con el juicio del *staff* y una exhaustiva revisión de las contrapartes especializadas —Consensus Forecast, Copper Research Unit (CRU), y diversos bancos de inversión—.

### Precio de combustibles

Las proyecciones para el precio de los combustibles son de gran relevancia dado su efecto directo en la inflación y el crecimiento del PIB —externo y doméstico— y se actualizan semanalmente. El conjunto de variables proyectadas incluye los precios del petróleo (WTI y Brent), gasolina, diésel, propano y kerosene.

<sup>27/</sup> Los modelos de corrección de errores establecen dinámicas que en el largo plazo reversionan hacia una relación de proporcionalidad entre distintas variables. Ver Engle y Granger (1987) para más detalles sobre la metodología.

<sup>28/</sup> El modelo se basa en el trabajo de De Gregorio *et al.* (2005).

<sup>29/</sup> Las posiciones especulativas netas se computan como la diferencia entre el valor total de las operaciones “largas” de cobre (que esperan que el precio suba) y el valor de las operaciones “cortas” (que esperan que el precio baje) en el mercado de futuros.

<sup>30/</sup> Basado en el trabajo de López *et al.* (2009).

Las curvas de precios futuros del petróleo WTI y Brent, de la gasolina internacional y del propano, se construyen a partir de las cifras vigentes para contratos mensuales dentro del horizonte de política relevante (24 meses). A fin de suavizar las fluctuaciones diarias, se usa como referencia el precio promedio para los últimos 10 días. Para los pronósticos de gasolina, se utilizan los futuros de la gasolina de Nueva York, mientras que para el propano se emplea el *Mont Belvieu*.

Finalmente, la proyección de precios del diésel y del kerosene se realiza con modelos de corrección de errores en los que se estiman ecuaciones en diferencias que incluyen, como variables independientes, los rezagos de dichos precios, el precio del petróleo Brent y proyecciones de inventarios<sup>31/</sup>.

## Precio de alimentos

La proyección del índice de precios internacionales de alimentos se realiza de manera mensual, y se calcula a partir del promedio ponderado de cada uno de sus componentes (cereales, azúcar, aceite y carne). Estas, a su vez, se obtienen de los precios de futuros que se transan en los mercados agropecuarios internacionales más relevantes<sup>32/</sup>.

## C. Bloque de condiciones financieras internacionales

El tercer bloque de variables proyectadas tiene como objetivo brindar información sobre las condiciones financieras externas que enfrentará la economía chilena durante el horizonte de proyección. En él se incluyen las tasas de interés internacionales, además de indicadores de volatilidad financiera y de riesgo soberano.

### Tasas de interés internacionales

Se incluyen tres tasas de interés en la proyección: la tasa de política monetaria de EE.UU. (FFR), la tasa de bonos del Tesoro de EE.UU. a 10 años, y la tasa *Libor* a tres meses en dólares.

La trayectoria de la FFR se obtiene de, al menos, cuatro fuentes. En primer lugar, el propio BCCh proyecta una serie que es estimada a partir de una regla de Taylor para EE.UU., la que se alimenta con los resultados obtenidos para la actividad e inflación prevista para dicha economía. En segundo lugar, se usa la información del FOMC de la Reserva Federal de EE.UU. luego de sus reuniones de marzo, junio, septiembre y diciembre de cada año. En esas ocasiones, el FOMC publica la distribución de las proyecciones de la FFR de los doce miembros del Comité para el final del año en curso, para los tres años siguientes y para el “largo plazo” (también conocidos como *dots*). En tercer lugar, se usa la información implícita en precios de activos<sup>33/</sup>, que permiten proyectar con frecuencia mensual, y a un horizonte de hasta 36 meses, las expectativas de los operadores del mercado financiero respecto de la FFR. Finalmente, se usa la información de encuestas a analistas de mercado reportada por Consensus Forecast. Aunque la proyección final de la FFR se nutre de toda esta información, el juicio que surge del análisis continuo que se realiza de la economía de EE.UU. también es un elemento central para evaluar la trayectoria de dicha tasa.

<sup>31/</sup> Para más información sobre estos modelos, ver García y Jaramillo (2007).

<sup>32/</sup> Por ejemplo, para el caso de los cereales, se usan los futuros de soya, maíz, arroz y trigo disponibles en Bloomberg.

<sup>33/</sup> Específicamente los *Fed Fund futures*, los cuales se comercializan mensualmente por plazos de hasta 36 meses. Las tasas implícitas que surgen de estos contratos en cada momento del tiempo brindan información sobre la FFR efectiva promedio que el mercado espera para cada uno de los próximos 36 meses.



La metodología utilizada para proyectar la tasa de los bonos del Tesoro de EE.UU. a 10 años se basa en la descomposición de la tasa en, por un lado, un componente libre de premios por plazo (entendido como la expectativa de tasas de política monetaria) y, por otro, uno de premio por plazo. La proyección final surge de la suma de los dos componentes mencionados. En esta metodología, explicada en detalle en Adrian *et al.* (2013), el componente libre de premios por plazo se computa, para cada momento del horizonte de proyección, como un promedio geométrico de las tasas de corto plazo anualizadas. Para ello, se asume que la FFR converge a su nivel de largo plazo reportado en los *dots* del FOMC. El premio por plazo, por su parte, se proyecta a partir de las diferencias históricas entre la tasa a 10 años y la FFR. Se asume que, partiendo del premio efectivo observado en el período en curso, el premio por plazo convergerá a su promedio histórico en un plazo aproximado de tres años. Dado que se permite una velocidad de convergencia variable, esta se evalúa cada vez que se actualizan las proyecciones, considerando su evolución en los últimos años y en lo más reciente<sup>34/</sup>.

La tasa *Libor* en dólares americanos a tres meses corresponde a la tasa de interés promedio a la cual los bancos líderes del mercado de Londres se prestan en esa moneda y plazo. La metodología utilizada para proyectar esta tasa es similar a la de la tasa a 10 años descrita anteriormente, considerándose un componente libre de premios por plazo y los premios por plazo. El primer componente es, para cada trimestre del horizonte de proyección, el promedio geométrico de la proyección de FFR en dicho trimestre<sup>35/</sup>, mientras que el premio por plazo se obtiene tomando en cuenta una convergencia gradual desde el diferencial observado entre la tasa *Libor* y la FFR en el trimestre en curso hasta su promedio histórico<sup>36/</sup>.

## Índice de volatilidad de mercado

Otra de las variables financieras proyectadas es el VIX, que captura la volatilidad del mercado accionario esperada a 30 días. Para determinar su trayectoria, se asume la convergencia del VIX a su promedio histórico durante el horizonte de proyección, excluyendo episodios de crisis. Dependiendo de la coyuntura, la proyección se condiciona a supuestos externos para los primeros dos trimestres.

## Índice de premio soberano por riesgo de Latinoamérica (EMBI Latam)

Una variable financiera adicional que se proyecta regularmente es el índice de riesgo soberano promedio para las economías emergentes de Latinoamérica (EMBI Latam<sup>37/</sup>), excluyendo a Argentina y Venezuela. El índice es calculado por J.P. Morgan. Para su proyección, se utiliza un modelo de vectores autorregresivos (VAR), según la metodología descrita en Muñoz (2014). El modelo permite obtener la trayectoria del riesgo soberano para cada una de las economías de la región usando como variables exógenas las proyecciones de PIB global, precios de materias primas, VIX y de un índice de estabilidad de cada país publicado por The Economist Intelligence Unit. El EMBI Latam se computa como el promedio de las proyecciones para cada economía usando los

<sup>34/</sup> En períodos recientes estos premios se han mantenido en terreno negativo y cerca de sus mínimos históricos. De ahí que su trayectoria considera este punto inicial para luego buscar su convergencia dentro del horizonte de proyección, dependiendo de las perspectivas de retiro de estímulos no convencionales (“QE”) y de la convergencia de la inflación de EE.UU. a su nivel meta.

<sup>35/</sup> A menos que se proyecte un cambio de la FFR en un trimestre particular, el componente libre de premios por plazo de la tasa *Libor* será la proyección de la FFR para dicho trimestre.

<sup>36/</sup> La velocidad y el plazo de convergencia del premio por plazo a su promedio histórico en cada período se reevalúa cada vez que se actualizan las proyecciones.

<sup>37/</sup> El EMBI Latam incluye a Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Panamá, Perú y Venezuela.

mismos ponderadores reportados por J.P. Morgan (excluyendo Argentina y Venezuela), los cuales se actualizan de forma mensual para capturar las fluctuaciones de corto plazo. Para la proyección final, se considera, para el trimestre en curso, las estimaciones elaboradas en base a la coyuntura de corto plazo, así como la visión del *staff* y del Consejo.

### Proyección del tipo de cambio real multilateral de EE.UU.

El TCR multilateral de EE.UU. es una pieza clave en las proyecciones del escenario internacional, pues es una de las variables que se usa para la proyección de actividad y precios. Adicionalmente, se requiere esta variable para verificar la consistencia de las proyecciones de tipos de cambio locales usados para calcular los índices de precios internacionales y para proyectar el precio del cobre.

Para determinar la trayectoria del TCR multilateral se usa un modelo en función de sus fundamentales. Específicamente, se utiliza un modelo BEER<sup>38/</sup>, en el cual el TCR multilateral de EE.UU. se explica a partir de: los términos de intercambio de EE.UU.; la absorción doméstica (suma de consumo, inversión y gasto público) como porcentaje del PIB; el diferencial de tasas de interés reales a 10 años entre EE.UU. y la Eurozona; y el tamaño de las hojas de balance de la Reserva Federal y el BCE como proporción del PIB<sup>39/</sup>. A partir del TCR que surge del modelo, se conforma un juicio acerca del nivel de apreciación o depreciación actual del TCR efectivo al momento de la proyección, así como de su senda futura. Dicho juicio es analizado y complementado a la luz del comportamiento histórico del TCR, de proyecciones de analistas de mercado y otras contrapartes relevantes, así como las proyecciones del TCR multilateral de EE.UU. que arroja el GPM7.

## 3.2 Modelos econométricos para la economía doméstica

La generación del escenario central de proyecciones para el corto plazo se construye al combinar múltiples estimaciones generadas a partir de modelos econométricos, las que, se nutren de información externa coyuntural y del juicio del *staff*. En esta sección se entrega una visión general sobre los distintos modelos utilizados en el proceso regular de proyecciones de corto plazo<sup>40/</sup>. Adicionalmente, se describen los modelos usados para estimaciones a más largo plazo.

### 3.2.1 Proyecciones del sector real

En esta Sección se describen las diferentes metodologías utilizadas en el BCCh para proyectar el PIB agregado y sus componentes. La segregación del PIB en sus componentes tiene dos ventajas. Por un lado, posibilita un análisis más detallado de las dinámicas particulares de los distintos sectores económicos. Por otro lado, la agregación de las proyecciones para los diferentes componentes permite obtener una proyección alternativa para el PIB total, enfoque conocido como *bottom-up* (BU).

<sup>38/</sup> Los modelos conductuales de tipo de cambio de equilibrio (BEER, por su sigla en inglés), desarrollados originalmente por Clark y MacDonald (1999), permiten estimar las desviaciones del tipo de cambio respecto del nivel consistente con sus fundamentos.

<sup>39/</sup> Estas variables se incorporan interactuadas con variables indicadoras de los periodos en los que dichos bancos centrales implementaron sus políticas monetarias no convencionales.

<sup>40/</sup> Una descripción más detallada de los modelos de actividad utilizados se puede encontrar en Cobb y Peña (2020), y en Carlomagno y Torres (2020) para los modelos de inflación.



Cabe aclarar que, si bien todos los modelos que se presentan en esta sección se utilizan para proyectar directamente el PIB total y el PIB no minero, no todos se emplean para estimar sus principales componentes. Asimismo, algunos enfoques se utilizan exclusivamente para proyectar desde la perspectiva del gasto, mientras otros desde el enfoque de la producción. Incluso, algunos modelos emplean ambas perspectivas.

La mayoría de los modelos presentados a continuación se estiman utilizando series desestacionalizadas<sup>41/</sup>. Esto se hace mediante el programa *X13-ARIMA-SEATS* (U.S. Census Bureau, 2017), de amplio uso en bancos centrales e instituciones estadísticas. En una segunda etapa, las proyecciones de las series originales se recuperan reintroduciendo la estacionalidad correspondiente a las proyecciones de las series desestacionalizadas.

## D. Modelos para componentes de oferta

Todos los modelos presentados en este apartado se estiman en frecuencia trimestral y mensual utilizando el Índice Mensual de Actividad Económica (IMACEC) como aproximación para el PIB<sup>42/</sup>. Luego, las series trimestrales del PIB se obtienen agregando temporalmente las proyecciones del IMACEC. Estos modelos se utilizan para proyectar el PIB total, el PIB no minero —PIB agregado que excluye al sector minero— y, en algunos casos, los componentes del PIB por clase de actividad económica: minería, agropecuario-silvícola, pesca, industria manufacturera, EGA (electricidad, gas, agua y gestión de desechos), construcción, comercio, restaurantes y hoteles, transporte, comunicaciones y servicios de información, servicios financieros, servicios empresariales, servicios de vivienda e inmobiliarios, servicios personales, administración pública, impuesto al valor agregado y derechos de importaciones.

### (i) Modelos ARIMA estacionales de selección automática

Debido a su simpleza y desempeño, los modelos ARIMA estacionales (SARIMA) son ampliamente utilizados para proyectar series de tiempo. Estos modelos son una generalización de los modelos ARIMA tradicionales<sup>43/</sup>, y permiten trabajar directamente con las series sin desestacionalizar, estimando los componentes estacionales dentro del mismo algoritmo<sup>44/</sup>. En este contexto, se han desarrollado rutinas de selección automática de modelos que posibilitan el procesamiento de un número relevante de series sin la necesidad de interacción manual.

En términos generales, un modelo SARIMA(p,d,q) (P,D,Q)<sub>s</sub> puede expresarse como:

$$(f_p f_p' f_d' f_d) y_t = (f_q' f_q) \varepsilon_t$$

<sup>41/</sup> La desestacionalización es un procedimiento estadístico que busca remover los patrones estacionales de las series de tiempo (ver Granger, 2001).

<sup>42/</sup> El IMACEC es una estimación que resume la actividad de los distintos sectores económicos en un determinado mes; su variación interanual constituye una aproximación de la evolución del PIB mensual del sector correspondiente. Las series históricas de este indicador mensual se ajustan luego para que coincidan con exactitud. La metodología de cálculo de las Cuentas Nacionales, en sus distintas frecuencias, se presenta en el documento "Cuentas Nacionales de Chile: Métodos y fuentes de información" (BCCh, 2013).

<sup>43/</sup> Los modelos ARIMA proyectan series de tiempo en base a una combinación lineal de sus valores pasados, además de los errores pasados de predicción. Para mayor detalle de la metodología, ver Box y Jenkins (1976).

<sup>44/</sup> El programa X13-TRAMO-SEATS, utilizado para desestacionalizar series de tiempo en el BCCh, contempla el uso de proyecciones de modelos SARIMA dentro del proceso de determinación de la estacionalidad de las series.

Donde  $y_t$  es la variable a proyectar;  $f_p = (1 - \Phi_1 L^s - \dots - \Phi_p L^{sp})$  es el operador autorregresivo estacional de orden  $P$ ;  $f_p = (1 - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p)$  es el operador autorregresivo regular de orden  $p$ ;  $f_D = (1 - L^s)^D$  es el operador de diferencia estacional de orden  $D$ ;  $f_d = (1 - L)^d$  es el operador de diferencia regular de orden  $d$ ;  $f_Q = (1 - \Theta_1 L^s - \dots - \Theta_Q L^{sQ})$  es el operador de media móvil estacional de orden  $Q$ ;  $f_q = (1 - \theta_1 L - \dots - \theta_q L^q)$  es el operador de media móvil regular de orden  $q$ ;  $\varepsilon_t$  es un proceso estocástico;  $s$  es el orden estacional (cuatro para series trimestrales y doce para series mensuales); y  $L$  es el operador de rezagos.

En el BCCh, se utilizan los modelos SARIMA para proyectar el PIB total, el PIB no minero, los 17 componentes por el lado de la oferta, y dos sub-agregaciones adicionales: PIB de recursos naturales (RRNN) y el PIB resto<sup>45/</sup>. De esta forma, las estimaciones para el PIB total se obtienen de la estimación directa, agregando los 17 componentes e incorporando el PIB RRNN y el PIB resto con las proyecciones de IVA y de los derechos de importación (enfoque BU).

## (ii) Modelos de una ecuación

Los modelos contenidos en esta Sección intentan aprovechar las relaciones sencillas que se han establecido en el tiempo en base a la teoría económica y a la observación empírica de correlaciones entre variables.

En términos generales, estos modelos de una ecuación pueden expresarse como:

$$y_t = \beta X_t - \varepsilon_t$$

Donde  $y_t$  es la variable a proyectar;  $\beta$  captura la relación entre las variables contenidas en  $X_t$  y la variable de interés  $y_t$ ;  $X_t$  es una matriz que contiene las variables que explican el comportamiento de  $y_t$ , incluyendo rezagos de la misma; y  $\varepsilon_t$  es un proceso estocástico autorregresivo de media móvil.

Algunas especificaciones se estiman utilizando las series originales y otras con las desestacionalizadas. Para proyectar más allá de un período, las variables exógenas son proyectadas utilizando los modelos SARIMA previamente descritos. Las especificaciones, que se presentan en la Tabla 3.1, sólo se utilizan para proyectar el PIB total y el PIB no minero.

<sup>45/</sup> El PIB RRNN se obtiene de la agregación de Pesca, EGA y Minería. El PIB resto, por su parte, se define como el PIB total menos el PIB RRNN, el IVA y los derechos de importación.



Tabla 3.1

**Especificaciones para modelos utilizados en la proyección del PIB total (1) (2) (3)**

Variable dependiente:	dlog (PIB desest.)				dlog (PIB orig.)							
Especificación: Regresores:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
dlog(f.estacional)				X	X	X	X	X	X	X	X	
dlog(f.calendario)				X	X							
dlog(SIC)		X				X	X	X	X			
dlog(SING)			(-1)		X	X	X	X				
dlog(ener.total)				X								
IMCE		X	X			X		X	X			
IMCE.Sin.Min.						X						
dlog(IMCE.Ind.Cap)		X	(-1)			X			(-1)			
dlog(TCR)		X	X			X			X	X		
dlog(IPC)						X			X			
dlog(Exp.min)							X		X			
dlog(Imp.int)							X		X			
dlog(super.INE)									X			
dlog(PIB(-1))		X	X									
AR(1)	X					X	X	X	X	X		
MA(1)	X	X	X			X	X	X	X			

(1) "x" denota contemporaneidad, (-1) denota variable rezagada un período.

(2) Todas las especificaciones incluyen constante.

(3) dlog() = diferencia del logaritmo natural, PIB desest.= PIB desestacionalizado, PIB orig.= PIB sin desestacionalizar, f.estacional = factor estacional obtenido del proceso de desestacionalización, f.calendario = factor del efecto calendario obtenido del proceso de desestacionalización, SIC = generación eléctrica de las generadoras que eran parte o corresponderían geográficamente a lo que solía ser el Sistema Interconectado Central, SING = generación eléctrica de las generadoras que eran parte o corresponderían geográficamente a lo que solía ser el Sistema Interconectado del Norte Grande, ener.total = generación eléctrica total, IMCE, IMCE. Sin.Min. = IMCE excluyendo minería, IMCE.Ind.Cap = IMCE Industria Uso de Capacidad, TCR, IPC, Exp.min = exportaciones mineras nominales en dólares, Imp.int = importaciones intermedias nominales en dólares, super.INE = Índice de ventas de supermercados INE, PIB(-1) = PIB el período anterior, AR(1) = término autorregresivo del residuo, MA(1) = media móvil para el residuo.

Fuente: Cobb y Peña (2020).

**(iii) VAR bayesianos con gran número de regresores**

Los modelos VAR tradicionales permiten estimar simultáneamente las correlaciones contemporáneas e intertemporales entre un conjunto de variables.

En términos generales, un modelo VAR de orden  $p$  puede expresarse en forma reducida como:

$$y_t = A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Donde cada  $y_t$  es un vector que contiene los valores de las variables del modelo para el período  $t$ ;  $c$  es un vector de constantes;  $A_i$  son matrices que capturan los efectos directos de las variables rezagadas  $i$  períodos en las variables contemporáneas; y  $\varepsilon_t$  es un vector de procesos estocásticos.

En estos modelos, la cantidad de variables a incluir se encuentra restringida a un número relativamente pequeño, porque la cantidad de parámetros del modelo crece rápidamente a medida que se incorporan más variables, dificultando el proceso de estimación. Para permitir la estimación de especificaciones con muchas variables, Bańbura *et al.* (2010) desarrollan una metodología de VAR bayesianos que permiten incorporar un gran número de regresores de manera sencilla y eficiente. La implementación de la metodología utilizada en el BCCh para la estimación de variables de actividad se describe en detalle en Gonzalez (2012), y sus características fundamentales se presentan a continuación.

Para el PIB total y el PIB no minero se estiman cuatro especificaciones VAR en donde se obtienen directamente las proyecciones agregadas, además de dos especificaciones en donde las proyecciones agregadas se logran a partir del enfoque BU. Todas las variables que lo ameriten se utilizan en términos desestacionalizados.

Las especificaciones para las proyecciones agregadas siguen la siguiente lógica: Partiendo de una especificación base con un conjunto reducido de variables, el tamaño del VAR se va expandiendo al agregar secuencialmente bloques adicionales. En primera instancia se adiciona un bloque de variables externas; luego se incorpora un bloque de condiciones financieras y comercio exterior; y, finalmente, un bloque de precios domésticos y actividad sectorial. Las especificaciones finales son las siguientes:

- (i) *VAR pequeño (5 variables)*: PIB, IPC, TPM, tipo de cambio real y generación eléctrica.
- (ii) *VAR mediano (11 variables)*: VAR pequeño + *Baltic dry index*, Índice de Precios Externos, *Broad dollar index*, FFR, precio del petróleo WTI y precio de cobre LME.
- (iii) *VAR grande (47 variables)*: VAR mediano + agregados monetarios (Circulante, M1, M2, M3), stock de colocaciones reales (totales, vivienda, comercio, comercio exterior, consumo, empresas, personas), promedio de tasas de colocaciones nominales 30 a 89 días, promedio de tasas de colocaciones nominales y reales (90 días a 1 año, 1 a 3 años, más de 3 años), tipo de cambio (observado y multilateral), *Libor*, VIX, premio por riesgo BBA-AAA (EE.UU.), IPSA, exportaciones de bienes (totales, agrícolas, cobre, industriales, minería) e importaciones de bienes (totales, capital, consumo, intermedio, combustibles, petróleo y otros).
- (iv) *VAR gigante (72 variables)*: VAR grande + índice de precios subyacentes, bienes, servicios, bienes subyacentes, servicios subyacentes, PIB sectorial (17 componentes, PIB RRNN y PIB resto).

Las dos especificaciones que siguen la metodología BU se basan en el VAR gigante removiendo ciertos agregados:

- (i) *VAR Bottom-up full*: VAR gigante excluyendo el PIB total, el PIB RRNN y el PIB resto.

(ii) *VAR Bottom-up parcial*: VAR grande excluyendo el PIB total e incorporando índices de precios, PIB RRNN, PIB resto, IVA y derechos de importación.

#### (iv) Modelos de factores dinámicos

Otra metodología utilizada en el BCCh que permite la utilización eficiente de grandes cantidades de datos son los modelos de factores dinámicos, los cuales logran reducir la información de múltiples fuentes en una cantidad reducida de factores<sup>46/</sup>.

En general, los modelos de factores dinámicos se pueden expresar como:

$$y_t = A_0 f_t + A_1 f_{t-1} + \dots + A_{p_y} f_{t-p_y} + \varepsilon_t$$

$$f_t = B_1 f_{t-1} + B_2 f_{t-2} + \dots + B_{p_f} f_{t-p_f} + \eta_t$$

donde las variables de interés están contenidas en el vector  $y_t$ , pero a diferencia de los VAR descritos anteriormente, no dependen de los rezagos de las mismas variables de  $y_t$ , sino que de los valores contemporáneos y rezagados de un número reducido de factores contenidos en el vector  $f_t$ . La estructura de estos factores latentes, que capturan en pocas variables los comovimientos de las variables en  $y_t$ , sigue usualmente una estructura de tipo VAR. En esta especificación, las matrices  $A_i$  y  $B_i$  capturan, respectivamente, los efectos de los factores en  $y_t$ , así como los efectos de los factores sobre sí mismos, mientras que  $\varepsilon_t$  y  $\eta_t$  corresponden a vectores de procesos estocásticos.

Esta metodología se usa para la proyección del PIB total y el PIB no minero. Los factores se extraen de los mismos bloques de información que en los VAR bayesianos con gran número de regresores presentados en la Sección anterior. Se estiman en total ocho especificaciones para el PIB agregado y ocho para el PIB no minero. Las distintas especificaciones se obtienen de estimar procesos autorregresivos de primer y segundo orden para la variable dependiente, cada uno con cuatro alternativas de factores. Estas son: un único factor extraído de las variables incluidas en el VAR pequeño, dos factores extraídos del conjunto del VAR mediano, tres factores extraídos del conjunto del VAR grande y cuatro factores extraídos del conjunto del VAR grande más los índices de precios. En todos los casos se excluye el PIB del conjunto de variables del cual se extraen los factores. Todas las variables que lo ameriten se usan en términos desestacionalizados.

#### (v) Proyección *bottom-up* con modelos autorregresivos de una ecuación aumentados con factores

Una manera de combinar la simpleza de las estimaciones de una ecuación con la posibilidad de permitir la interacción entre distintos componentes del PIB, es la que proponen Bermingham y D'Agostino (2014). Los autores sugieren, para cada componente del PIB, aumentar una especificación autorregresiva<sup>47/</sup> con factores extraídos del conjunto de los componentes restantes.

<sup>46/</sup> Como se explica en detalle en Stock y Watson (2016), la premisa principal de los modelos de factores dinámicos consiste en que parte importante de las dinámicas comunes en conjuntos grandes de series de tiempo provienen de un set limitado de factores no observados, los que a su vez evolucionan a través del tiempo y pueden ser estimados.

<sup>47/</sup> Un modelo autorregresivo puede entenderse como un caso especial de un modelo SARIMA como lo descrito previamente. En particular, un proceso autorregresivo de orden  $p$ , llamado usualmente modelo AR( $p$ ), es equivalente a un modelo SARIMA( $p,0,0$ ) (0,0,0).

En el marco de esta metodología, para la proyección de cada uno de los 17 componentes de la actividad, el BCCh utiliza cuatro especificaciones distintas. Similar a lo descrito para el caso de la estimación de modelos de factores dinámicos, estas especificaciones contemplan la estimación de procesos autorregresivos de primer y segundo orden para la variable dependiente, adicionando dos alternativas de factores: un único factor y los dos primeros factores extraídos de los componentes. Los factores se extraen con componentes principales siguiendo la metodología descrita por Stock y Watson (2002). Todas las variables que lo ameriten se usan en términos desestacionalizados. Finalmente, las proyecciones para el PIB total y el PIB no minero se obtienen agregando las proyecciones de los distintos componentes.

### **(vi) Proyección *bottom-up* con modelos autorregresivos aumentados con factores e información exógena**

Una extensión a la metodología de Bermingham y D'Agostino (2014) es incorporar información de otras variables a la estimación. Así, los modelos presentados en esta Subsección adicionan, para cada una de las especificaciones descritas anteriormente en (iii), factores provenientes de los conjuntos de variables utilizados en los VAR bayesianos de gran número de variables descritos anteriormente.

Siguiendo la metodología de Stock y Watson (2002), se extrae un único factor de las variables incluidas en el VAR pequeño, dos factores del conjunto del VAR mediano, tres factores del conjunto del VAR grande y cuatro factores extraídos del conjunto del VAR grande más los índices de precios. En todos los casos se excluye el PIB del conjunto de variables del que se extraen los factores y todas las variables que lo ameriten se usan en términos desestacionalizados. Esto resulta en 16 especificaciones para proyectar cada uno de los 17 componentes, las cuales luego se adicionan para construir las proyecciones de los agregados.

### **(vii) Proyección *bottom-up* usando VAR bayesianos con coeficientes variables**

Las relaciones entre variables pueden cambiar en el tiempo. Es por esto que en el contexto de incorporar la interrelación entre componentes a la proyección del agregado puede ser relevante permitir cierta flexibilidad en la estimación de los coeficientes. Si bien este enfoque BU se describe en detalle en Cobb (2020), a modo de resumen se utiliza la implementación descrita en Koop y Korobilis (2013) para estimar un VAR bayesiano que contiene los 17 componentes por el lado de la oferta y se permite que tanto los coeficientes como la varianza de las innovaciones cambien en el tiempo.

En particular, se utilizan tres especificaciones: un VAR con coeficientes fijos, un VAR con coeficientes variables y una selección dinámica de modelos con coeficientes fijos, coeficientes variables, volatilidad constante y volatilidad estocástica. Todas las variables que lo ameriten se usan en términos desestacionalizados.



## E. Modelos para componentes de la demanda

Los modelos desde la perspectiva de la demanda solo se estiman para proyectar variables trimestrales. Sin embargo, al incorporar series mensuales como variables independientes, se actualizan con dicha periodicidad. Todos los modelos de esta Sección se utilizan para proyectar el PIB total, el PIB no minero, el consumo privado, la formación bruta de capital fijo (FBCF), las exportaciones e importaciones.

### (i) Modelo MIDAS

Recientemente ha habido un desarrollo importante de metodologías que utilizan variables de mayor frecuencia para proyectar otras de menor frecuencia. Una de estas es el enfoque de muestreo mixto de datos (MIDAS por su sigla en inglés) desarrollado por Ghysels *et al.* (2004). A modo de resumen, la metodología consiste en usar, en el mismo modelo variables en distintas frecuencias, estableciendo estructuras de agregación temporal flexibles para transformarlas a la frecuencia de la variable de interés.

Para la proyección de actividad desde la perspectiva del gasto, se sigue el enfoque de Marcellino y Schumacher (2010), donde las series de alta frecuencia son factores dinámicos extraídos a partir de un conjunto de variables relevantes. La implementación se describe en detalle en Ghysels (2013). El criterio de selección de los modelos contempla estimar una serie de especificaciones distintas y elegir la mediana de la proyección. Las especificaciones consideradas incluyen variables independientes en frecuencia trimestral, además de uno o dos factores extraídos de las variables mensuales. Las variables utilizadas en cada especificación se presentan en la Tabla 3.2.

Debido a que las regresiones se basan en información exógena, se emplea el enfoque directo para proyectar. Esto es, para cada período se estima un nuevo modelo que relaciona el horizonte de proyección específico con la base de datos de frecuencia mixta. La cantidad de información mensual utilizada viene determinada por la variable incluida con mayor rezago de publicación, que típicamente son de actividad y empleo.

Utilizando este modelo, se siguen dos enfoques que se analizan separadamente. El primero emplea variaciones anuales de las series sin desestacionalizar para todos los datos que requieren de diferenciación. El segundo enfoque considera las primeras diferencias de las series desestacionalizadas en su frecuencia original.

Tabla 3.2

## Variables incluidas en modelos MIDAS para cada componente (1)

	Consumo					FBCF		Comex		PIB		
	Privado	Habitual	No Durable	Durable	Gobierno	Total	CCOO	MyE	Exp. BB. y SS.	Imp BB. y SS.	Total	No minero
<b>Var. Trimestrales</b>												
PIB				X								
PIB socios comerciales				X		X			X	X	X	X
Deflactor FBCF / Deflactor PIB					X							
Deflactor CCOO / Deflactor PIB						X	X					
Deflactor MyE / Deflactor PIB						X		X				
Deflactor export. / Deflactor import.						X		X	X	X	X	X
<b>Var. Mensuales</b>												
Empleo asalariado	X											
ICMO real				X								
Colocaciones nominales comercio exterior						X	X					
Colocaciones nominales consumo		X	X	X								
Colocaciones nominales vivienda					X	X	X					
Empleo comercio		X	X									
Empleo construcción					X	X	X					
Exportaciones totales						X		X		X	X	X
Gastos totales gobierno central				X								
Generación eléctrica (SIC+SING)											X	X
IMACEC				X								
IMCE											X	X
IMCE comercio inventarios									X			
IMCE comercio inversión					X							
IMCE construcción						X	X					
IMCE industria inventarios									X			
IMCE industria inversión					X							
Importaciones nominales bienes de capital					X	X	X		X	X	X	X
Importaciones nominales consumo	X	X	X	X					X			
Importaciones nominales intermedios									X			
Índice de proveedores construcción						X	X					
Índice de riesgo externo						X		X				
Índice de riesgo local										X	X	
Índice de supermercados INE	X	X	X									
Ingresos totales gobierno central				X								
Ingresos tributarios gobierno central				X								
Inversiones totales gobierno central				X			X					
IPC combustibles		X	X									



## Continuación

	Consumo					FBCF		Comex		PIB		
	Privado	Habitual	No Durable	Durable	Gobierno	Total	CCOO	MyE	Exp. BB. y SS.	Imp. BB. y SS.	Total	No minero
IPEC	X	X	X	X							X	X
IPEC artículos para el hogar			X									
IPEC automóviles			X									
IPEC vivienda			X									
IPSA											X	X
IPSA real	X	X	X	X		X	X					
IACM	X								X		X	X
IACM durable			X								X	X
IACM no durable		X	X									
Masa salarial INE / Deflactor consumo	X	X	X	X								
Precio del cobre				X	X	X	X	X				
Producción de hormigón						X	X					
Producción manufacturera						X			X			
Producción minera INE						X		X			X	X
Tasa colocaciones 1 a 3 años	X	X	X	X		X			X	X		
Tasa colocaciones más de 3 años						X	X	X				
Tasa de desempleo				X							X	X
Tasa <i>Libor</i> 6 meses						X			X	X		
TCR	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
Ventas de automóviles nuevos	X		X							X		
VIX			X	X	X	X	X	X	X			

(1) Los indicadores de Cuentas Nacionales y sus deflatores se obtienen del BCCh, al igual que la información sobre colocaciones e IMACEC. La información relacionada al IPC, empleo, salarios, ventas de supermercados y actividad del comercio minorista (IACM), así como producción minera, manufacturera y de hormigón se elaboran a partir de datos del INE. La información referida a ingresos y gastos fiscales proviene de la DIPRES. Lo referido a mercados internacionales, precio de materias primas, tasa *Libor* e indicadores de riesgo, se extraen de Bloomberg. La información bursátil se obtiene de la Bolsa de Santiago. La información sobre el sector de la construcción proviene de la Cámara Chilena de la Construcción. El IMCE y el IPEC es elaborada por Icare y Gfk Adimark, respectivamente. Los datos de generación eléctrica se obtienen del Coordinador Eléctrico Nacional. Las ventas de automóviles nuevos corresponden a las reportadas por la Asociación Nacional Automotriz de Chile. Los indicadores de riesgo se elaboran a partir de la metodología descrita en Ceballos, Fuentes y Romero (2013).

Fuente: Cobb y Peña (2020).

**(ii) Modelos AR-MIDAS**

Como se mencionó en el apartado anterior, el conjunto de información mensual que se utiliza en cada una de las especificaciones MIDAS está determinado por la variable con mayor rezago de publicación. En el enfoque AR-MIDAS se emplea la información mensual hasta lo más reciente y las variables que no están disponibles se proyectan utilizando el método descrito en el apartado de

los modelos SARIMA. En base a los datos mensuales más recientes y similar a la implementación para los modelos MIDAS, se aplica un enfoque directo tanto en variación anual de las series sin desestacionalizar como en primeras diferencias de las series previamente desestacionalizadas.

### (iii) Modelos puente (*Bridge-Models*)

Otra metodología que utiliza variables de mayor frecuencia para proyectar variables de menor frecuencia es la de las ecuaciones puente. Esta contempla la estimación tradicional de relaciones entre variables de una misma frecuencia, donde la homogenización en la frecuencia más baja es el resultado de la agregación temporal de indicadores de mayor frecuencia. A diferencia de los modelos MIDAS presentados en la Subsección anterior, estas suponen relaciones estables en el tiempo. Asimismo, al no utilizar métodos de reducción como los modelos de factores dinámicos, continua siendo posible interpretar relaciones causales.

El procedimiento utilizado en el BCCh, detallado en Cobb *et al.* (2011), utiliza un enfoque dinámico de proyección, empleando el mismo modelo para todo el horizonte de proyección. Las proyecciones de los períodos más inmediatos se utilizan como dato para las estimaciones más distantes y las series exógenas son proyectadas utilizando modelos SARIMA para completar la información necesaria. Los modelos puente, si bien se utilizan fundamentalmente para proyecciones desde la perspectiva del gasto, también se emplean para proyectar los sectores de minería, construcción, comercio e industria manufacturera.

### (iv) Modelos puente con selección automática de variables exógenas

Dada la evidencia de que las relaciones entre variables pueden cambiar en el tiempo, la selección automática de variables y rezagos se ha vuelto popular en el trabajo empírico. Para complementar el enfoque de los modelos puente del apartado anterior, se adopta el enfoque de *Stepwise Regression*. Este procedimiento consta de agregar o quitar de la regresión variables y sus rezagos en base al cambio en el poder explicativo del modelo producto de su inclusión y el estadístico t correspondiente. La metodología tiende a elegir las variables con mayor poder explicativo, pero tienen una menor correlación con las demás variables explicativas. El conjunto de variables que se utiliza es el mismo del modelo presentado en el apartado anterior solo que se contrastan las variables contemporáneamente y hasta con cuatro trimestres de rezagos. Al igual que en la implementación anterior, se utiliza un enfoque dinámico, proyectando las series exógenas con modelos SARIMA para completar la información necesaria para todo el horizonte de proyección.

### (v) Modelos SARIMA con y sin información exógena

Finalmente, los modelos SARIMA son empleados ampliamente para proyectar series de tiempo. Para proyectar los componentes de demanda del PIB se aplican dos enfoques. El primero, es el mismo descrito en el apartado "Modelos ARIMA estacionales de selección automática". El segundo, consiste en usar la especificación encontrada empleando la metodología descrita para los modelos puente con selección automática de variables del apartado anterior y agregar componentes SARIMA por medio de la rutina automática descrita previamente.





### 3.2.2 Proyecciones de inflación

Como se ha destacado anteriormente, en un esquema de metas de inflación es fundamental proyectar la evolución de los precios. Para este análisis es útil una evaluación tanto del IPC total, como de sus distintos componentes. Una agrupación de particular importancia, que se destaca en el recuadro 3.2, es la inflación subyacente, de mayor estabilidad y alta correlación con la inflación de mediano plazo. A pesar de su importancia, este no es el único componente estudiado. Para el análisis de las perspectivas inflacionarias se considera, y proyecta, la evolución de los precios de todos los componentes de la canasta de consumo. En esta sección se describen los modelos econométricos utilizados para las proyecciones de corto plazo de los distintos componentes. En el caso de la inflación de alimentos, estos modelos se emplean también para las proyecciones de mediano plazo. Esto último, debido a la dificultad de los modelos estructurales para replicar las dinámicas irregulares que presentan los precios de los alimentos y que pueden predecirse mejor con modelos empíricos.

#### (vi) Modelos de proyección de corto plazo para la inflación y sus subcomponentes

Para la proyección de la inflación en el BCCh, se utilizan procedimientos directos —al igual que para la actividad—, en donde se obtienen los resultados para la serie agregada; e indirectos, en donde se proyectan los distintos componentes y estos luego se agregan con la metodología BU, para generar una trayectoria para la inflación total. Para la proyección BU, se predicen 53 sub-componentes y seis agregados intermedios del IPC<sup>48/</sup>.

Esta estrategia presenta tres desafíos importantes. En primer lugar, las series desagregadas de IPC son, en general, significativamente más volátiles que el IPC agregado, pues están sujetos a mayores errores de medida, *shocks* de oferta sectoriales y cambios metodológicos. En los modelos econométricos, estos eventos se reflejan en la aparición de datos atípicos y quiebres de la media incondicional. En segundo lugar, se presenta el desafío de identificar qué variables macroeconómicas son relevantes para predecir cada uno de los 53 componentes, los agregados intermedios y el IPC. La mayor atención se concentra en los indicadores de actividad y financieros, tanto internos como externos. Asimismo, podría ocurrir que algunos de los 53 componentes considerados sean útiles para predecir a otros. Descubrir los componentes de la inflación relevantes para la predicción de otros es el tercer desafío a resolver.

Los tres desafíos señalados se resuelven de manera integral aplicando un algoritmo de selección automática *Autometrics* (ver Doornik, 2009). El punto de partida es un modelo general, que incluye todos los regresores posibles (el número de regresores puede exceder la cantidad de observaciones) y se emplea una metodología de árboles de decisión de senderos múltiples *Autometrics*, que reduce el modelo inicial a una representación final válida<sup>49/</sup>, y más simple que la inicial.

Para abordar el problema de los datos atípicos y quiebres de media, se adoptan las técnicas de saturación *Impulse Indicator Saturation* (IIS) y *Step Indicator Saturation* (SIS) propuestas y analizadas por Doornik y Hendry (2016) y Castle *et al.* (2015). Una característica central de estas estrategias es que permiten seleccionar el modelo e identificar los datos atípicos y quiebres de manera conjunta<sup>50/</sup>.

<sup>48/</sup> Cabe señalar que las 53 sub-agregaciones no necesariamente constituyen elementos independientes que sirven para construir el IPC total. En otras palabras, algunas sub-agregaciones tienen elementos en común y la suma de las 53 sub-agregaciones no constituye el IPC total.

<sup>49/</sup> La validez de la representación final, es decir, que los modelos finales puedan explicar todas las características de la variable dependiente que explica el modelo original, se asegura mediante métodos de *encompassing*, descritos en detalle en Bontemps y Mizon (2008) y en Hendry, Marcellino y Mizon (2008).

<sup>50/</sup> Ver también la discusión en Peña *et al.* (2011) sobre el problema de la identificación de este tipo de eventos en modelos estadísticos.

Dentro de este marco general de modelación, se consideran tres estrategias alternativas para cada uno de los 53 componentes, los agregados intermedios y el IPC que difieren en los potenciales regresores considerados: (i) incluir únicamente rezagos de la variable dependiente; (ii) incluir rezagos de la variable dependiente y de los restantes componentes y agregados intermedios; y (iii) incluir rezagos de la variable dependiente, de los restantes componentes y agregados intermedios, y de las 10 variables macroeconómicas incluidas en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3

### Variables financieras y de actividad usadas para la proyección de inflación

Variables
IMACEC no minero
Índice nominal del costo de mano de obra (ICMO)
Tasa de desempleo
Tipo de cambio observado (TCO)
Precios del petróleo (WTI, Brent)
IPE
Índice de precios de alimentos (FAO)
FFR
Global industrial production
TPM

Fuente: Carlomagno y Torres (2020).

Estas tres posibilidades y las distintas alternativas de agregación de los componentes y los agregados intermedios entregan un conjunto de predicciones que son monitoreadas periódicamente.

### (vii) Modelo de corrección de errores para proyecciones de mediano plazo de alimentos

Debido a la dificultad de los modelos estructurales para proveer proyecciones precisas para la inflación de alimentos, para esta variable se emplean modelos econométricos no solo para el corto plazo, como para el resto de las variables, sino que también para el mediano plazo. Dada esta necesidad de proyecciones a plazos largos, la estrategia de proyección para las series de inflación de los distintos componentes de alimentos resto<sup>51/</sup> considera modelos que incorporan simultáneamente relaciones de corto y largo plazo. En particular, se emplean modelos de corrección de errores que permiten explicar dinámicas y relaciones de corto plazo entre variables, las cuales se corrigen para deshacer movimientos que las alejen de sus relaciones de largo plazo.

En términos generales, los modelos de corrección de errores para la proyección de los precios de alimentos pueden expresarse como:

$$dy_t = \beta dx_t^{cp} - \theta_1 (y_{t-1} - \theta_2 x_{t-1}^{lp}) + \varepsilon_t$$

<sup>51/</sup> Esta subdivisión, que corresponde al 16,5% del IPC según la canasta 2018, incluye todos los productos del grupo “alimentos” definido por el INE, excluyendo un subconjunto de sus elementos más volátiles (frutas y verduras frescas, 2,8% de la canasta 2018), para cuya proyección se asume un proceso simple de convergencia a la meta de inflación.

Donde  $y_t$  es la variable a proyectar;  $d$  es el operador de diferencias;  $x_t^{cp}$  contiene las variables que explican el comportamiento de corto plazo de  $y_t$ ;  $x_t^{lp}$  contiene las variables que, ponderadas por los parámetros del vector  $\theta_2$ , definen las relaciones de largo plazo de  $y_t$ ;  $\theta_1$  define la fuerza con la que se corrigen las desviaciones de  $y_t$  respecto a las relaciones de largo plazo con las variables en  $x_t^{lp}$ ; y  $\varepsilon_t$  corresponde a un proceso estocástico. En esta representación, las condiciones de largo plazo relacionan  $y_t$  con  $x_t^{lp}$ , mientras que las dinámicas de corto plazo se determinan por la relación entre  $y_t$  y  $dx_t^{cp}$ , corregidas para compensar las desviaciones pasadas de las condiciones de largo plazo.

En particular, los precios de los alimentos se proyectan mediante un proceso en dos etapas utilizando la técnica de cointegración desarrollada por Engle y Granger (1987). Esto, permite que exista una representación válida del proceso generador de datos por medio de un modelo de corrección de errores, el cual evitará problemas de correlaciones espurias cuando el conjunto de variables contenidas en un vector están cointegradas. En la primera etapa, se estiman relaciones de largo plazo bajo un esquema de cointegración. En la segunda etapa, empleando el teorema de representación de Granger, se construye un modelo de corrección de errores que incorpora las desviaciones del estado estacionario del conjunto de determinantes de largo plazo obtenidas en la etapa previa.

Tabla 3.4

### Variables financieras y de actividad usadas para la proyección de inflación de cada grupo de alimentos

Grupo	Variable
Carnes	IPC de la clase carnes
	Índice FAO carnes
	IPC del grupo granos y cereales
	IPC tarifas eléctricas
	ICMO
Tipo de cambio observado	
Lácteos y derivados	IPC de la clase lácteos y derivados
	Índice FAO lácteos
	IPC del grupo granos y cereales
	ICMO
	Tipo de cambio observado
Pan y cereales	IPC de la clase granos y cereales
	Índice FAO cereales
	IPC tarifas eléctricas
	IPC combustibles
	ICMO
Tipo de cambio observado	
Azúcar y cacao	IPC de la clase azúcar y cacao
	Índice FAO azúcar
	Brent
	ICMO
	Tipo de cambio observado

Continuación

Grupo	Variable
Aceites y grasas	IPC de la clase aceites y grasas
	Índice FAO aceite
	IPC tarifas eléctricas
	IPC combustibles
	ICMO
	Tipo de cambio observado

Fuente: Carlomagno y Torres (2020).

El ejercicio de proyección previamente descrito contempla la estimación de un conjunto de modelos de cointegración para seis grupos de alimentos: carnes; lácteos y sus derivados; pan y cereales; azúcar y cacao; y aceites y grasas. Para cada grupo, se estiman seis especificaciones con diferentes combinaciones de rezagos, tanto para las variables independientes (los precios de los distintos grupos), como para el resto de las variables dependientes, las que se detallan en la Tabla 3.4. Las distintas especificaciones se evalúan desde el año 2000 hasta el último período disponible y se analizan proyecciones a uno, dos, cuatro y ocho trimestres hacia adelante, coincidiendo este último con el horizonte de política del BCCh. Luego, los modelos con mejor desempeño son utilizados para conformar la proyección agregada.

### Recuadro 3.2: Importancia de la inflación subyacente en un esquema de metas de inflación

En el el recuadro IV del IPoM de diciembre de 2019 se incluyó una discusión sobre la importancia de la inflación subyacente en un esquema de metas de inflación. En este, se explica que pese a que la política monetaria del BCCh se orienta a que la inflación proyectada, medida por el IPC total, se ubique en 3% en el horizonte de dos años, en el análisis de la evolución de los precios debe considerarse que, en el corto plazo, los movimientos en el IPC total tienden a ser ruidosos. Sin considerar los factores estacionales, las bruscas fluctuaciones de la inflación mensual pueden no estar asociadas al ciclo económico, sino más bien a otros tipos de factores, tales como *shocks* de oferta transitorios en sectores específicos (imprevistos climáticos, accidentes, eventos geopolíticos que afectan temporalmente el precio del petróleo, etc.) y errores de medida.

En este contexto, al momento de evaluar la trayectoria actual y futura del cambio del nivel de precios, los bancos centrales usualmente revisan la evolución de los llamados indicadores de inflación subyacente<sup>52/</sup>, que buscan identificar las tendencias inflacionarias de mediano plazo (señal inflacionaria corregida del “ruido” de corto plazo) asociadas al ciclo económico y respecto de las cuales la política monetaria puede actuar de forma más eficiente. Lamentablemente, no es posible identificar con certeza el componente de ruido, lo que ha llevado a que los bancos centrales cuenten con un conjunto de indicadores que intentan eliminar el ruido indeseado de formas alternativas<sup>53/</sup>.

<sup>52/</sup> Clark (2001) brinda una descripción general de las medidas subyacentes. Hogan *et al.* (2001), Roger (1997), Shiratsuka (1997) y Cutler (2001) argumentan que la inflación subyacente debiese ser el objeto de interés para la toma de decisiones de política monetaria.

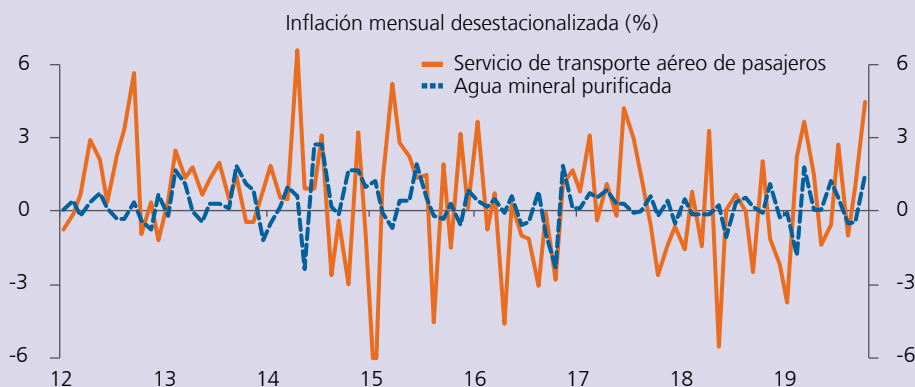
<sup>53/</sup> Análisis para un conjunto más amplio de medidas core puede encontrarse en el recuadro V.1 del IPoM de marzo de 2015 y en Córdova *et al.* (2008).

En la literatura pueden distinguirse dos grandes alternativas metodológicas al problema de separar la señal estable del ruido. La primera consiste en re-ponderar los componentes del IPC en función de la “cantidad de ruido” contenida en sus variaciones, asignando menores ponderaciones a los componentes más ruidosos. La segunda utiliza métodos estadísticos de suavización de series temporales para extraer una señal estable de la inflación.

La práctica más habitual en los bancos centrales es focalizarse en la primera alternativa porque entrega medidas de mayor facilidad comunicacional y que, por tanto, el mercado puede adoptar con mayor facilidad para formar sus expectativas. Casos particulares de esta alternativa son las medidas de exclusión, en las que los componentes más ruidosos directamente se excluyen del cálculo (reciben ponderación cero). Los componentes excluidos pueden ser siempre los mismos (exclusión fija) o ir cambiando cada mes (exclusión variable).

El principal indicador de inflación subyacente actualmente utilizado por el BCCh es de exclusión fija y excluye todos los alimentos y la energía (IPC SAE)<sup>54/</sup>. Este indicador tiene una ventaja fundamental: su cálculo y comunicación al público general son muy simples. Sin embargo, esta ventaja viene acompañada de dos limitaciones. En primer lugar, aunque los *shocks* transitorios que motivan la construcción de indicadores subyacentes no afectan siempre a los mismos componentes, los elementos excluidos del IPC SAE son siempre los mismos. Así, el IPC SAE podría incluir componentes afectados por *shocks* transitorios y excluir otros que no. Esta es una limitación común a todos los indicadores de exclusión fija. En segundo lugar, incluso restringiéndonos a indicadores de exclusión fija, el criterio de excluir todos los alimentos, toda la energía y ningún otro componente, no es necesariamente óptimo. A modo de ejemplo, el IPC SAE excluye el agua mineral, que es un componente “poco ruidoso”, pero incluye transporte de pasajeros por vía aérea, que es un componente “muy ruidoso” (Figura 3.2). Estas limitaciones no son meramente conceptuales, sino que, como analizaremos más abajo, se reflejan en las propiedades estadísticas del IPC SAE.

Figura 3.2  
Volatilidad de componentes incluidos y excluidos del IPC SAE (1)



(1) IPC SAE excluye agua mineral, pero incluye servicios de transporte aéreo de pasajeros.

Fuentes: Banco Central de Chile e Instituto Nacional de Estadísticas.

<sup>54/</sup> Para un detalle completo del cálculo del IPC SAE ver el apéndice 6 en Instituto Nacional de Estadística (2019).

Considerando estas limitaciones de la inflación SAE, Carlomagno y Sansone (2019) proponen un indicador alternativo elaborado a partir de mecanismos automáticos de exclusión de componentes, donde el criterio de selección se basa en las propiedades deseables que debiese tener un indicador de inflación subyacente. De esta forma, se eligen los componentes que entreguen el indicador con las mejores propiedades posibles. La literatura destaca cinco propiedades deseables:

(i) *Ausencia de sesgo*: Dado que el objetivo del banco central es sobre la inflación total y no sobre la subyacente, el valor promedio de esta última debe ser lo más próximo posible al de la inflación total.

(ii) *Persistencia*: Si el indicador de inflación subyacente filtra adecuadamente *shocks* transitorios no asociados a la política monetaria, las oscilaciones alrededor de su nivel promedio deben ser “suaves”. Es decir, la convergencia a la media debe ser relativamente lenta.

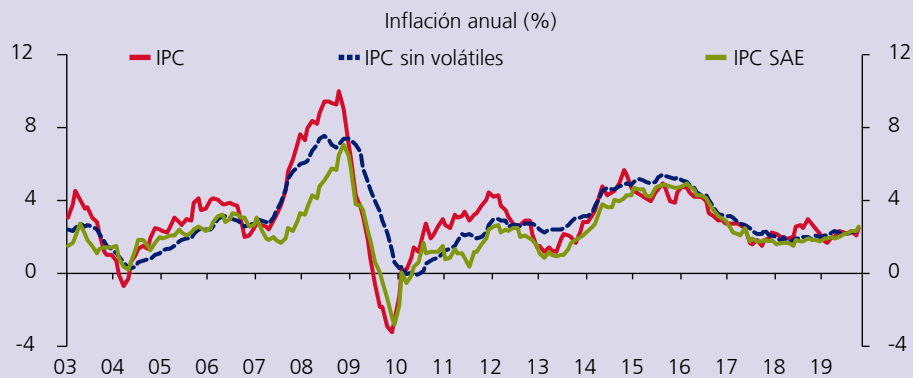
(iii) *Baja volatilidad*: Además de una convergencia a la media relativamente lenta, el camino de la convergencia debe ser lo más estable posible, lo que implica que la volatilidad de las oscilaciones del indicador de inflación subyacente debe ser baja.

(iv) *Correlación con la brecha de actividad*: Si el indicador de inflación subyacente efectivamente refleja los movimientos fundamentales de la inflación, debería guardar una correlación significativa con la brecha de actividad.

(v) *Poder de predicción*: Finalmente, es deseable que un indicador de inflación subyacente contenga información relevante para adelantar los movimientos futuros de la inflación.

Carlomagno y Sansone (2019) proponen una estrategia para resumir estas cinco propiedades en un indicador único y un procedimiento para seleccionar los componentes a excluir de manera tal que ese indicador resulte óptimo. El procedimiento admite que la exclusión sea fija o variable. La Figura 3.3 muestra cómo se compara la versión de exclusión fija de este indicador, llamada IPC sin volátiles, con el IPC SAE y el IPC total. La Tabla 3.5 muestra que el IPC sin volátiles supera al IPC SAE en las cinco dimensiones consideradas, obteniéndose un indicador menos sesgado, más persistente, menos volátil, con mayor correlación con la brecha de actividad y con mayor poder predictivo.

Figura 3.3  
**IPC, IPC SAE e IPC sin volátiles**



Fuentes: Banco Central de Chile e Instituto Nacional de Estadísticas.

Tabla 3.5

**Evaluación de propiedades de distintas medidas de inflación (1)**

	IPC sin volátiles	IPC SAE	IPC
Sesgo	**	*	***
Persistencia	***	*	**
Volatilidad	***	**	*
Relación brecha	***	*	**
Predicción	***	**	*

(1) El número de asteriscos muestra la bondad relativa, para cada dimensión, de las distintas medidas de inflación, donde \*\*\* representa la medida con el mejor desempeño.

Fuente: Carlomagno y Sansone (2019).

Las distintas medidas de inflación subyacente que monitorea el BCCh son instrumentos útiles para la proyección. Sin embargo, la evidencia empírica muestra que ningún instrumento de análisis entrega siempre las señales correctas, por lo que en el análisis económico que realiza el BCCh estos indicadores se usan e interpretan con cautela y en conjunto con otras herramientas.

### 3.2.3 Proyecciones de mediano plazo para componentes de demanda y cuenta corriente

Como se explica en la Sección 2, los modelos estructurales y semi-estructurales del BCCh generan las proyecciones de mediano plazo modelando una abstracción simplificada de la economía en pos de lograr representaciones para las principales variables reales, la inflación, la tasa de política monetaria (TPM) y el tipo de cambio real.

El modelo de consistencia macroeconómica (MACRO) es un conjunto de identidades macroeconómicas que subyacen en el enfoque contable de cuentas nacionales. Es una herramienta analítica que permite asegurar que las proyecciones macroeconómicas sean consistentes con las identidades macroeconómicas básicas que caracterizan las cuentas nacionales, tanto en el equilibrio interno como el externo<sup>55/</sup>.

Comparado con la versión descrita en Banco Central de Chile (2003), este modelo incluye variadas mejoras y actualizaciones entre las que destacan: (i) el uso de índices encadenados en los flujos agregados reales (a partir de desagregados, con enfoque BU, para replicar la estructura de demanda tal como se publica por parte de cuentas nacionales; (ii) el uso de modelos satélite de series de tiempo para la proyección de los principales componentes de la demanda; y (iii) el uso de modelos dinámicos de equilibrio general, tales como el XMAS y otros modelos satélites para condicionar las proyecciones de la oferta, inflación, tipo de cambio y TPM.

Las proyecciones que resultan del modelo MACRO son las siguientes:

- (i) Demanda agregada real y todos sus componentes condicionales a las proyecciones de oferta agregada de los modelos XMAS y MSEP. La proyección que se obtiene como residuo es la de las variaciones de existencia.
- (ii) Demanda nominal y todos sus componentes. A partir de las proyecciones de inflación, tipo de cambio y salarios de los modelos XMAS y MSEP, se calculan los respectivos deflatores sectoriales que permiten convertir los índices de la demanda real a valores nominales.
- (iii) Flujos de exportaciones de bienes por sector económico e importaciones por componentes de consumo, capital y resto intermedio. Así mismo, se proyectan las exportaciones e importaciones de servicios. Para ello, se toman como insumos las proyecciones de variables internacionales relevantes, indicadores de actividad sectorial y las proyecciones del XMAS y MSEP.
- (iv) Índices de valor unitario de exportaciones e importaciones de bienes y servicios, de los cuales se pueden deducir los términos de intercambio en pesos. Las proyecciones se condicionan en variables internacionales tales como inflación externa, precios de bienes básicos y costos locales.
- (v) La cuenta corriente en base a identidades contables y a la proyección de balanza comercial, rentas y transferencias netas.
- (vi) Ingreso nacional bruto disponible e identidad de ahorro e inversión.

<sup>55/</sup> Las proyecciones deben ser consistentes con la evolución esperada de la balanza de pagos, en particular con el saldo de la cuenta corriente. Este último es relevante para estimar la fracción del ahorro de los residentes nacionales necesario para financiar el flujo de inversión proyectada (identidad de ahorro e inversión).





### 3.3 Modelos estructurales para la economía doméstica

El BCCh cuenta con dos modelos de mediano plazo para la economía local: el modelo semi-estructural de proyecciones (MSEP), y el modelo estructural extendido para análisis y simulación (XMAS). Ambos enfoques buscan contribuir a un mejor entendimiento de las fuerzas que guían la evolución esperada de la economía, considerando interrelaciones entre variables económicas claves, tales como el producto, la inflación y las tasas de interés. En términos generales, los modelos estructurales como el XMAS se anclan en restricciones paramétricas y entre ecuaciones basadas en fundamentos de la teoría económica, haciéndolos más robustos a la crítica de Lucas, y permitiendo evaluaciones robustas de políticas y escenarios contrafactuales. Por otra parte, los modelos semi-estructurales como el MSEP ponen mayor énfasis en el ajuste econométrico a los datos, a expensas de relajar algunas restricciones teóricas y una mayor vulnerabilidad a la crítica de Lucas. Ambos modelos se diferencian además en su escala. El XMAS posee mayor complejidad en su estructura, permitiendo con ello un análisis más detallado de distintos *shocks* y canales de propagación. Por su parte, el MSEP es un modelo más simple, que privilegia la parsimonia y flexibilidad por sobre la complejidad, facilitando el seguimiento de los mecanismos de transmisión modelados. Como se destaca en el recuadro 3.4, el uso complementario de modelos con distintas características, como el MSEP y el XMAS, se fundamenta en la búsqueda de mayor robustez en el análisis y las proyecciones, entregando ópticas distintas que, complementadas con el juicio del Consejo y el staff económico, ayudan a la generación de una visión global del estado y las perspectivas futuras de la economía.

En el BCCh, estos modelos cumplen fundamentalmente dos roles. Por una parte, se usan para generar el escenario central de proyección para el mediano plazo. Para esto, utilizan como insumo proyecciones de corto y mediano plazo para el sector internacional, y proyecciones de corto plazo para la actividad e inflación local, además del juicio del *staff* técnico y de los miembros del Consejo. En segunda instancia, este tipo de modelos se emplea para el análisis de escenarios alternativos y para la evaluación de la política monetaria coherente con dichos escenarios. En esta Sección se entregan detalles de la estructura de los dos principales modelos de mediano plazo en uso en el BCCh: MSEP y XMAS.

#### 3.3.1 MSEP: Modelo semi-estructural de proyecciones

El MSEP, descrito en detalle en Arroyo *et al.* (2020), representa una evolución respecto al modelo MEP documentado en Banco Central de Chile (2003) y en García *et al.* (2005). Es un modelo estilizado simple, adaptado a la realidad chilena, que comprende una serie de relaciones estimadas econométricamente y que se enmarca dentro de los denominados modelos de brechas. Estos modelos explican la dinámica cíclica de una economía, es decir, cuando determinadas variables se ubican por encima o por debajo de sus valores de tendencia, exhibiendo así “brechas” positivas o negativas. Al ser un modelo escrito en brechas, las tendencias de las variables se calculan en una etapa previa al uso del modelo, y las relaciones entre las distintas variables se restringen a sus componentes cíclicos<sup>56/</sup>.

Los modelos semi-estructurales como el MSEP presentan dos ventajas principales respecto de modelos estructurales como el XMAS. La primera es la parsimonia: una mayor sencillez implica un menor uso de supuestos, lo que facilita la interpretación de resultados. La segunda es la versatilidad: al permitir la rápida implementación de nuevas relaciones entre variables, es un modelo que puede adaptarse fácilmente para analizar nuevas hipótesis.

<sup>56/</sup> Si bien el modelo no genera endógenamente movimientos en la tendencia de las variables, puede usarse para analizar las implicancias de movimientos exógenos del potencial productivo. Por ejemplo, en el IPoM de junio 2019, en el marco del análisis de los efectos de la migración, se reestimó el PIB potencial para dar cabida a un aumento en la capacidad productiva de la economía por una mayor fuerza laboral. La actualización del potencial permitió la utilización del MSEP para generar proyecciones consistentes con el *shock* migratorio.

## Estructura del modelo

El núcleo del MSEP está conformado por las tres ecuaciones fundamentales del modelo neo-keynesiano básico<sup>57/</sup>: una curva IS, una curva de Phillips y una función de reacción del banco central:

(i) *Curva IS*: Relaciona la dinámica de la demanda con la trayectoria esperada de la tasa de interés real. La motivación teórica de la ecuación está en la elección del perfil de consumo presente y futuro por parte de agentes racionales, y suele expresarse como

$$y_t = E_t(y_{t+1}) - a_1(i_t - E_t(\pi_{t+1}) - r_t^n)$$

donde  $y_t$  corresponde a la brecha del producto (la diferencia entre el PIB efectivo y el potencial),  $E_t(y_{t+1})$  y  $E_t(\pi_{t+1})$  son, respectivamente, las expectativas futuras para la brecha y la inflación, mientras que  $i_t$  y  $r_t^n$  denotan, respectivamente, las tasas de interés nominal y real neutral. El parámetro  $a_1 > 0$  da cuenta del grado de causalidad negativa entre cambios en la brecha de tasa de interés (la diferencia entre la tasa real y su contraparte neutral) y la brecha de actividad. La idea es simple: ante una mayor tasa de interés real, los hogares prefieren incrementar su ahorro, disminuyendo su consumo presente y aumentando su poder adquisitivo futuro.

(ii) *Curva de Phillips*: Relaciona las expectativas de inflación con la brecha del producto. En general se expresa como:

$$\pi_t = b_1 E_t(\pi_{t+1}) + b_2 y_t$$

donde los parámetros  $b_1, b_2 > 0$  dan cuenta de la causalidad positiva entre movimientos de la brecha del producto —presentes y esperados<sup>58/</sup>— y la inflación. Esta relación se motiva por la idea de que los costos de producción debiesen incrementarse con el nivel de actividad económica, es decir, los costos son más altos en períodos de bajo desempleo. En la medida que las empresas ajusten sus precios para adecuarlos a los cambios en sus costos de producción, se generarán efectos directos en inflación. A su vez, el supuesto de que los productores enfrentan costos o barreras para alterar sus precios<sup>59/</sup> justifica que la inflación se vea afectada no solo por el nivel presente de los costos, sino que también por las expectativas de su nivel futuro (y de su efecto en inflación futura).

(iii) *Función de reacción del banco central*: los modelos neo-keynesianos suelen asumir que el banco central sigue una regla de Taylor<sup>60/</sup>, expresada como una regla simple con dos objetivos, estabilizar la actividad y la inflación, y que en su forma más simple suele expresarse como:

$$i_t = c_1 \pi_t + c_2 y_t$$

<sup>57/</sup> Galí (2015) presenta una completa derivación de las ecuaciones básicas del modelo neo-keynesiano.

<sup>58/</sup> Esta expresión recursiva de la curva de Phillips puede escribirse como  $\pi_t = b_2 \sum_{i=0}^{\infty} b_1^i E_t(y_{t+i})$ , relacionando de esta forma de manera directa la inflación con las expectativas futuras de brecha del producto.

<sup>59/</sup> Esta es una manera de construir una ecuación de Phillips entre muchas. Lucas (1972), por ejemplo, construye una curva de Phillips a través de otros mecanismos, tales como distorsiones en la percepción de precios.

<sup>60/</sup> Este tipo de reglas simples, popularizadas a partir del trabajo de Taylor (1993), han mostrado ser una buena aproximación al complejo proceso de toma de decisiones de los bancos centrales.



donde los parámetros  $c_1, c_2 > 0$  dan cuenta de la causalidad positiva entre movimientos de la inflación y la brecha de actividad, y cambios en el nivel de la tasa de interés fijada por la autoridad monetaria. De esta forma, esta regla simple prescribe que el banco central suba las tasas cada vez que la brecha del producto o la inflación aumenten, lo que, dadas las relaciones especificadas en las curvas IS y de Phillips, contribuirá a estabilizar la actividad y los precios.

En el MSEP, la especificación recién descrita se modifica para mejorar el ajuste a los datos y para incorporar canales relevantes para un país pequeño y abierto como Chile. Se incluyen, así, aspectos relacionados al comercio internacional, con el fin de capturar el hecho de que la economía chilena presenta un grado importante de apertura. Consideraciones de economía pequeña llevan a modelar la relación con el exterior de forma unidireccional. *Shocks* externos afectan a la economía local, pero lo que ocurra domésticamente no impacta la actividad ni los precios externos. De esta forma, el modelo permite que cambios en las condiciones internacionales tengan efectos relevantes en la economía doméstica. Variables como la demanda externa —tanto de países avanzados como emergentes—, el tipo de cambio real, los términos de intercambio —definidos como la razón entre el precio de las exportaciones y las importaciones— y la actividad de los socios comerciales afectan directamente al sector doméstico.

Respecto al modelo canónico descrito anteriormente, la curva IS se simplifica al reemplazar las expectativas futuras de actividad y tasas de interés por valores pasados y contemporáneos. Por otro lado, la especificación se extiende para incorporar efectos directos de factores globales en la actividad doméstica. Los movimientos de la brecha de actividad predichos por la curva IS permiten adicionalmente obtener predicciones para la tasa de desempleo a través de la ley de Okun<sup>61/</sup>, que relaciona directamente holguras productivas con holguras laborales.

La inflación, que en el modelo canónico se representa por una curva de Phillips que relaciona la inflación con las expectativas de cambios en los costos de producción de las empresas, se clasifica en inflación subyacente<sup>62/</sup>, de alimentos, energía, y otros volátiles. La primera, se subdivide a su vez entre la inflación del sector transable y del no transable. La curva de Phillips del sector no transable mantiene una estructura similar a la formulación del modelo canónico, aunque se modifica en dos dimensiones. Por una parte, el coeficiente que acompaña a las expectativas se estima en lugar de restringirse a valores coherentes con la tasa de descuento de los hogares, parámetro que relaciona el valor que se le da a la utilidad futura respecto a la utilidad presente<sup>63/</sup>. Por otra parte, se permite que valores pasados influyeran el nivel de inflación contemporánea. La curva de Phillips del sector transable, por su parte, no considera un rol para las expectativas de inflación y se extiende respecto a la formulación base para incorporar la influencia directa de movimientos cambiarios. Respecto a los componentes no subyacentes de la inflación, los precios de alimentos se modelan en función de inflaciones pasadas y de la brecha de actividad, mientras que la inflación del sector de energía se modela en base a las fluctuaciones del precio internacional del petróleo, medido en moneda doméstica y suavizado de manera de replicar de forma reducida el mecanismo de estabilización de precios de los combustibles (MEPCO). Para la inflación de los componentes más volátiles del IPC, esto es, excluyendo la inflación subyacente, la de alimentos y la de la energía, se asume que no depende directamente de la brecha de actividad y se modela como función del tipo de cambio y de sus valores pasados.

<sup>61/</sup> La ley de Okun se refiere a relación empírica, observada inicialmente por Arthur M. Okun en 1962, entre el crecimiento del PIB y la evolución del desempleo.

<sup>62/</sup> En el MSEP, la inflación subyacente se asocia a la inflación sin volátiles descrita en el Recuadro 3.2.

<sup>63/</sup> El Recuadro 3.4 presenta una discusión acerca de las implicancias de este supuesto.

La regla de Taylor, por su parte, se modifica respecto a la especificación descrita anteriormente en tres dimensiones. En primer lugar, la regla se especifica en términos de la brecha de la tasa respecto de su nivel neutral. Segundo, con el objetivo de incluir un grado de gradualidad y persistencia en los movimientos de tasas, se incorporan a la regla valores rezagados de la brecha de tasa de interés. Finalmente, la respuesta a la inflación se especifica en relación a la inflación anual subyacente esperada, en desvíos de la meta.

La modelación del tipo de cambio se basa en una paridad descubierta de tasas, donde la depreciación esperada depende de la diferencia, ajustada por riesgo, entre las tasas de interés en moneda doméstica y extranjera. Esta relación se modifica para permitir una influencia directa de los términos de intercambio y de otras desviaciones idiosincráticas.

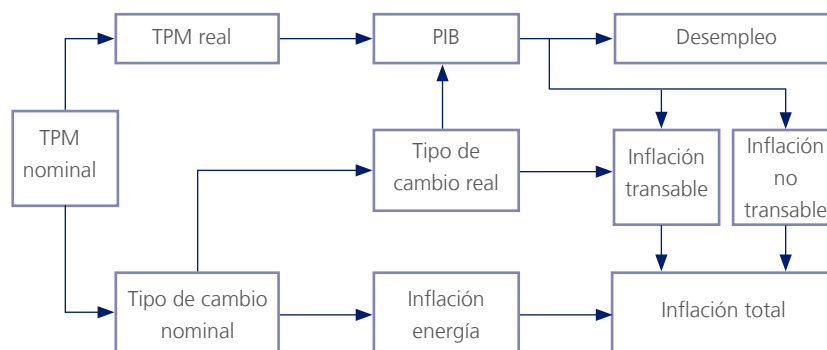
En cuanto a la evolución del PIB potencial y de la tasa neutral real<sup>64</sup>, el primero se especifica como un proceso exógeno autorregresivo, donde las perturbaciones se eligen para que la serie coincida con las estimaciones de los modelos descritos en la Sección 3.4.1. Por otra parte, se asume que la tasa real neutral evoluciona de manera proporcional al crecimiento esperado del PIB potencial, donde el factor de proporcionalidad se calibra de manera que en el largo plazo la tasa del modelo tenga un valor equivalente a las estimaciones de tasa neutral dadas por modelos externos. Finalmente, las variables del sector externo, incluyendo la brecha de producto de socios comerciales, emergentes y avanzados, el precio del petróleo, las importaciones y las exportaciones, la tasa de interés y de inflación externa, y la prima por riesgo país, se modelan como procesos estocásticos autorregresivos simples.

## Transmisión de la política monetaria

A continuación, se describen los principales mecanismos de transmisión a través de los cuales la política monetaria afecta a la inflación en el MSEP, los que se resumen en la Figura 3.4.

Figura 3.4

### Canales de transmisión de la política monetaria en el MSEP



Fuente: En base a Arroyo *et al.* (2020).

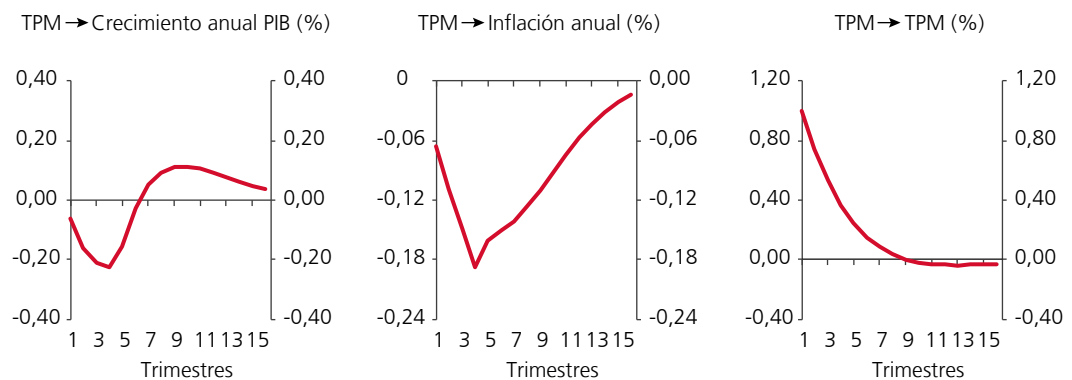
<sup>64</sup> La tasa neutral nominal se define como la tasa neutral real más la meta de inflación.

Se distinguen dos canales: el canal de demanda y el canal cambiario. Respecto al primero, un incremento de la TPM se traduce en un incremento de la tasa de política monetaria real (TPMR). Estas condiciones financieras más restrictivas, a través de la relación descrita en la curva IS, contraen la demanda agregada, lo que, a través de la relación descrita en la ley de Okun, aumenta además la tasa de desempleo. Simultáneamente, el incremento de la tasa de interés afecta al tipo de cambio a través de la condición de paridad descubierta de tasas, generando una apreciación del tipo de cambio nominal (TCN) instantánea, y hacia adelante una expectativa de depreciación. La apreciación cambiaria afecta directa e indirectamente a la inflación. Directamente porque el componente de costo importado de las firmas disminuye, e indirectamente a través de una menor demanda por el efecto de la apreciación de la moneda en la competitividad del sector exportador.

Tanto la caída de la brecha del producto como la apreciación del tipo de cambio presionan a la baja el nivel de precios. Esto sucede para el componente de inflación transable, donde interactúan ambos efectos; el componente no transable, afectado fundamentalmente por el canal de demanda; y el componente de inflación de energía, que es influido sólo por el canal cambiario<sup>65</sup>.

Los efectos dinámicos de un *shock* de TPM, inesperado y sin persistencia, se ilustran en la Figura 3.5. El modelo predice un efecto máximo que se alcanza en cuatro trimestres, tanto para la inflación como para el crecimiento del PIB.

**Figura 3.5**  
**Efectos en actividad y precios de un alza sorpresiva de la tasa de interés en modelo MSEP (1)**



(1) Se simula un *shock* monetario de un período, sin persistencia, y cuyo tamaño se calibra para generar un aumento de 1% (100 puntos base) en impacto en la TPM.

Fuente: En base a Arroyo *et al.* (2020).

<sup>65</sup>/ Se asume que el precio de la energía depende exclusivamente del precio internacional del petróleo y del tipo de cambio.

## Estimación y datos

El MSEP se estima a partir de datos trimestrales para la economía chilena y del resto del mundo en el período entre 2001 y 2019<sup>66/</sup>. El punto inicial de la muestra coincide con el momento en que el BCCh adoptó oficialmente el esquema de metas de inflación.

Las series elegidas consideran, entre otros, indicadores locales de actividad, precios, empleo, tasas de interés, términos de intercambio y tipo de cambio. Adicionalmente se incluyen indicadores de la economía global tales como precios de materias primas, tasas de interés y actividad de economías emergentes y avanzadas. Todas estas series se introducen al modelo en forma de brechas respecto a sus niveles o tasas de variación de tendencia<sup>67/</sup>.

Con el objeto de obtener proyecciones consistentes entre los distintos modelos de mediano plazo del BCCh, los parámetros asociados a variables exógenas compartidas con el modelo XMAS se calibran acorde a los valores estimados para este último modelo. Esto permite una interpretación común sobre lo que significa, por ejemplo, un *shock* a las tasas de interés externas. El resto de los parámetros del modelo se estiman de manera conjunta, utilizando técnicas bayesianas.

### 3.3.2 XMAS: Modelo extendido para análisis y simulación

El XMAS es un modelo estructural que extiende el modelo MAS, desarrollado por Medina y Soto (2007), y utilizado anteriormente para el análisis y las proyecciones del BCCh. Esta Sección ofrece una visión general de la estructura y mecanismos de transmisión del modelo. Una descripción más detallada puede encontrarse, para su versión base, en García *et al.* (2019). En García y Guerra-Salas (2020), por su parte, se describe una extensión al modelo que permite cambios exógenos en el nivel de la fuerza laboral, desarrollada para analizar los efectos macroeconómicos de la migración y sus implicancias para la conducción de la política monetaria.

A diferencia de otros modelos empíricos de naturaleza puramente econométrica, los modelos estructurales como el XMAS se basan en el modelamiento explícito del comportamiento de distintos agentes en la economía, apoyándose en los fundamentos de la teoría económica respecto a las decisiones de hogares y empresas. Esto permite no solo generar una senda probable para el futuro de la economía, sino que además dar una interpretación más completa sobre las fuerzas que están detrás de las proyecciones. Adicionalmente, esta clase de modelos permite generar escenarios de política alternativos, en los que hogares y firmas ajustan su comportamiento de acuerdo al cambio de política. En este sentido, como se discute con mayor detalle en el Recuadro 1.1, estos modelos presentan alta robustez a la llamada crítica de Lucas.

<sup>66/</sup> El MSEP se estima a partir de los datos de PIB, crecimiento potencial, inflación total, subyacente, subyacente sin volátiles (transable y no transable), de alimentos y de energía, otros precios, tasa de política monetaria, tipo de cambio real, términos de intercambio, brecha de producto de socios comerciales avanzados y emergentes, EMBI Chile, tasa externa, precio del petróleo, precio del cobre, inflación externa, y tasa de desempleo. Para el cálculo de inflación subyacente se utiliza la metodología descrita en Carlomagno y Sansone (2019).

<sup>67/</sup> Las tendencias se obtienen, ya sea de modelos externos (p. ej., la tasa neutral y el PIB potencial, como se describe en la Sección 3.4); de valores de política (p. ej., la meta de inflación); filtros estadísticos simples (p. ej., los precios de materias primas); o aproximadas a partir de medias muestrales (p. ej., el TCR).



El modelo incorpora un fuerte componente empírico, donde sus parámetros se estiman para poder ajustarse de la manera más precisa posible al comportamiento efectivo de la economía en los últimos años. Esto permite entregar una visión cuantitativa del funcionamiento de la economía chilena, tanto para la generación de proyecciones, como para otros tipos de análisis, como se ejemplifica en el recuadro 3.3.

## Características generales

El XMAS es un modelo neo-keynesiano de equilibrio general, dinámico y estocástico (DSGE por sus siglas en inglés). Al ser un modelo de equilibrio general, en todos los mercados se deben satisfacer simultáneamente las condiciones de oferta y demanda, con precios que reflejen el equilibrio entre ambas. Al ser un modelo dinámico, se consideran equilibrios no solo para el período actual, sino que también se definen sendas futuras esperadas para todas las variables. Finalmente, al ser un modelo estocástico, se asume que las fuerzas que generan fluctuaciones de la economía alrededor de su equilibrio de largo plazo están determinadas por procesos aleatorios exógenos. La denominación de neo-keynesiano se aplica a modelos como el XMAS que combinan en su estructura características de las teorías económicas neoclásica y keynesiana, donde a los supuestos de agentes racionales optimizadores se incorporan consideraciones de competencia imperfecta entre las empresas y rigideces nominales en precios y salarios. Son estas rigideces las que permiten que *shocks* a la TPM tengan efectos sobre variables reales como el producto. Si en el corto plazo los precios no se pueden ajustar, el equilibrio entre oferta y demanda se logrará con un ajuste en las cantidades.

Adicionalmente, el XMAS es un modelo de economía pequeña y abierta. Esta característica se basa en que Chile es una economía abierta al mundo, pero de un tamaño pequeño en el contexto global. Por esto, se impone que los desarrollos de la economía local no afecten a las variables internacionales, mientras se permite una influencia significativa de *shocks* económicos globales en la economía doméstica.

En su formulación actual, la estructura del XMAS es comparable a la de los principales modelos usados en otros bancos centrales con metas de inflación. El modelo considera adicionalmente algunas características idiosincráticas, como por ejemplo un mayor desarrollo del sector minero y un tratamiento del gasto fiscal consistente con la regla de balance estructural del gobierno. Posee, por cierto, limitaciones relevantes, entre las que destacan un rol limitado para las fricciones financieras, una dependencia de supuestos de expectativas racionales y una limitada heterogeneidad entre agentes, entre otras. Sin embargo, estas limitaciones son consideradas, a grueso modo, en modelos complementarios como los que se detallan en la Sección 4 del presente libro, o en proyectos futuros de la agenda de modelación, descritos en la Sección 5.

## Agentes económicos

Se modela una economía local y un sector externo. La economía local interactúa con el resto del mundo en dos dimensiones: en el sector real mediante la importación y exportación de bienes y servicios, y en el sector financiero con el intercambio de activos de esta índole.

En la economía doméstica participan como agentes los hogares, las firmas, el gobierno y un banco central.

En cuanto a los hogares, una fracción de estos están restringidos financieramente. Estos consumen bienes y servicios producidos por las firmas y los entregados por el gobierno, proveen trabajo, pagan impuestos y reciben transferencias del gobierno. La fracción de los hogares que no está financieramente restringida puede, además de lo anterior, suavizar su trayectoria de consumo a través del ahorro y el endeudamiento, en moneda local y extranjera. Asimismo, este tipo de hogares invierte en bienes de capital y recibe dividendos y otras rentas de las firmas de las cuales son dueños (tanto en Chile como en el exterior).

Un segundo tipo de agente económico son las firmas o empresas. Estas están a cargo de la producción, y las hay de varios tipos. En la estructura productiva del sector no minero se utiliza capital y trabajo como insumos, y se fijan precios sujetos a rigideces nominales. Un segundo tipo de empresas vende bienes importados en el mercado doméstico y también se encuentran sujetas a rigideces nominales. El supuesto de precios rígidos en moneda local permite un traspaso incompleto del tipo de cambio, ajustándose a la evidencia empírica. Las utilidades generadas por las firmas no mineras se entregan en forma de dividendos a sus dueños, que son los hogares no restringidos financieramente. El sector minero, por su parte, se modela como una empresa exportadora representativa, intensiva en capital, cuya propiedad se reparte entre el gobierno y agentes extranjeros.

El gobierno, por su parte, sigue una regla de balance estructural según la cual el gasto público en cada período se determina por los ingresos estructurales o de largo plazo. Los gastos se reparten entre consumo de gobierno, inversión en bienes públicos y transferencias a los hogares. El financiamiento de estos gastos proviene del cobro de impuestos, de los ingresos derivados de la propiedad en el sector minero y de la emisión de deuda. Adicionalmente, el gobierno realiza una combinación variable de subsidios e impuestos a los combustibles con el objeto de mantener la volatilidad de su precio acotada, hecho que es consistente con el MEPCO vigente en Chile.

El banco central conduce la política monetaria a partir de una regla de política de tipo Taylor. Según esta regla, la tasa de interés responde ante desviaciones de la inflación respecto a la meta de 3% y del crecimiento del producto respecto del crecimiento de largo plazo. Al evaluar las presiones inflacionarias, el banco central responde a un promedio ponderado de inflación presente y esperada, tanto subyacente como total<sup>68/</sup>. Adicionalmente, se permite la posibilidad de que la tasa efectiva se desvíe transitoriamente de lo prescrito por la regla. En la especificación de la regla, coherente con los resultados obtenidos por Arias y García (2018), se permite que la autocorrelación de estas desviaciones difiera de cero<sup>69/</sup>.

En el sector externo, se modelan como exógenos los precios de las materias primas (cobre y petróleo) y de los bienes importados (excluyendo al petróleo); el crecimiento y la inflación de los socios comerciales; y una tasa externa libre de riesgo. El tipo de cambio se determina a través de una relación de arbitraje entre tasas de interés en moneda local y extranjera, mientras que la deuda externa neta, como proporción del PIB, determina el riesgo país.

<sup>68/</sup> La inflación subyacente se refiere al cambio en el precio de los bienes de consumo regular, no considerando los bienes de consumo agrícola ni los bienes derivados de importaciones de petróleo. En los datos, esta variable se asocia a la inflación SAE (sin alimentos ni energía).

<sup>69/</sup> Los autores analizan, para el caso chileno, más de 200 reglas simples de política monetaria, considerando variaciones en el conjunto de variables a las que reacciona la tasa de interés, sus rezagos, y en la especificación del *shock* de política. Encuentran que incluir autocorrelación en los *shocks* de política permite mejorar sistemáticamente el ajuste del modelo a los datos históricos.



## Estructura productiva

La estructura productiva del modelo, que se resume en la Tabla 3.6, impone un crecimiento balanceado entre los distintos sectores de la economía. En el largo plazo, se asume que la participación de los distintos sectores en el PIB se mantiene constante, lo que implica imponer restricciones acerca de la productividad en cada uno de los sectores económicos (por ejemplo, el minero y el no minero). A su vez, el crecimiento de la productividad debe asumirse, en el largo plazo, igual en todos los sectores productivos. Se pueden distinguir cinco capas en un proceso productivo de carácter circular: la primera, la producción de capital físico usando como insumo bienes de inversión; en segundo término, la producción de bienes homogéneos utilizando capital, trabajo y petróleo como insumos; tercero, la producción de bienes diferenciados en base a bienes homogéneos; cuarto, bienes compuestos generados a partir de la combinación de distintas variedades de bienes diferenciados; finalmente, los bienes compuestos de origen doméstico y externo se combinan para producir bienes para consumo e inversión.

Tabla 3.6

### Estructura productiva en modelo XMAS

	Insumo	Producto
Bienes de capital:	Bien de inversión privado minero	→ Capital minero
	Bien de inversión privado no minero	→ Capital no minero
	Bien de inversión de gobierno	→ Capital público
Bienes homogéneos:	Trabajo, capital público y privado no minero, petróleo	→ Bien homogéneo doméstico
	Capital minero	→ Bien minero exportable
Bienes diferenciados:	Bien homogéneo doméstico	→ Bienes diferenciados de origen doméstico → Bienes diferenciados para exportación
	Importaciones no petróleo	→ Bienes diferenciados de origen externo
Bienes compuestos:	Bienes diferenciados de origen doméstico	→ Bien compuesto de origen doméstico
	Bienes diferenciados para exportación	→ Bien compuesto exportable
	Bienes diferenciados de origen externo	→ Bien compuesto de origen externo
Bienes y servicios finales:	Bienes compuestos de origen doméstico y externo	→ Bien de consumo regular → Bien de consumo agrícola → Bien de consumo de gobierno → Bien de inversión privado minero → Bien de inversión privado no minero → Bien de inversión de gobierno
	Bien de consumo subyacente, agrícola y petróleo	→ Canasta final de consumo

Fuente: García *et al.* (2019).

Se modelan tres tipos de capital: minero, privado no minero, y público. Estos se generan en base a bienes de inversión específicos a cada tipo. El nivel de la inversión privada no minera lo deciden óptimamente los hogares no restringidos financieramente. Estos toman en consideración el costo directo y alternativo de la inversión (el costo de los bienes de inversión, la tasa de interés y la utilidad marginal del gasto en consumo) y los beneficios esperados (precio esperado a futuro del arriendo del capital). La inversión minera óptima la decide el administrador de la empresa minera representativa. Los principales determinantes considerados en dicha decisión son los costos de los bienes de inversión minera, las tasas de interés presentes y esperadas, y los beneficios esperados de la inversión. Estos últimos están en gran medida determinados por el precio esperado del bien minero en los mercados internacionales. Finalmente, la inversión en bienes públicos fluctúa estocásticamente en torno a un nivel consistente con una regla de balance estructural para el gasto de gobierno.

Para evitar que el modelo genere fluctuaciones excesivas y poco realistas en las decisiones de inversión no minera, en la función de producción de dicho capital se asume costoso ajustar el nivel de inversión con respecto al período inmediatamente anterior. Para la producción de capital minero, adicionalmente se modela una dependencia del sector en proyectos de largo plazo, asumiéndose que los proyectos de inversión demoran un tiempo significativo en transformarse en capital productivo.

Una segunda capa en la estructura productiva la componen los bienes homogéneos, cuya producción está a cargo de empresas representativas que requieren bienes de capital como insumo. La empresa productora del bien homogéneo doméstico utiliza como insumos el trabajo provisto por los hogares, además de capital público, capital privado no minero y petróleo importado. La producción del bien minero exportable, por su parte, incorpora como insumos al capital minero además de un factor fijo. En ambos sectores la función de producción está sujeta a *shocks* estocásticos de productividad que permiten que, aun con el mismo set de insumos, la producción en distintos períodos pueda diferir.

Los bienes diferenciados son producidos por conjuntos de empresas que, al diferenciar sus productos con los de la competencia, adquieren poder de mercado y pueden vender a precios superiores al costo marginal de producción. Estas empresas utilizan como insumo bienes homogéneos y son capaces de transformarlos uno a uno en bienes diferenciados. El bien homogéneo doméstico es utilizado en la producción de bienes diferenciados para uso doméstico y para exportación. Importaciones de bienes homogéneos son utilizadas para producir bienes diferenciados de origen externo.

Los bienes compuestos, por su parte, se producen combinando distintas variedades de bienes diferenciados. Una empresa representativa decide la intensidad de uso de cada variedad con el objetivo de minimizar costos y considerando tanto los precios relativos como el grado de sustituibilidad de cada uno de los insumos. Se modela la producción de bienes compuestos para uso doméstico —de origen local y externo— y para exportación.

De manera análoga, empresas representativas combinan bienes compuestos de origen doméstico y externo para generar bienes de consumo —regular, agrícola y de gobierno— y de inversión —minero, no minero y de gobierno. En la modelación del sector agrícola se introduce un *shock* adicional de productividad con el objeto de incorporar la mayor volatilidad del sector debido a fenómenos climáticos y de otra índole que afectan periódicamente el rendimiento de las cosechas. Finalmente, los bienes de consumo regular y agrícola se combinan con importaciones de petróleo para generar un bien representativo de la canasta de consumo de los hogares.



## Mercado laboral

El mercado laboral se modela con fricciones de búsqueda y emparejamiento del tipo Mortensen y Pissarides (1994). En este tipo de especificaciones del mercado laboral, las firmas publican vacantes para contratar trabajadores y los desempleados buscan empleo<sup>79/</sup>, lo que permite introducir al modelo una tasa de desempleo y otras variables relevantes del mercado laboral. Adicionalmente, se permite que los emparejamientos se rompan de forma tanto endógena, en respuesta a *shocks* económicos, como de forma exógena. Los trabajadores restringidos y no restringidos financieramente poseen la misma productividad. Por simplicidad se asume que un agente negocia en nombre de los trabajadores un contrato único en base a la productividad y costo alternativo promedio de los trabajadores empleados. En este contexto, todos los trabajadores reciben el mismo salario y trabajan el mismo número de horas.

La evolución del empleo, por su parte, depende del número de empleados que pierde su trabajo y de los nuevos emparejamientos. Estos últimos son función del número de desempleados y de las vacantes que las empresas deciden abrir. A mayor cantidad de trabajadores buscando empleo y a mayor cantidad de plazas disponibles, mayor será la creación de nuevos empleos.

## Determinación de precios: bienes, salarios y tipo de cambio

Como en todo modelo económico, en el XMAS la asignación de recursos es determinada fundamentalmente por los precios relativos de los distintos bienes, factores y activos.

En los sectores dedicados a la venta de bienes diferenciados, se asume que las firmas operan en un ambiente de competencia monopolística, lo que les permite fijar precios por encima de sus costos marginales. Como en gran parte de los modelos neo-keynesianos, para la fijación de precios se asumen rigideces nominales del tipo Calvo (1983), en donde las firmas no pueden actualizar de manera continua sus precios en respuesta a cambios en la demanda. Esto permite que estímulos monetarios generen efectos reales en actividad. Mientras mayor sea la fracción de firmas que es incapaz de re-optimizar sus precios en cada período, mayor será la rigidez de precios y mayores los efectos en actividad de fluctuaciones en la demanda. Adicionalmente, se permite que las firmas que no pueden re-optimizar actualicen pasivamente sus precios en respuesta a la inflación pasada. A través de este proceso de indexación se genera un efecto adicional en las propiedades dinámicas de la inflación.

Un precio de gran relevancia en una economía abierta al mundo es el tipo de cambio. En el modelo, su determinación se basa en el supuesto de paridad descubierta de tasas. En concreto, esto supone que los agentes debiesen estar a priori indiferentes entre tener deuda denominada en moneda local o extranjera. En equilibrio, esto implica que la depreciación esperada del tipo de cambio será aquella que iguale los rendimientos de instrumentos de deuda en pesos y en dólares, medidos en una misma moneda. Los rendimientos de los bonos en pesos se asumen dependientes de lo que decida el banco central al fijar la tasa de política monetaria, la que reacciona a los desarrollos de la inflación y el crecimiento de la actividad. Por otro lado, la tasa de interés de la deuda denominada

<sup>79/</sup> Se asume que todos quienes no se encuentran trabajando buscan activamente empleo, no habiendo movimientos endógenos dentro y fuera de la fuerza laboral.

en moneda extranjera tiene un componente exógeno que no responde a lo que ocurra en la economía doméstica, y un componente que depende del riesgo país, resumido en el modelo por la deuda neta nacional como fracción del PIB.

En cuanto al mercado laboral, trabajadores y empresas negocian los contratos de modo que el excedente que genera la relación laboral se divide entre ellos según su poder relativo de negociación. Este contrato especifica las horas y el salario a pagar. Similar a Hall (2005), y con el objeto de obtener dinámicas de salario y empleo similares a las observadas en los datos, se impone un proceso de suavizamiento a la evolución de los salarios.

El resto de la estructura productiva se da en un ambiente competitivo donde el precio final se define simplemente como aquel que iguala el costo marginal de producción. Este es el caso de los bienes homogéneos, compuestos y finales. Otros precios, en particular los relacionados con la economía global, se definen exógenamente sin responder a las condiciones de oferta y demanda de la economía local.

## Shocks y mecanismos de transmisión

Las dinámicas en los modelos del tipo DSGE son causadas por *shocks* que generan desviaciones respecto a las reglas de funcionamiento normales de los agentes y los procesos tecnológicos. Por ejemplo, un *shock* a las preferencias intertemporales de los hogares hace que transitoriamente se valore en mayor medida el consumo presente relativo al consumo futuro; un *shock* de gasto fiscal hace que el gobierno gaste transitoriamente más que lo prescrito por la regla de balance estructural; un *shock* a la productividad hace que transitoriamente la economía sea capaz de producir más utilizando los mismos insumos. Así, el XMAS posee 24 *shocks* que permiten aproximar la dinámica de las principales variables económicas<sup>71</sup>.

*Shocks* de mayor demanda por bienes tenderán a generar mayor presión a la producción, aumentando los costos y los precios, y estimulando la demanda por factores como el capital y el empleo. *Shocks* de mayor oferta, por su parte, disminuyen los costos marginales, presionando a la baja los precios y aumentando la producción.

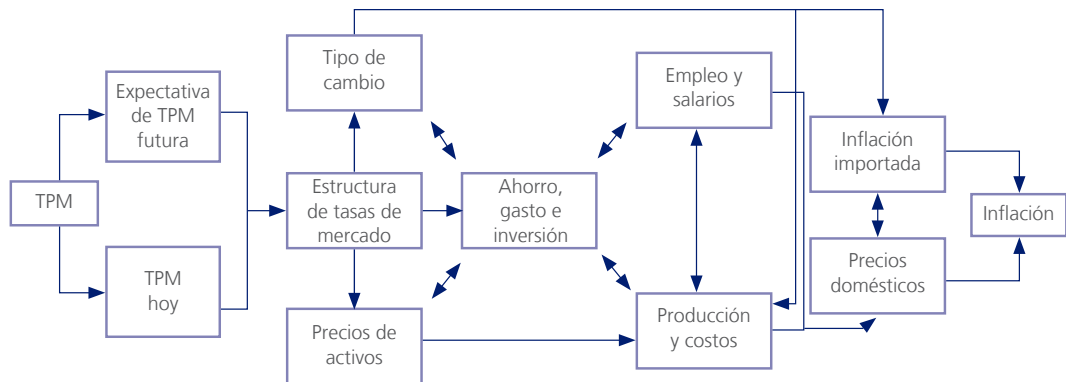
De esta forma, los distintos *shocks* que definen las dinámicas del modelo pueden clasificarse como de demanda u oferta dependiendo de los tipos de canales de transmisión principales a través de los cuales afectan a la economía. Así, por ejemplo, los *shocks* de preferencias y gasto fiscal se califican como *shocks* de demanda y el de productividad como *shock* de oferta. Los primeros estimularán la demanda por bienes y tenderán a generar mayor actividad e inflación. Los segundos reducen los costos de producción, generando un mayor producto a la par de una inflación más baja.

<sup>71</sup>/ El XMAS incorpora *shocks* a las preferencias intertemporales de los hogares, a la productividad marginal de la inversión minera y no minera, a la productividad transitoria en los sectores mineros, no mineros, agrícola y externo, a la productividad global (permanente), al riesgo país, a la ecuación de paridad de tasas, al gasto fiscal en consumo, inversión y transferencias, a la desutilidad del trabajo, a la destrucción exógena de puestos de trabajo, al precio doméstico de los combustibles, a la tasa de interés doméstica y externa, al factor global de precios, a los precios del petróleo, cobre y bienes importados, a la inflación externa, y al tamaño de la fuerza laboral.

Los mecanismos de transmisión de la política monetaria —la respuesta de los distintos agentes a *shocks* a la tasa de interés— se describen de manera esquemática en la Figura 3.6 y se manifiestan principalmente a través de canales de demanda. En primera instancia, al alterar la trayectoria de la TPM, el banco central afecta las tasas de interés contemporáneas y esperadas de los instrumentos de deuda denominados en pesos. En un entorno de integración financiera con los mercados internacionales, el tipo de cambio responde a las diferencias entre las tasas de interés en pesos y otras monedas, de modo que las expectativas de apreciación o depreciación cambiaria compensen estas diferencias de tasas de interés. De esta forma, al afectar las tasas de interés denominadas en pesos, el banco central afecta el valor contemporáneo y las expectativas futuras del tipo de cambio. Alzas de la TPM tienden a apreciar el tipo de cambio. Bajas de tasas generan una depreciación. El efecto cambiario afecta a la inflación tanto de manera directa, a través del precio de los bienes importados, como de manera indirecta, al modificar los precios relativos y, con ello, las decisiones de consumo e inversión.

Figura 3.6

### Canales de transmisión de la política monetaria en el XMAS



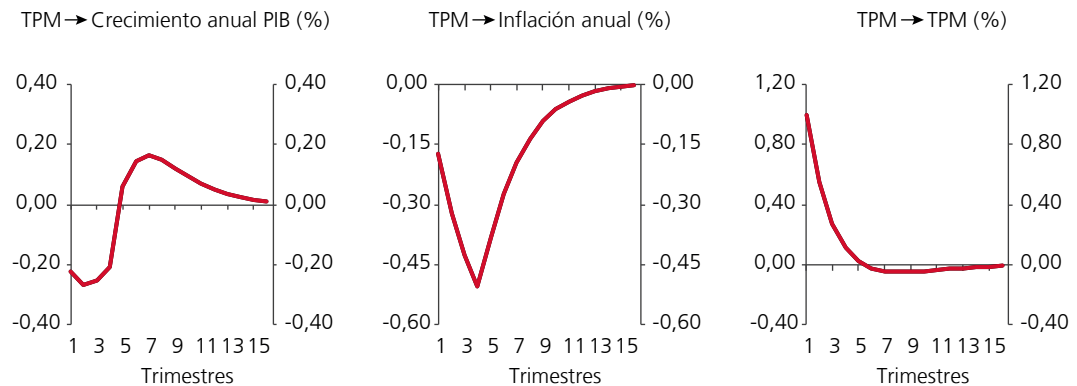
Fuente: En base a García *et al.* (2019).

Adicionalmente, las tasas de interés afectan las decisiones de ahorro, gasto e inversión. Tasas de interés más altas hacen más atractivo para los hogares no restringidos financieramente posponer decisiones de gasto, y más difícil encontrar proyectos con valor presente neto positivo, reduciendo con ello el gasto en proyectos de inversión. De manera análoga, tasas más bajas incentivan un mayor consumo e inversión.

El efecto que los distintos canales tienen en las condiciones financieras y en las decisiones de gasto, producción y empleo de los agentes económicos impacta directamente a la estructura de costos y a la determinación de márgenes de las firmas, y con ello la fijación de precios. Para el sector exportador, sus costos medidos en moneda extranjera se alteran, además, debido al efecto en el tipo de cambio, afectando la competitividad del sector y el crecimiento de las exportaciones. Un alza de tasas deprime la demanda, reduciendo los costos marginales y la inflación. Una caída de TPM estimula la producción, los costos, y la inflación. La Figura 3.7 muestra la predicción que hace el XMAS sobre los efectos dinámicos de equilibrio general de un alza sorpresiva de la tasa de interés en un 1%, considerando todos los canales antes descritos. El efecto máximo en inflación se alcanza en cuatro trimestres, mientras que, para el PIB, este se da entre dos y tres trimestres luego del cambio en la TPM.

Figura 3.7

### Efectos en actividad y precios de un alza sorpresiva de la tasa de interés en el modelo XMAS (1)



(1) Se simula un *shock* monetario de un período, sin persistencia, y cuyo tamaño se calibra para generar un aumento de 1% en impacto en la TPM.

Fuente: En base a García *et al.* (2019).

## Estimación y datos

Los parámetros que gobiernan la intensidad con la cual los distintos *shocks* se propagan dentro de la economía se estiman usando técnicas bayesianas (Herbst y Schorfheide, 2015) a partir de datos trimestrales de 24 series para la economía chilena y del resto del mundo en el período entre 2001 y 2017. El punto inicial de la muestra coincide con el momento en que el BCCh adoptó oficialmente el esquema de metas de inflación.

Las 24 series elegidas<sup>72/</sup> consideran, entre otros, indicadores locales de actividad, comercio exterior, precios, salarios, empleo, composición de la fuerza laboral, gasto de gobierno, tasas de interés y

<sup>72/</sup> El XMAS se estima a partir de datos sobre PIB minero, no minero y de socios comerciales, consumo privado y de gobierno, formación bruta de capital fijo agregada, minera y pública, transferencias de gobierno, empleo, horas promedio por empleado, salarios nominales, inflación de alimentos, de energía y resto, inflación externa, precios del cobre y petróleo y bienes importados, TPM, tasa *Libor*, tipo de cambio real, riesgo país (EMBIG) y la balanza comercial como porcentaje del PIB.



tipos de cambio. Adicionalmente se incluyen indicadores de la economía global tales como precios de materias primas, tasas de interés y actividad de socios comerciales.

De esta forma, el modelo se construye y estima de modo que posibilite replicar con precisión las distintas interrelaciones históricas entre las variables consideradas, para así poder inferir el comportamiento futuro más probable de la economía.

### **Recuadro 3.3: Uso de modelo XMAS para el análisis de la propagación de *shocks* a componentes volátiles de la inflación y el rol de las expectativas**

En el IPoM de diciembre de 2017, en el Recuadro IV.1, se utilizó el modelo XMAS para analizar las implicancias para la política monetaria de una inflación persistentemente alta, pero concentrada en los componentes volátiles de la inflación. En aquella oportunidad se analizó el efecto de distintos tipos de *shocks*, tanto en términos inflacionarios como de prescripción de política. Se analizaron también las implicancias de un eventual desanclaje de expectativas<sup>73/</sup> en las dinámicas inflacionarias y de tasas de interés.

Dado que el objetivo operacional del BCCh está definido en términos de la inflación proyectada a dos años plazo<sup>74/</sup>, la respuesta de política monetaria apropiada ante cambios en la inflación contemporánea dependerá crucialmente de las causas específicas del cambio en los precios. De esta forma, *shocks* de baja persistencia y/o propagación al resto de la economía generarán una prescripción de política monetaria menos intensa, aun teniendo efectos inflacionarios de corto plazo similares. Sin embargo, en el caso de que una secuencia de *shocks* a los componentes volátiles genere un desanclaje de las expectativas de inflación a mediano plazo, la respuesta de política monetaria debiese ser distinta para evitar que el cambio de expectativas se valide posteriormente.

El modelo permite distinguir las potenciales consecuencias de caídas en precios dependiendo de su causa. Los efectos serán distintos si el origen de la caída en inflación viene de *shocks* a los precios de los alimentos, a los precios de la energía o a otros tipos de factores exógenos.

Las simulaciones del modelo muestran que los *shocks* a los precios de los alimentos explican una parte importante de las fluctuaciones de la inflación en el corto plazo —la efectiva y la pronosticada para horizontes menores a un año—, pero su impacto en la inflación de mediano plazo resulta menor. Los *shocks* al precio de los combustibles, por su parte, tienen efectos algo mayores a mediano plazo, aunque significativamente menores a los del resto de los *shocks* que enfrenta la economía, cuya importancia relativa es creciente en el tiempo. Un resumen de estos resultados se presenta en la Tabla 3.7.

<sup>73/</sup> Un desanclaje de expectativas se produce cuando los agentes de la economía esperan una inflación distinta a la meta de inflación del BCCh.

<sup>74/</sup> Los objetivos e instrumentos del BCCh se detallan en el documento “La Política Monetaria del Banco Central de Chile en el Marco de Metas de Inflación” (2020).

Tabla 3.7

**Descomposición de varianza de la inflación efectiva y pronosticada (1) (2)**

	Alimentos	Energía	Otros
Variación trimestral	12,2	14,6	73,2
Variación anual	6,0	15,6	78,4
Var. anual a 3 meses	5,1	15,8	79,2
Var. anual a 6 meses	4,0	15,8	80,2
Var. anual a 1 año	0,3	15,1	84,6
Var. anual a 2 años	0,7	10,0	89,3

(1) Cada entrada es la proporción de la varianza de la inflación trimestral o anual del IPC efectivo (segunda y tercera fila) y la inflación anual pronosticada al horizonte respectivo (cuarta a última fila), explicados por los distintos *shocks* (columnas). Simulaciones realizadas para IPoM de diciembre de 2017.

(2) La columna "alimentos" muestra la proporción de la varianza atribuible a *shocks* a la productividad del sector agrícola, la columna "energía" incluye los efectos de *shocks* al precio de los combustibles, mientras que la columna "otros" considera los efectos del resto de los *shocks* del modelo.

Fuente: García *et al.* (2017).

Estos resultados sugieren que, tal como se mencionó previamente, ante *shocks* a los precios de alimentos o energía, de relativamente baja persistencia y propagación, la respuesta de política monetaria debiese ser acotada. Sin embargo, si dichos *shocks* generan un desanclaje en las expectativas, la respuesta apropiada de la política monetaria podría ser mayor. Para incorporar la posibilidad de desanclaje de expectativas se extiende el XMAS de manera similar a Erceg y Levin (2003). Esto permite simular los efectos del desanclaje, donde los hogares y firmas del modelo asumen que el banco central ha modificado su meta inflacionaria y esperan que actúe acorde (aún si esto no ha ocurrido dentro del mismo modelo).

Esta extensión permite simular un escenario en que concurrente a una caída en el precio de los alimentos, caen las expectativas sobre la meta de inflación del BCCh. A medida que los agentes observan que el Banco se comporta de manera consistente con un objetivo inflacionario que no ha cambiado, van lentamente corrigiendo sus expectativas a sus valores originales. En la transición, sin embargo, los efectos del desanclaje son importantes. Para combatir las presiones deflacionarias y evitar validar las expectativas de un objetivo inflacionario reducido, el banco central debe reducir tasas a un ritmo mayor, aún enfrentado a un *shock* de reducida persistencia y propagación económica.

Este ejercicio ilustra la utilidad de modelos estructurales como el XMAS más allá de la generación de un escenario central de proyección. Dada su capacidad de simular escenarios alternativos, el uso de estos modelos permite proponer políticas apropiadas en caso de que escenarios de riesgo se materialicen.





### Recuadro 3.4: Diferencias entre modelos y la importancia del juicio

En las Figuras 3.5 y 3.7 se observa que los efectos de *shocks* a la TPM en el PIB son de magnitud similar en el MSEP y el XMAS, respectivamente. A pesar de lo anterior, hay una diferencia significativa en los efectos inflacionarios. Estas diferencias resaltan la importancia del entendimiento de las fortalezas y debilidades de los diferentes modelos para la evaluación del estado de la economía y para una correcta calibración de la política monetaria. Si bien ambos modelos se basan en la teoría neo-keynesiana, como se desprende de lo descrito en las Secciones 3.3.1 y 3.3.2, su estructura tiene diferencias importantes en cuanto a los canales de transmisión presentes, como se observa al comparar las Figuras 3.4 y 3.6, y a la fuerza con la que se imponen las restricciones teóricas.

En modelos de equilibrio general como el XMAS y el MSEP, las diferencias en las respuestas a *shocks* monetarios se deben a la interacción de todos y cada uno de los diferentes aspectos de ambos modelos, por lo que resulta difícil aislar un determinante único. Sin embargo, una diferencia importante entre los modelos MSEP y XMAS tiene que ver con el canal de expectativas de inflación. La importancia de esta diferencia se puede ilustrar precisamente a través del efecto en inflación que tiene en ambos modelos la política monetaria, recordando que, en la derivación de la versión canónica de los modelos neo-keynesianos, la política monetaria afecta a la inflación principalmente a través de su impacto en la demanda agregada y los costos de las firmas<sup>75</sup>. La curva de Phillips, que relaciona estas variables, se representa usualmente de la siguiente manera:

$$\pi_t = b_1 E_t(\pi_{t+1}) + \phi_t$$

donde  $\pi_t$  denota la inflación contemporánea, mientras que  $E_t(\pi_{t+1})$  denota las expectativas de inflación para el período siguiente. El parámetro  $b_1$ , que acompaña a las expectativas, corresponde al factor de descuento de los hogares, íntimamente ligado al inverso de las tasas de interés de equilibrio, y que en modelos de frecuencia trimestral considera valores en torno a 0,99. El efecto directo de los costos marginales contemporáneos en la inflación se resume en  $\phi_t$ . Haciendo reemplazos recursivos de las expectativas de inflación, podemos reescribir la curva de Phillips como:

$$\pi_t = \phi_t + \sum b_1^i E_t(\phi_{t+i})$$

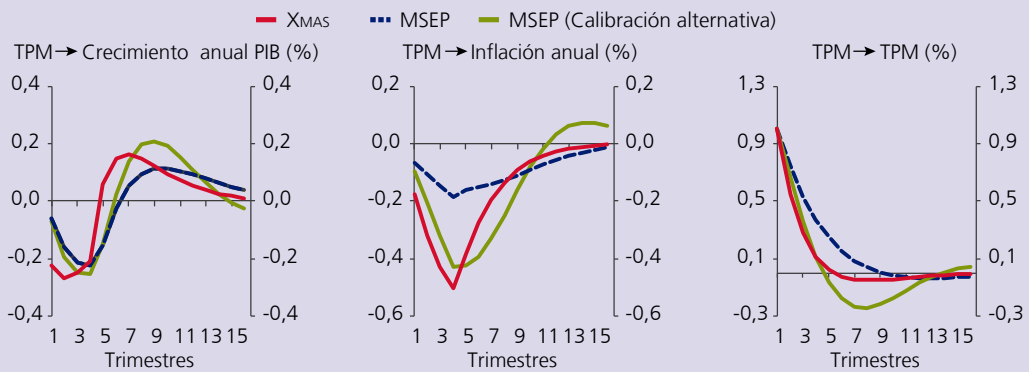
En esta representación alternativa puede verse que, en modelos neo-keynesianos, la inflación contemporánea es igual a las expectativas de costos futuros. También es evidente que el factor de descuento  $b_1$  controla directamente el peso que se da a las expectativas de costos. Mientras menor sea este parámetro, las firmas darán menor importancia (mayor descuento) a las expectativas de costos en el proceso de toma de decisiones. Si la política monetaria tiene efectos persistentes en la actividad económica y los costos que enfrentan las firmas, valores bajos para  $b_1$  reducirán el efecto de *shocks* monetarios en la inflación.

<sup>75</sup>/ Si bien el foco de este análisis es el canal de demanda de la política monetaria, como se describe en las Secciones 3.3.1 y 3.3.2, en modelos de mayor complejidad existen canales de transmisión adicionales que pueden contribuir a explicar la discrepancia entre los efectos en inflación de *shocks* monetarios.

En el modelo estructural XMAS, el parámetro que acompaña a las expectativas, que se asumen racionales, está determinado por la restricción teórica de que debe ser igual a la tasa de descuento de los hogares, que en última instancia son dueños de las firmas. Como se explicó anteriormente, los modelos semiestructurales como el MSEP, si bien se basan en la misma teoría que modelos DSGE como el XMAS, permiten la relajación de ciertos supuestos con el objetivo de mejorar su ajuste a los datos. En particular, en el MSEP se modifica la especificación canónica de la curva de Phillips para permitir la inclusión explícita de valores rezagados de la inflación. Adicionalmente, el parámetro que acompaña a la inflación esperada, en lugar de restringirse a valores coherentes con el factor de descuento, se estima usando técnicas estadísticas, obteniéndose un valor de 0,16 para el sector no transable<sup>76/77</sup>. Coibion, Gorodnichenko y Kamdar (2018) argumentan que el parámetro  $b_1$  puede tener valores menores a  $\beta$ , la tasa de descuento de los hogares, debido a la existencia de mecanismos de formación de expectativas distintos a las expectativas racionales con información completa, como lo supone el XMAS. En particular, se analizan los casos de firmas optimizadoras con información incompleta y regla simple (Galí y Gertler, 1999), rigideces informacionales (Mankiw y Reis, 2002), aprendizaje adaptativo (Milani, 2007) e inatención racional (Afrouzi y Yang, 2019).

Figura 3.8

### Rol del coeficiente de expectativas de la curva de Phillips de modelo MSEP (1) (2)



(1) Para cada modelo, se simula un *shock* monetario de un período, sin persistencia, y cuyo tamaño se calibra para generar un aumento de 1% en impacto en la TPM.

(2) En la calibración alternativa del modelo MSEP se aumenta el parámetro asociado a las expectativas de inflación de manera que la suma de dicho parámetro con el asociado al rezago de la misma suma 0,99. El resto de los parámetros del modelo se mantienen constante en sus valores originales.

Fuentes: En base a Arroyo *et al.* (2020) y García *et al.* (2019).

<sup>76/</sup> Debe tenerse en cuenta que una baja estimación para los coeficientes asociados a las expectativas puede reflejar una genuina ausencia de expectativas futuras en la fijación de precios, una baja correlación entre los movimientos contemporáneos de los precios y las expectativas internas del modelo, o una combinación de ambos efectos.

<sup>77/</sup> Como se describe en la Sección 3.3.1, en el MSEP se modela por separado la inflación subyacente, de alimentos, de energía y de otros componentes volátiles, donde la primera diferencia entre sector transable, no transable. De estas ecuaciones, sólo la del sector no transable considera una curva de Phillips con expectativas futuras.



Con el objetivo de ilustrar el importante rol que juega el componente de expectativas en el efecto de *shocks* monetarios en la inflación, la Figura 3.8 presenta los resultados de un ejercicio en donde se aumenta el coeficiente asociado a las expectativas en la curva de Phillips del modelo MSEP y se compara con lo obtenido en la calibración base y en el modelo XMAS. En particular, puede verse cómo valores de  $b_1$  menores que el asociado a la tasa de descuento son capaces de generar efectos de movimientos de TPM similares sobre la actividad, pero distintos sobre la inflación.

Este tipo de análisis, adecuadamente incorporado en el juicio del *staff* económico, valida la búsqueda de robustez mediante una estrategia de múltiples fuentes de información, manteniendo un balance entre modelos semi-estructurales y estructurales, donde los primeros son motivados por la teoría pero flexibles en su parametrización, con supuestos no necesariamente consistentes entre ecuaciones con el objetivo de ajustarse de la mejor manera a las relaciones históricas de las variables dentro de la muestra; mientras que los segundos son más coherentes teóricamente y más robustos a la crítica de Lucas, aunque tienen mayores restricciones entre ecuaciones. En este sentido, en el análisis realizado en el BCCh, los resultados de cada modelo se analizan a la luz de sus características propias, considerando sus fortalezas y debilidades, y la visión final sobre el estado de la economía sopesa juiciosamente los resultados de cada uno de ellos.

## Efectos de la migración

La estructura del XMAS puede extenderse para analizar *shocks* diferentes a los discutidos anteriormente, pero que son relevantes para el análisis del BCCh. Por ejemplo, en García y Guerra-Salas (2020) se describe una extensión al modelo que permite analizar los efectos de un *shock* exógeno al tamaño de la fuerza laboral, como el observado en Chile a partir de 2015 como consecuencia del aumento de los flujos migratorios al país.

En esta especificación se permite que una fracción variable de cada hogar sea inmigrante. Se asume que esta fracción evoluciona de forma exógena replicando la dinámica migratoria observada en los datos con los que se alimenta el modelo. Para efectos de la modelación, los migrantes son idénticos a la población local en todas las dimensiones, excepto en su interacción con el mercado laboral y en su propensión a enviar parte de su ingreso laboral al exterior en forma de remesas.

Se asume que los inmigrantes llegan al país desempleados, demorándose en encontrar trabajo. Se asume además que poseen potencialmente la misma productividad que los locales<sup>79/</sup>, pero recién llegados tienen transitoriamente una productividad menor mientras se adaptan al mercado laboral. Adicionalmente se permite que la desutilidad del trabajo sea transitoriamente menor para los inmigrantes recién llegados.

En el modelo, la inmigración genera efectos en la economía tanto a través de canales de oferta como de demanda. Por el lado de los hogares, la llegada de inmigrantes genera una mayor demanda por bienes y servicios, aunque esta se atenúa parcialmente debido al envío de parte de su ingreso en forma de remesas al exterior. Este aumento en la demanda genera presiones a los costos de las firmas

<sup>79/</sup> Aldunate et al. (2018) documenta que los migrantes que llegan al país tienen en promedio un nivel educacional similar al de los chilenos.

con consiguientes efectos inflacionarios. En el mercado laboral hay, por un lado, una expansión de la oferta derivado del aumento de personas buscando empleo, y por otro, un crecimiento de la demanda por trabajadores, dada la necesidad de las firmas de ampliar su producción para hacer frente a la mayor demanda agregada. Por el lado de las empresas, el mayor número de personas buscando empleo facilita un incremento de las contrataciones, expandiendo con ello la capacidad productiva de las firmas. Este aumento en la oferta productiva se ve compensado en cierta medida por la menor productividad transitoria de los inmigrantes mientras se incorporan a la fuerza laboral y van lentamente encontrando emparejamientos de mejor calidad, en línea con la literatura de las escaleras laborales. Adicionalmente, la mayor oferta laboral reduce el nivel de capital por trabajador, aumentando la productividad marginal del capital y estimulando la inversión.

En equilibrio general, no es claro si, respecto a la inflación, predominarán los canales de oferta o los de demanda. La conjunción de mayor consumo e inversión con una expansión de la fuerza de trabajo puede, en principio, generar presiones inflacionarias o deflacionarias. El efecto agregado dependerá de los supuestos que se hagan sobre distintos factores, tales como los incentivos a recuperar los niveles óptimos de capital, la velocidad en que los inmigrantes se integren a la fuerza laboral, o la forma en que evolucione su productividad, su oferta de trabajo o su propensión al envío de remesas. En este sentido, el efecto esperado en inflación, y la prescripción de política que se derive de este, dependerá fundamentalmente del juicio del *staff* económico y de la forma en que dichos juicios incorporen información externa.

### 3.4 Estimación de inobservables

Parte importante de las decisiones de política monetaria se fundamenta a partir de brechas entre variables observables, como la tasa de interés o el PIB, y alguna contraparte inobservable, como la tasa neutral de interés y el PIB potencial y/o tendencial, respectivamente. Así, por ejemplo, la tasa de interés será contractiva, ayudando a contener la inflación, si se encuentra por sobre su nivel neutral. De forma similar, la actividad se encontrará en un ciclo expansivo, generando presiones inflacionarias, si el PIB efectivo se encuentra por sobre el potencial.

Como lo hacen notar Schmidt-Hebbel y Walsh (2009), el hecho de que las brechas estén definidas en función de variables inobservables plantea importantes desafíos para la implementación de una política monetaria efectiva. En particular, la autoridad monetaria deberá decidir sobre cuál es la definición teórica más apropiada de dichos inobservables, en términos de relevancia para la política monetaria, y sobre cuál es la mejor metodología para estimarlos. El uso de modelos, en conjunto con el juicio del *staff* y del Consejo, aparece entonces como una herramienta fundamental para la obtención de estimadores sobre el estado actual y esperado de estas variables. En particular, en el BCCCh, se han desarrollado modelos que permiten la realización de estimaciones periódicas para tres variables inobservables que sirven de ancla para las proyecciones de mediano plazo, de guía para la evaluación del estado actual y las perspectivas futuras de la economía, y para la calibración de la política monetaria. Dos de estas variables, el crecimiento del PIB tendencial y del PIB potencial, se refieren a la capacidad productiva. El primero, se define como la capacidad productiva de un país en ausencia de *shocks* transitorios y cuando los insumos productivos se usan a su capacidad normal. El segundo término, se relaciona con el nivel actual de capacidad productiva, incluyendo fluctuaciones cíclicas de productividad y de la asignación de recursos. Adicionalmente, se estima la tasa de interés neutral, definida como aquella tasa coherente con un PIB en su nivel de equilibrio —tendencial— y una inflación que se ubica en la meta de 3%.



La correcta estimación de estas variables es de suma importancia para evaluar correctamente la política monetaria. Estas variables no pueden observarse directamente, y deben inferirse mediante una combinación de métodos estadísticos y teoría económica. Esta inferencia tiene ciertamente un grado importante de incertidumbre, pues se basa en las estimaciones de múltiples modelos, cada uno de ellos con sus grados de incertidumbre. El juicio del *staff* y del Consejo determina, mediante un análisis crítico de las diferentes estimaciones, los valores que se utilizarán para calibrar la política monetaria. Las estimaciones se actualizan anualmente, y los resultados se hacen públicos en los Informes de Política Monetaria. Los detalles metodológicos de la última estimación, cuyos resultados se resumen en los recuadros 3.5 y 3.6, pueden encontrarse en Aldunate *et al.* (2019).

### 3.4.1 Crecimiento del PIB: tendencial y potencial

La capacidad productiva de la economía es un elemento central del conjunto de herramientas utilizadas en la elaboración de proyecciones y análisis económicos. El BCCh publica regularmente su evaluación de dos medidas de la capacidad productiva del país: el PIB tendencial y el PIB potencial.

El PIB tendencial es un concepto relevante al estudiar la economía a plazos largos, por ejemplo, diez años. El foco en plazos largos permite asumir que la acumulación de *shocks* transitorios positivos y negativos se contrarrestan mutuamente y, por lo tanto, pueden ser obviados del análisis. Por su parte, el PIB potencial es un concepto relevante para medir las presiones que podrían desviar a la inflación de su meta de 3%, ya que la brecha de capacidad (diferencia entre el nivel de producto efectivo y su nivel potencial) es un determinante importante de la inflación en plazos más cortos. Así, en el corto plazo, el PIB potencial fluctuará en torno a su contraparte tendencial, desviándose transitoriamente como respuesta a *shocks* que afectan la capacidad productiva en el corto plazo, mientras que en el largo plazo ambas nociones tenderán a coincidir.

Los niveles de producto tendencial y potencial no se observan en los datos, sino que tienen que estimarse. Estas estimaciones son complejas, porque exigen identificar qué parte de las fluctuaciones observadas del PIB se deben a *shocks* de demanda y cuáles a *shocks* de oferta, y de estos últimos diferenciar entre transitorios y permanentes. Una adecuada estimación del PIB potencial y tendencial es importante, además, por el rol que juegan en el proceso de proyecciones de mediano plazo. Por una parte, el PIB potencial permite identificar las holguras de la economía, uno de los factores fundamentales para explicar la inflación en el modelo MSEP<sup>79</sup>. El crecimiento tendencial del PIB, por su parte, opera como un ancla para el crecimiento de largo plazo del MSEP y del XMAS. A continuación, se describen las metodologías utilizadas en el BCCh para la estimación de ambas medidas.

### PIB tendencial

La metodología utilizada por el BCCh para proyectar el PIB tendencial se basa en el llamado enfoque de función de producción, que se fundamenta en la teoría neoclásica de crecimiento<sup>80</sup>.

<sup>79</sup>/ En el modelo estructural XMAS, el PIB potencial relevante se determina endógenamente como aquel consistente con un equilibrio de precios flexibles.

<sup>80</sup>/ Una descripción más detallada de la metodología puede encontrarse en el documento "Crecimiento tendencial: proyección de mediano plazo y análisis de sus determinantes" (Banco Central de Chile, 2017)

Este método supone que la generación de actividad agregada en la economía puede describirse mediante una función de producción que depende de dos factores productivos: el stock agregado de capital y la fuerza de trabajo total. La eficiencia con que la economía es capaz de combinar estos factores es capturada en la función de producción por la productividad total de factores (PTF), la cual implícitamente captura aspectos como la tecnología, la calidad del marco institucional, y hasta qué medida la economía es capaz de asignar los factores hacia los sectores y empresas en que son más productivos.

En concreto, se asume que el nivel del PIB no minero<sup>81/</sup> sigue una función de producción del tipo Cobb-Douglas, en donde la producción del país depende del nivel de capital, del factor trabajo y de la PTF. El factor trabajo se subdivide en tres componentes: la fuerza de trabajo efectiva, considerando la evolución del número de personas en edad de trabajar y su participación dentro de la fuerza de trabajo; las horas efectivas trabajadas; y la calidad de la fuerza de trabajo, es decir, el nivel de capital humano. En este contexto, el crecimiento del producto se puede expresar como el crecimiento de los distintos factores productivos ponderados por su participación en la producción.

Dado que el crecimiento del PIB tendencial intenta capturar condiciones productivas en el largo plazo, es importante reiterar que sus valores proyectados no corresponden a estimaciones del PIB efectivo. Así, en la medida que existan *shocks* transitorios, el PIB efectivo se desviará de su tendencia de largo plazo por algún tiempo. Por ello, el BCCh realiza proyecciones de PIB tendencial a 30 años plazo, donde el análisis no se centra en la proyección de un año puntual, sino en valores promedio en horizontes más largos, típicamente una década.

Debido a que proyectar crecimiento a 30 años es un ejercicio que acarrea un alto grado de incertidumbre, es necesario poner cierta disciplina respecto de aquellas variables más difíciles de predecir y que al mismo tiempo pueden ser cuantificadas razonablemente. En general, la proyección de estas variables se hace de acuerdo a sus tendencias históricas. Cuando sea relevante, esta información es complementada usando las tendencias en otros grupos de países que constituyen una referencia importante en el mediano plazo, típicamente el país mediano de la OCDE. Por ejemplo, las horas trabajadas en Chile muestran una caída sostenida en los últimos 20 años. Claramente, la proyección de horas no puede asumir que estas permanecerán constantes, sino que debe considerar una tendencia decreciente. Para ello, la experiencia de otros países que han experimentado patrones similares en el pasado es informativa. Algo similar ocurre para otras variables, como la participación de los distintos grupos demográficos en el mercado laboral, así como la evolución de la calidad del capital humano. Para la inmigración, la información se construye en base a las proyecciones de flujos inmigratorios que realiza el INE. Como se describe en el recuadro 3.5, el episodio de inmigración vivido en Chile durante los últimos años motivó una revisión relevante del PIB tendencial en junio de 2019, incorporando la información actualizada del INE respecto a los flujos inmigratorios recientes y sus proyecciones futuras.

Por otro lado, el análisis histórico de la acumulación de capital y de la PTF en el sector no minero no revela tendencias claras que permitan definir un patrón al alza o a la baja. Por ejemplo, la razón capital/producto ha fluctuado sin una tendencia marcada en los últimos 20 años, por lo que resultaría aventurado proyectar escenarios en que esta razón se desvíe de manera sistemática de su

<sup>81/</sup> Se excluye el PIB minero ya que su función de producción es distinta, al depender de manera muy importante de un factor no renovable asociado a los yacimientos minerales.



promedio histórico. Algo similar ocurre con el crecimiento de la PTF, el cual muestra un alto grado de volatilidad —lo que es de esperar, dado que se mide como un residuo entre el PIB y el uso de factores—, sin revelar movimientos sistemáticos que puedan informar una proyección de largo plazo distinta a su tendencia histórica. En estos casos, la proyección central se basa en los promedios históricos, incorporando, cuando sea necesario, información de modelos complementarios, tal como se hizo en 2019<sup>82/</sup> para el análisis del episodio inmigratorio y sus posibles consecuencias de mediano plazo sobre la acumulación de capital y la productividad.

## PIB potencial y brechas de capacidad

Como se mencionó anteriormente, en un horizonte de largo plazo, tres o más años, se espera que los *shocks* transitorios se hayan disipado y la economía se encuentre cerca de su nivel tendencial, mientras que, en el corto plazo, la dinámica del PIB potencial puede diferir de la del PIB tendencial porque el primero es afectado por *shocks* que alteran la capacidad productiva de la economía. Así, el PIB potencial mide la capacidad productiva actual de la economía.

En general, el PIB potencial no coincide con el PIB efectivo, por cuanto este último, además de incluir los *shocks* transitorios, no excluye la posibilidad de que los factores sean subutilizados o sobrecapacitados. De hecho, la diferencia entre el nivel de PIB potencial y el efectivo es uno de los principales factores que determina las presiones inflacionarias. Esta diferencia se conoce como brecha del producto.

Para estimar el PIB potencial y obtener una evaluación del nivel de holguras de la economía, el BCCh usa varios filtros estadísticos, así como medidas de uso de capacidad directamente observables. Los filtros estadísticos utilizados son modelos simples que, tomando como insumo una o más series de tiempo, como por ejemplo el PIB, entrega una descomposición entre ciclo y tendencia. El primer componente se caracteriza por presentar oscilaciones recurrentes que se revierten rápidamente. Para la identificación de este componente se impone que el promedio del componente cíclico en el largo plazo sea cero. El componente de tendencia, por el contrario, se caracteriza por oscilaciones de baja frecuencia y magnitud.

Para las estimaciones del PIB potencial, en el BCCh, se utilizan versiones multivariadas de estos filtros, los que incorporan información de varias fuentes e incluyen ecuaciones semi-estructurales que restringen las relaciones entre las distintas variables acorde a la teoría económica.

El primero de estos filtros es el filtro tri-variado, el que se alimenta con datos sobre el PIB no minero, las tasas de interés y la inflación. Su estructura tiene varias ecuaciones, de las cuales detallamos tres ecuaciones clave. La primera es una curva IS que relaciona la brecha de producto con el diferencial entre la tasa de interés real efectiva y neutral, además de rezagos de la misma brecha. Adicionalmente, en la estructura del modelo se impone que el crecimiento del PIB potencial siga un proceso estocástico no estacionario de paseo aleatorio. La segunda corresponde a una ecuación de Euler en tendencias, que relaciona la tasa de interés real neutral con el crecimiento del potencial. Finalmente, una curva de Phillips relaciona la inflación, en desvíos de la meta, con la brecha de producto y las fluctuaciones del tipo de cambio.

---

<sup>82/</sup> Ver Recuadro V.1 del IPoM de junio de 2019.

Un segundo filtro, el filtro multivariado extendido (FMV-X)<sup>83/</sup>, incluye una ley de Okun<sup>84/</sup>, una curva de Phillips y expectativas de mercado tanto para el crecimiento del PIB como para la inflación. En el largo plazo, el filtro asume que la inflación es igual a la meta, el crecimiento del PIB es igual a su contraparte potencial, y que la tasa de desempleo vuelve a su nivel de equilibrio. Esta modelación permite al filtro inferir un PIB potencial que es coherente con el conjunto de variables observadas y la estructura impuesta en las ecuaciones del modelo. Si la actividad está creciendo muy rápidamente al igual que la inflación, el filtro multivariado entregará una estimación cíclica positiva, coherente con un PIB que crece más rápido que el potencial. En cambio, si se observara una aceleración de la inflación debido a un incremento en el tipo de cambio, y no por una aceleración de la actividad, entonces el filtro sugerirá que la brecha no es tan positiva. Lo anterior, por cuanto el filtro está controlando por el aumento de tipo de cambio. En este caso, la señal del tipo de cambio es crucial para identificar que el origen de la inflación no es la brecha, y, por lo tanto, es decisiva para la descomposición del producto entre potencial y cíclico que se obtiene del filtro.

El producto potencial utilizado por el BCCCh para estimar la brecha del PIB, tanto pasada como contemporánea, surge de promediar las estimaciones de los filtros tri-variado y FMV-X recién descritos. Para proyectar la evolución futura del crecimiento del potencial, se utiliza el filtro FMV-X, incorporando adicionalmente información proveniente de las estimaciones de crecimiento tendencial para asegurar la consistencia en el largo plazo entre las estimaciones para el crecimiento potencial y tendencial del PIB.

### Recuadro 3.5: Estimación del PIB tendencial y potencial

En el IPoM de junio de 2019 se incluyó una actualización de las estimaciones del PIB potencial y tendencial. Esta utilizó las metodologías recién descritas, incluyendo como principal cambio el significativo fenómeno inmigratorio observado desde el 2015. Su intensidad no estaba incorporada en las proyecciones de población previas, generando, como se observa en la Figura 3.9, cambios importantes en los supuestos sobre la proyección del factor trabajo y, a través de este, en la capacidad de crecimiento de la economía. El resto de los supuestos de proyección no sufrieron mayores cambios respecto de la estimación previa, salvo que se incorporó una modelación explícita para la forma en que el capital y la PTF responden al aumento del factor trabajo asociado a la inmigración.

La proyección del PIB tendencial, como se describe en la Sección 3.4.1, requiere supuestos para el crecimiento del empleo, del capital y de la PTF. La contribución del trabajo al crecimiento tendencial se elevó en 0,2%, debido principalmente a la actualización de los supuestos de flujos inmigratorios, en particular para los años 2019 y 2020. Las proyecciones de participación, horas trabajadas, calidad del factor, y la tendencia demográfica secular hacia mayor envejecimiento y menor natalidad mantuvieron sus supuestos. Respecto al crecimiento del capital, se estimó una contribución al crecimiento tendencial similar al obtenido previamente. La respuesta de la inversión al mayor crecimiento del factor trabajo asociado a la inmigración, que hace más rentable el capital, contribuye con una décima a ese crecimiento. Finalmente, el crecimiento

<sup>83/</sup> Ambos modelos, al igual que una serie de modelos alternativos utilizados como *benchmark* se describen detalladamente en Fornero y Zuñiga (2017), Bullano *et al.* (2018) y Aldunate *et al.* (2019)

<sup>84/</sup> La ley de Okun se refiere a relación empírica, observada inicialmente por Arthur M. Okun en 1962, entre el crecimiento del PIB y la evolución del desempleo.



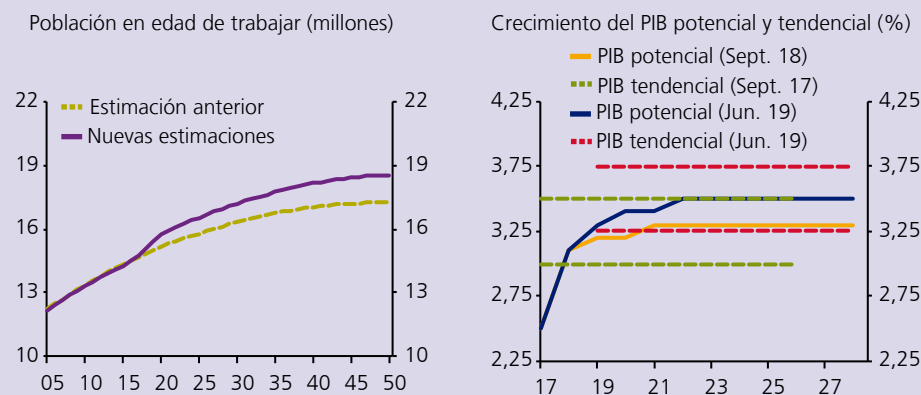
tendencial de la PTF del PIB no minero se estimó en torno a 1%, en línea con la última actualización de las Cuentas Nacionales, y la modelación de los efectos de la inmigración en la senda de productividad<sup>85/</sup>.

Para el PIB potencial los modelos utilizados sugirieron un crecimiento más rápido que el del PIB efectivo, ampliando con ello la brecha de actividad estimada; lo que es consistente con las bajas presiones inflacionarias del período. Los distintos modelos atribuyeron parte importante del mayor PIB potencial a la sorpresa asociada a la evolución de la fuerza de trabajo derivada de la inmigración.

Considerando los resultados de los modelos, el nivel de incertidumbre asociado, y el juicio del *staff* y del Consejo, se estimó un crecimiento tendencial del PIB para el decenio 2019-2028 entre 3,25 y 3,75%, 0,25 puntos porcentuales por encima del estimado dos años antes.

Figura 3.9

### Estimaciones de población, PIB potencial, y PIB tendencial (1)



(1) Estimaciones realizadas para los IPoM de septiembre de 2017, septiembre de 2018 y junio de 2019.

Fuentes: Banco Central de Chile e Instituto Nacional de Estadísticas.

Adicionalmente, se estimó que el crecimiento del PIB potencial estaría en torno a 3,4% en el período 2019-2021. Estos niveles fueron superiores a los estimados previamente, debido a la incidencia de nuevos datos, la revisión de algunos de los anteriores, el efecto de los filtros y, especialmente, a la sorpresa asociada a la evolución de la fuerza de trabajo derivada de la inmigración.

<sup>85/</sup> La literatura internacional sugiere que los inmigrantes inicialmente se emplean en trabajos que no son acordes con sus competencias, implicando una pérdida en productividad. Con el paso del tiempo, se van moviendo hacia empleos más ajustados a sus competencias, lo que conlleva a mejoras en la productividad total. Para detalles de la modelación y los supuestos de calibración, ver Aldunate *et al.* (2019).

### 3.4.2 Tasa de interés neutral

La tasa de interés de política monetaria neutral (TPMN) es una de las variables clave utilizadas en el BCCh para la evaluación del estado actual de la economía, sus perspectivas y la calibración de la política monetaria. Esta última se considera expansiva (contractiva) cuando la TPM efectiva es inferior (superior) a la TPMN. Por esto, mantener una estimación actualizada de la tasa neutral es relevante para la aplicación de la política monetaria y para la comunicación de su orientación futura. Adicionalmente, las estimaciones de la tasa neutral actúan como un ancla para informar la brecha de la tasa de interés en el modelo MSEP y el nivel de tasa de largo plazo en los modelos XMAS y MSEP.

Para efectos de su estimación, la TPMN se define como aquella que es coherente con un PIB en su nivel de equilibrio tendencial, una inflación en torno a la meta de 3% y donde los efectos de los *shocks* transitorios en la economía se han disipado. Por esta razón, la TPMN es una tasa asociada con el largo plazo, a la cual se espera que la TPM efectiva converja gradualmente, en ausencia de más perturbaciones que alejen la economía de su nivel tendencial. De ahí que la TPMN a la que se hace referencia se entiende como una tasa neutral tendencial<sup>86/</sup>.

La TPMN no puede ser observada directamente, por lo que debe ser inferida a partir de variables que sí lo son. Dicha inferencia puede ser realizada con distintas metodologías, con resultados que pueden variar entre enfoques. En el caso de la tasa neutral, la práctica de los bancos centrales ha sido escoger un abanico de modelos, dado que los estimadores están sujetos a una incertidumbre importante.

La elección de las metodologías de cálculo de la TPMN por parte del BCCh pondera varios aspectos: (i) el uso anterior de dichas metodologías, de modo de mantener una coherencia en el tiempo; (ii) su uso en otros bancos centrales; (iii) la aplicabilidad de cada método para la economía chilena; y (iv) el grado de certeza en la inferencia del nivel de la tasa neutral. Con estos criterios, se usan tres enfoques. El primero utiliza las expectativas de tasas de interés de largo plazo implícitas en los activos financieros. El segundo enfoque consiste en la inferencia estadística de la TPMN a partir de datos de inflación y actividad. El tercero infiere la TPMN a partir de datos y expectativas de inflación, además de precios de activos financieros.

### Extracción de expectativas de mercado

En principio, es posible medir la tasa de interés real neutral (TIRN)<sup>87/</sup> de manera directa a partir de tasas implícitas en los precios de activos financieros, en particular de bonos del banco central e instrumentos *swap*<sup>88/</sup>. El método consiste en aproximar la TIRN en el largo plazo por la tasa *forward* 5 en 5 (tasa promedio en diez años una vez pasados cinco años). También se puede usar la tasa *forward* 3 en 2 (tasa promedio para tres años una vez pasados dos años) para estimar una medida de TIRN contemporánea. Estas estimaciones reflejan el nivel de tasa de interés que los mercados esperan que prevalecerá en el mediano plazo, una vez disipados los *shocks* transitorios.

<sup>86/</sup> En la literatura académica existe también el concepto de tasa neutral de corto plazo, caracterizada por la ausencia de rigideces de precios, y que puede fluctuar sustancialmente a lo largo del ciclo económico. No obstante, el Consejo asocia sus estimaciones de TPMN al concepto de tasa neutral de largo plazo o tendencial.

<sup>87/</sup> Las tasas neutrales reales y nominales se relacionan a través de la ecuación de Fischer, en donde se impone que la TIRN más la meta de inflación se corresponde con la TPMN.

<sup>88/</sup> Los *swaps* son contratos entre dos partes para intercambiar flujos de caja en el futuro. Los precios de estos contratos entregan información sobre las expectativas de los mercados en torno a la evolución de distintas variables económicas.



Esta medición es correcta si las tasas de interés de mercado de madurez larga son equivalentes a la tasa esperada promedio de un bono con madurez corta, la que debería ser similar a la TPM. Sin embargo, se sabe que los premios por plazo (en nivel y variabilidad) contribuyen a explicar las tasas de interés de bonos largos. Para el caso chileno, Ceballos, Naudon y Romero (2016) muestran evidencia de que las tasas de bonos del banco central contienen premios por plazo relevantes, por lo cual los movimientos de dichas tasas no necesariamente representan movimientos en la trayectoria esperada de la TPM.

Para separar el efecto de los premios sobre las tasas largas se asume que estas se pueden descomponer en la suma de dos cantidades: (i) el promedio de tasas cortas esperadas, el cual está asociado a la trayectoria esperada de la TPM; y (ii) los premios por plazo. Dado que el premio es simplemente la diferencia entre la tasa larga de mercado y la tasa esperada promedio, la pregunta central es cómo construir expectativas de tasas cortas.

Siguiendo a Ceballos, Naudon y Romero (2016), se estiman modelos afines, que permiten predecir el componente de tasas cortas esperadas según una relación similar con un conjunto de factores observados. Estos factores corresponden a los tres componentes principales de la estructura de tasas de interés, los que se complementan con variables macroeconómicas reales tales como crecimiento de IMACEC no minero, la inflación subyacente y el VIX.

## Inferencia considerando la inflación y el PIB

Siguiendo la metodología de Holston, Laubach y Williams (HLW) (2017), la inferencia se hace utilizando métodos estadísticos para encontrar una tasa neutral que sea coherente, por un lado, con un modelo de estructura neo-keynesiana, y, por otra parte, con las observaciones empíricas de PIB, tasa de interés e inflación.

La estructura del modelo se basa un modelo neo-keynesiano simple (como el expuesto en Galí, 2015), modificado para permitir una relajación de la estructura de rezagos, dándole con ello una mayor flexibilidad paramétrica.

Las primeras dos ecuaciones corresponden a una curva IS y una curva de Phillips, donde la primera relaciona la brecha de PIB (diferencia entre PIB efectivo y potencial) con rezagos de la misma y con la brecha de tasas (diferencia entre tasa efectiva y neutral); y la segunda relaciona la inflación con la brecha de PIB:

$$\begin{aligned}\tilde{y}_t &= a_1 \tilde{y}_{t-1} + a_2 \tilde{y}_{t-2} + a_3 (r_{t-1} + r_{t-2} - r_{t-1}^* - r_{t-2}^*)/2 + \varepsilon_{\tilde{y},t} \\ \pi_t &= b_1 \pi_{t-1} + (1 - b_1)(\pi_{t-2} + \pi_{t-3} + \pi_{t-4})/3 + b_2 \tilde{y}_{t-1} + \varepsilon_{\pi,t}\end{aligned}$$

donde  $\tilde{y}_t$  es la brecha del PIB —la diferencia entre el logaritmo del PIB ( $y_t$ ) y el PIB potencial ( $y_t^*$ )—;  $\pi_t$  es la tasa de inflación;  $r_t$  es la tasa real y  $r_t^*$  es la tasa real natural;  $\varepsilon_{\tilde{y},t}$  y  $\varepsilon_{\pi,t}$  son perturbaciones estocásticas. Adicionalmente, basándose en la ecuación de Euler de un modelo de crecimiento neoclásico como el de Ramsey (1928), se modela la tasa real neutral como la suma de la tendencia de la tasa de crecimiento potencial del PIB ( $g_t$ ) y de una variable aleatoria ( $z_t$ ) que captura todos los elementos no observados que podrían influir en la tasa, por ejemplo, la tasa de descuento o la aversión al riesgo de los hogares:

$$r_t^* = g_t + z_t$$

Finalmente, se define la evolución del PIB potencial como un proceso de caminata aleatoria con una tendencia en crecimiento  $g_t$ , la que a su vez, y al igual que el proceso estocástico  $z_t$ , se especifica como camino aleatorio:

$$y_t^* = y_{t-1}^* + g_{t-1} + \varepsilon_{y,t}$$

$$g_t = g_{t-1} + \varepsilon_{g,t}$$

$$z_t = z_{t-1} + \varepsilon_{z,t}$$

donde  $\varepsilon_{y,t}$ ,  $\varepsilon_{g,t}$  y  $\varepsilon_{z,t}$  son variables aleatorias que, al igual que  $\varepsilon_{\bar{y},t}$  y  $\varepsilon_{\pi,t}$ , se asumen como procesos independientes e idénticamente distribuidos.

## Inferencia considerando inflación y precios de activos

Siguiendo la metodología descrita por Del Negro *et al.* (2017), se estima la tasa neutral tendencial a partir de la observación de un conjunto de precios de activos financieros, inflación y expectativas de mercado<sup>89/</sup>, considerando restricciones teóricas y tendencias comunes<sup>90/</sup>. Además, para la estimación se toman en cuenta consideraciones de economía pequeña y abierta, relevantes para Chile.

En su versión base, la especificación de Del Negro *et al.* (2017), considera un modelo multivariado que descompone entre tendencia y ciclo. De esta manera, las variables del modelo se pueden representar, de forma genérica, como:

$$y_t = \Lambda \bar{y}_t + \tilde{y}_t$$

donde  $y_t$  es un vector que contiene las variables observables del modelo, mientras que  $\bar{y}_t$  e  $\tilde{y}_t$  contienen respectivamente las tendencias y los ciclos de dichas variables.  $\Lambda$  es una matriz de ponderadores que contiene las relaciones entre las distintas tendencias, ya sea tendencias comunes entre variables, o bien relaciones de cointegración. Tanto  $\bar{y}_t$  como  $\tilde{y}_t$  son variables latentes no observadas que se modelan, respectivamente, como procesos de camino aleatorio y VAR autorregresivos:

$$\bar{y}_t = \bar{y}_{t-1} + \varepsilon_{\bar{y},t},$$

$$\tilde{y}_t = A_1 \tilde{y}_{t-1} + A_2 \tilde{y}_{t-2} + \dots + A_p \tilde{y}_{t-p} + \varepsilon_{\tilde{y},t}$$

El modelo permite entonces, dadas las observaciones para  $y_t$ , y las restricciones impuestas por las matrices  $\Lambda$  y  $A$ , inferir las trayectorias más probables para  $\bar{y}_t$  e  $\tilde{y}_t$ , donde la tasa neutral sería parte del vector de tendencias  $\bar{y}_t$ . La estimación de las matrices  $\Lambda$  y  $A$  se realiza a partir de métodos bayesianos.

<sup>89/</sup> Se consideran expectativas para inflación, tasas de interés y tipo de cambio.

<sup>90/</sup> En Aldunate *et al.* (2019) se describen en detalle los supuestos incluidos.



Las variables consideradas para la estimación son valores efectivos y expectativas para la inflación y las tasas de interés, tanto de corto como de largo plazo. La inflación, las tasas reales y las tasas nominales se relacionan al imponer el cumplimiento de la ecuación de Fisher en tendencia, es decir, que la tendencia de la tasa nominal sea igual a la tendencia de la tasa real sumada a la tendencia de la inflación. Por otra parte, se asumen tendencias comunes para tasas cortas y largas, incorporando a estas últimas un término adicional dado por primas por plazo tendenciales.

Las estimaciones para Chile consideran esta especificación base sensibilizada en cuanto a la utilización de distintos plazos de tasas largas (se utilizan bonos del BCCCh a cinco y diez años plazo). Adicionalmente, se incorporan consideraciones de economía abierta, permitiendo al modelo observar tasas externas y tipos de cambio (efectivos y esperados), que se relacionan con las variables locales e imponiendo que, en tendencia, se debe cumplir el supuesto de paridad descubierta de tasas.

Las principales diferencias entre esta extensión y la presentada en Del Negro *et al.* (2019) está en que en la extensión desarrollada para Chile se imponen consideraciones de economía pequeña y emergente. Esto implica restringir la influencia de los desarrollos locales en la determinación de tasas externas y permitir una tendencia distinta de cero para la depreciación cambiaria.

### Recuadro 3.6: Estimación de la tasa de interés neutral

En el recuadro V.2 del IPoM de junio de 2019 se presentaron estimaciones para la tasa de interés real neutral (TIRN) derivadas de los modelos recién descritos. Las estimaciones de la TIRN, en 2019, se encontraron en niveles entre 0,6 y 1,4%, dependiendo de la metodología de medición. La estimación del modelo de Holston, Laubach y Williams (2017) para Chile mostró una TIRN que ha seguido una tendencia decreciente en el tiempo. Hacia fines de los ochenta la TIRN se ubicaba entre 6 y 7%; luego descendió hacia niveles entre 2 y 3% en los 2000; y, al final de la muestra, en el primer trimestre del 2019, la estimación puntual se ubicó en 0,6%. Esta tendencia a la baja de la TIRN se condice con la reportada para otras economías como EE.UU., Canadá, Reino Unido y la Eurozona.

La Tabla 3.8 y el panel izquierdo de la Figura 3.10 resumen los resultados de las distintas metodologías. El promedio simple y la mediana de estos modelos es de 1%. Considerando los resultados puntuales y los rangos de incertidumbre de estas estimaciones, se estimó un rango razonable para la tasa natural de entre 0,75 y 1,25% en términos reales. Sumando la meta de inflación de 3%, el Consejo consideró que en términos nominales la TPMN se ubicaría entre 3,75 y 4,25%.

Adicionalmente, se utilizó el modelo XMAS para determinar qué fracción de los cambios en la estimación podrían atribuirse a dos fenómenos de alta persistencia que enfrentó la economía. Por un lado, la caída sostenida de las tasas externas y sus expectativas de mediano y largo plazo; y, por otro, el fenómeno migratorio que, al aumentar la fuerza de trabajo, generó una escasez relativa del nivel de capital per cápita. Para analizar el primer fenómeno, se utiliza la extensión con migración del modelo XMAS descrita en la Sección 3.3.2. Por su parte, para

capturar el efecto de las tasas externas se permite que la tasa externa de largo plazo se mueva estocásticamente, con perturbaciones elegidas para replicar las estimaciones de la tasa neutral para EE.UU.

Tabla 3.8

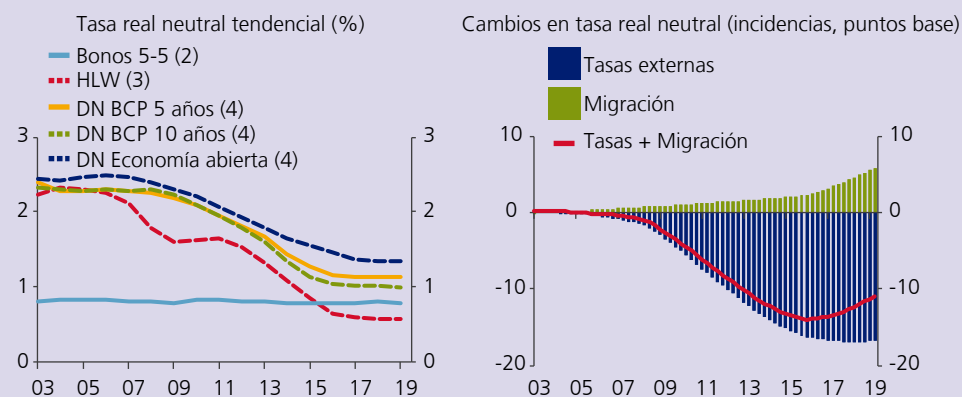
### Estimaciones para la tasa de interés real neutral

Metodología	Estimación 2019	Desviación estándar	Intervalo de 68% de confianza	Intervalo de 95% de confianza
Bonos 5-5 (restando premio)	0,80	0,14	[0.7 0.9]	[0.5 1.1]
HLW	0,59	7,48	[-6.9 8.1]	[-14.1 15.2]
Del Negro <i>et al.</i> (BCP5)	1,14	0,38	[0.8 1.5]	[0.6 2.1]
Del Negro <i>et al.</i> (BCP10)	1,00	0,29	[0.8 1.3]	[0.5 1.7]
Del Negro <i>et al.</i> en economía abierta	1,35	0,39	[1.0 1.8]	[0.8 2.3]

Fuente: Aldunate *et al.* (2019).

Figura 3.10

### Estimaciones de la tasa neutral de interés (1)



(1) Estimaciones realizadas para el IPoM de junio de 2019.

(2) Tasa 5 en 5 derivada de precios de activos financieros corregidos por premios por plazo.

(3) Basado en Holston, Laubach y Williams (2017).

(4) Basado en Del Negro *et al.* (2017), utilizando datos de tasas BCP a 5 años, BCP a 10 años y consideraciones para una economía abierta.

Fuente: Aldunate *et al.* (2019).

Como se muestra en el panel derecho de la Figura 3.10, se estimó que el *shock* migratorio generaría un alza de la tasa por sobre su tendencia, producto de la caída inicial del capital por trabajador asociada al incremento del factor trabajo, y que aumenta el retorno marginal del capital. Sin embargo, este efecto sería de magnitud moderada —6 puntos base (pb)—, y se concentraría, en su mayor parte, a partir del 2015. Este efecto es más que compensado por la caída de las tasas externas, particularmente desde la crisis financiera global del 2008-09 (15pb). La suma de estas fuerzas entrega una contribución neta estimada de -10pb en 2019.



## 4. MODELOS SATÉLITE DE USO COMPLEMENTARIO

Además de los modelos principales o de uso frecuente descritos en la Sección anterior, el instrumental del BCCh considera un conjunto de modelos complementarios para el análisis económico.

Todos los modelos, incluso los más complejos, son simplificaciones de la realidad. En este sentido, ninguno entrega por sí mismo un análisis completo de la economía. Simplificando algunas dimensiones y extendiendo el análisis de otras, el uso de modelos complementarios, junto con los modelos principales y el juicio de economistas del BCCh y de los miembros del Consejo, ayuda a generar una visión amplia de lo que ocurre y se espera acontezca en la economía.

En esta Sección se describen estos modelos complementarios, los que, en distintas dimensiones, ayudan a expandir la visión entregada por aquellos de uso frecuente, al incorporar, por ejemplo, fuentes alternativas de información, sectores adicionales a la cadena productiva, formas alternativas de generación de expectativas, o consideraciones del ciclo de vida en la modelación de los agentes.

### 4.1 Modelos econométricos

#### 4.1.1 Modelos alternativos para proyecciones de la actividad minera

Como complemento a lo descrito en la Sección 3.2.1, se utilizan dos enfoques adicionales para proyectar la actividad minera. Para el mediano plazo, se modela por separado la producción minera de cobre, la que representa el 88% del valor agregado minero a nivel nacional, y luego el resto de la actividad minera. Por su parte, para la inferencia contemporánea se utiliza un modelo de *nowcasting* con variables macroeconómicas exógenas, que permite deducir la actividad minera del período. Estas proyecciones se utilizan para contrastar los resultados de los métodos descritos en la Sección 3.3.2 y obtener así una proyección definitiva para la actividad minera que sea consistente con la totalidad de la información disponible.

#### A. Actividad minera de mediano plazo

La producción de cobre se estima mensualmente a horizontes de hasta dos años, por medio del uso de modelos de series de tiempo. En este proceso, se calcula por separado la producción de las distintas empresas mineras, utilizando métodos ARIMA similares a los descritos en la Sección 3.2. Se realizan estimaciones individuales para la producción de las empresas más grandes, mientras



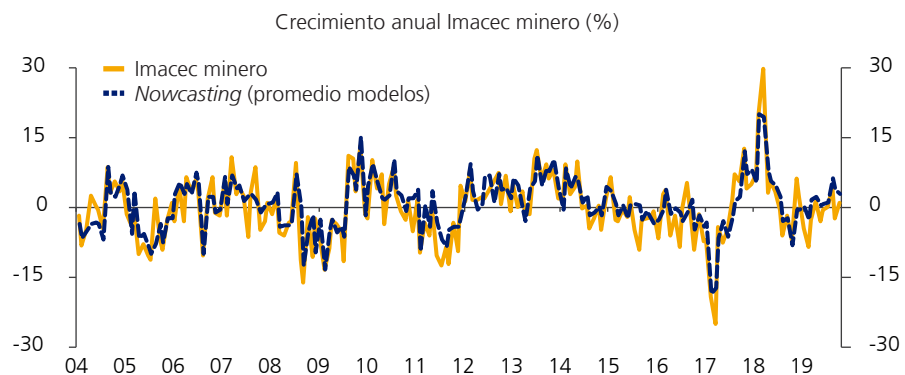
que las mineras medianas y pequeñas son agrupadas, realizándose una proyección única para este conjunto. Esta separación por empresas permite identificar las diferencias en los procesos estacionales de producción y, por lo tanto, definir perfiles particulares para cada una.

La visión que otorgan estos modelos se complementa con información pública difundida por las propias empresas al inicio de cada año. Estas entregan un rango de proyección para la producción anual, la cual es actualizada y revisada a lo largo del año. Adicionalmente, se considera información pública respecto de aumentos en la capacidad productiva asociada a nuevos proyectos de inversión, junto con otras noticias relevantes, tales como cambios transitorios en la capacidad productiva, cambios en la ley del mineral, eventos climáticos, huelgas, mantenciones inesperadas, etc.

## B. Modelo *nowcasting* de minería

Para la inferencia sobre el estado actual de la producción minera se utiliza un modelo de *nowcasting*, haciendo uso de indicadores adelantados. Dada la alta volatilidad de la dinámica mensual de la actividad minera, se hace muy difícil realizar proyecciones precisas. Considerando esto, se incorporan procesos ARIMA con variables exógenas, corrección por valores atípicos y estacionalidad. Como variables exógenas se utilizan series de baja volatilidad relativa, pero de alta correlación con la actividad minera. Esto ayuda a disipar parte de la volatilidad en la inferencia del mes en curso. El conjunto de variables exógenas elegidas considera: generación eléctrica informada por el sistema eléctrico nacional (SEN); exportaciones mineras nominales del mes en curso; y expectativas del indicador mensual de confianza empresarial (IMCE), con información relevante sobre la producción y la capacidad productiva del sector. Como muestra la Figura 4.1, este procedimiento permite una inferencia precisa del nivel contemporáneo de la producción minera.

Figura 4.1  
Inferencia del nivel de actividad minera mediante *nowcasting* (1)



(1) Se muestra proyección dentro de muestra.

Fuente: Banco Central de Chile.

## C. Modelo de tendencia de mediano plazo

Otras medidas de contraste se relacionan con la evaluación de largo plazo de la producción minera, análisis llevado a cabo en base a filtros estadísticos que separan las dinámicas propias del ciclo de las tendencias de largo plazo. La tendencia extraída con estos filtros permite obtener una idea acerca del crecimiento de largo plazo que podría esperarse a futuro, y al cual se debería converger en ausencia de perturbaciones adicionales que puedan afectar la producción a plazos mayores. Estas últimas incluyen cambios en la capacidad productiva, la ley del mineral, la productividad del capital o el trabajo, etc.

### 4.1.2 Proyecciones para el escenario fiscal

El BCCh realiza proyecciones de corto y mediano plazo de ingresos y gastos del gobierno central, su balance y ahorro. Para esto se utilizan como insumo datos desagregados provenientes de la Dirección de Presupuestos del Gobierno de Chile (Dipres). Las distintas partidas se proyectan en base a una adecuación para Chile del Manual de Estadísticas de las Finanzas Públicas (2014) del Fondo Monetario Internacional.

Desde el año 2001, la política fiscal chilena se ha basado en una regla de balance estructural. Bajo esta metodología, a partir de estimaciones de los comités de expertos del PIB de tendencia y del precio de referencia del cobre<sup>91/</sup>, el gobierno define los parámetros para estimar los ingresos estructurales, lo que, combinado con la meta estructural, determina el límite para el gasto efectivo. Por su parte, los ingresos efectivos son estimados por la Dipres. Esta es la base de la propuesta presupuestaria que se envía al Congreso para su aprobación como Ley de Presupuestos para el año siguiente. Las metas anuales de balance estructural se fijan para cada período de gobierno mediante un procedimiento definido en la Ley de Responsabilidad Fiscal. La metodología ha sido difundida en diversos documentos, entre ellos: Marcel *et al.* (2001), Rodríguez *et al.* (2006), Velasco *et al.* (2010), Corbo *et al.* (2011), Larraín *et al.* (2011) y Marcel, Cabezas, y Piedrabuena (2012).

Para el escenario fiscal, el BCCh asume que el gobierno se adhiere a la Ley de Presupuestos y que los ingresos efectivos se comportan de acuerdo con lo que se infiere a partir del escenario macroeconómico esperado del BCCh, el que se actualiza en cada Informe de Política Monetaria (IPoM). Una vez obtenida la proyección de los ingresos efectivos, estos se ajustan cíclicamente conforme a la metodología publicada por la Dipres. Estos ingresos cíclicamente ajustados son también referidos como ingresos estructurales. Dada la proyección para los ingresos estructurales y el gasto comprometido en la Ley de Presupuestos, se estima el Balance Cíclicamente Ajustado (BCA). Su diferencia con la meta de la autoridad permite estimar la holgura presupuestaria para los años futuros.

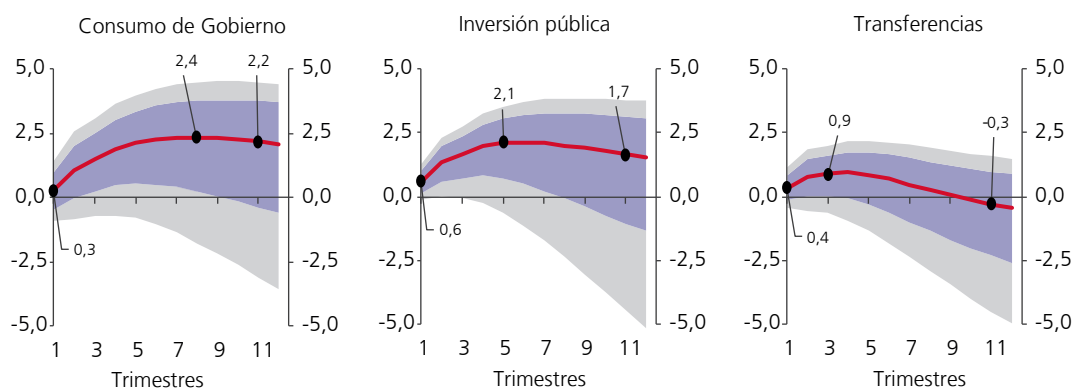
Adicionalmente, el BCCh cuenta con distintos modelos para analizar en profundidad los mecanismos de transmisión de la política fiscal. Además del bloque fiscal contenido en el modelo de proyecciones XMAS<sup>92/</sup>, se utiliza la metodología propuesta por Fornero, Guerra-Salas y Pérez

<sup>91/</sup> En forma previa a la elaboración de cada proyecto de ley de presupuestos del sector público, el Ministerio de Hacienda reúne a dos comités de expertos independientes. Uno estima el precio de referencia del cobre, o precio de largo plazo, y otro estima los insumos —capital, trabajo y productividad— para la estimación del PIB tendencial.

<sup>92/</sup> Ver García *et al.* (2019), además de la Sección 3.3.2 del presente volumen, para mayor detalle sobre la implementación del sector fiscal en el modelo XMAS.

(2019), quienes utilizando VAR estructurales estiman los multiplicadores fiscales del gasto total y de tres componentes (inversión pública, consumo de gobierno, y transferencias). En la Figura 4.2 se muestran los resultados de dicho trabajo. Se observa un impacto diferenciado para los distintos componentes del gasto. Esto pone de manifiesto la importancia de un análisis detallado de la trayectoria esperada del gasto, más allá de su nivel agregado. Cambios en su composición, aun manteniendo constantes los niveles agregados, podrían tener efectos no triviales en la economía.

**Figura 4.2**  
**Multiplicadores del gasto según componente (1)(2)**



(1) Multiplicador del gasto para el período T se define como el valor presente del cambio acumulado en el PIB por unidad adicional de gasto público, también en valor presente, desde que el impulso de gasto se produce hasta el período T.  
(2) Los paneles muestran el multiplicador asociado a un aumento de gasto enfocado exclusivamente en el componente correspondiente.

Fuente: Fornero, Guerra-Salas y Pérez-Núñez (2019).

### 4.1.3 Modelos para análisis de alta frecuencia del tipo de cambio nominal

Para el seguimiento diario del tipo de cambio nominal, se utiliza un modelo de referencia basado en Cowan *et al.* (2007), en donde se estiman los determinantes de la variación diaria del tipo de cambio nominal en un modelo de corrección de errores, siguiendo el enfoque de Engle y Granger (1987). En particular, se estima la siguiente especificación:

$$\Delta \ln c_n_t = \alpha_0 + \alpha_1 (\ln c_n_t - \beta X_{t-1}) + \sum_{i=0}^p \delta_i \Delta X_{t-i} + \sum_{i=0}^p \eta_i \Delta Z_{t-i} + \epsilon_t$$

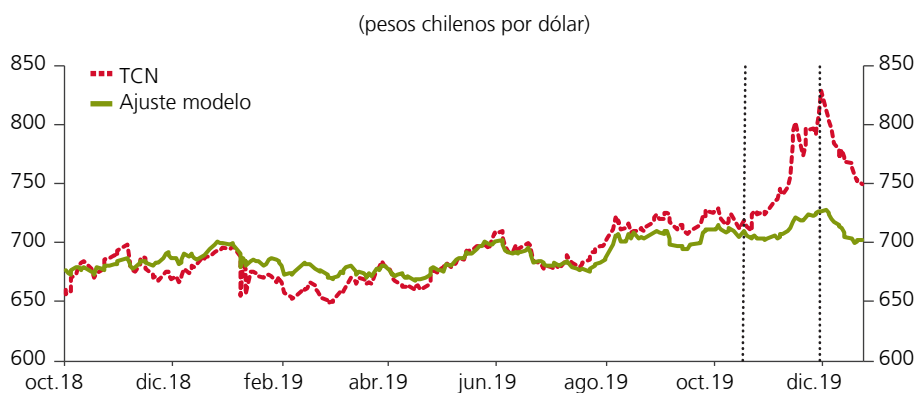
donde  $\Delta$  es el operador de diferencias,  $\ln c_n_t$  corresponde al logaritmo natural del tipo de cambio nominal,  $X_t$  y  $Z_t$  son vectores que incluyen, respectivamente, los determinantes fundamentales y de corto plazo para el tipo de cambio, y  $\epsilon_t$  es un proceso estocástico.

Se estiman dos especificaciones alternativas. Ambas incorporan en el vector X el precio del cobre y del petróleo, el nivel de precios interno y el de Estados Unidos, el *spread* de los "credit default swaps" de los bonos soberanos chilenos, y el diferencial de tasas de interés a un año entre Chile y Estados

Unidos. Además, estas contienen información de paridades de tipo de cambio internacionales. Una especificación incluye una paridad entre el dólar y una canasta de países latinoamericanos y exportadores de materias primas, mientras que la otra incorpora el *broad dollar index*, índice elaborado por la Reserva Federal de Saint Louis, que refleja la paridad entre el dólar estadounidense y sus socios comerciales. El vector  $Z$ , por su parte, incluye el índice accionario Dow Jones.

Dada su naturaleza y la frecuencia de los datos (diarios), este modelo es útil para determinar si los movimientos cambiarios observados pueden explicarse por la dinámica de sus fundamentos o no. Por ejemplo, tal como se presenta en la Figura 4.3, en el análisis posterior a la crisis social desencadenada el 18 de octubre de 2019, el modelo sugiere que la fuerte depreciación observada se aparta significativamente de la trayectoria prevista por sus determinantes de largo plazo. Además, el modelo muestra cómo esta brecha comienza a cerrarse a partir del 28 de noviembre, fecha en la que el BCCh anuncia su programa de intervención cambiaria<sup>93</sup>.

Figura 4.3  
Tipo de cambio nominal y determinantes fundamentales (1)(2)



(1) Modelo de frecuencia diaria estimado para el período entre el 15 de julio de 2019 y el 3 de diciembre de 2019.

(2) Líneas punteadas verticales indican respectivamente el inicio de la crisis social y el anuncio de intervención cambiaria por parte del BCCh.

Fuente: Banco Central de Chile.

#### 4.1.4 Modelos VAR para análisis del traspaso del tipo de cambio a inflación

En el análisis del traspaso del tipo de cambio a precios domésticos es útil el uso de VAR. Estos permiten modelar las respuestas esperadas de la economía ante innovaciones o cambios inesperados de las variables de interés, en este caso, el efecto en la inflación de fluctuaciones cambiarias. En el análisis realizado por el BCCh del traspaso del tipo de cambio a precios a partir de modelos VAR, destacan las implementaciones documentadas en Justel y Sansone (2016) y Contreras y Pinto (2016). En estas, el grado de traspaso del tipo de cambio a inflación se define como la razón, luego de un *shock* cambiario, entre las respuestas acumuladas de la inflación y la del tipo de cambio.

<sup>93</sup>/ Los detalles del programa pueden encontrarse en <https://www.bcentral.cl/documents/33528/133208/np28112019.pdf>



En la implementación de Justel y Sansone (2016), el modelo VAR incorpora como variables endógenas a la inflación mensual, la TPM, el Imacec y la variación mensual del tipo de cambio nominal (TCN). Como variables exógenas se incluyen el precio del petróleo, el índice de precios internacionales de alimentos, los precios externos, la tasa de interés de Estados Unidos y un índice de producción industrial de los socios comerciales. En especificaciones alternativas, el modelo se estima desagregando el índice de precios al consumidor en sus componentes de energía, alimentos y subyacente, con el objeto de estudiar las respuestas diferenciadas de cada uno de estos ante *shocks* cambiarios. La identificación de los *shocks* se logra asumiendo la siguiente ordenación de Cholesky<sup>94/</sup> para el bloque endógeno de variables:  $\Delta \log(\text{IMACEC}) \rightarrow \Delta \text{TPM} \rightarrow \Delta \log(\text{TCN}) \rightarrow \Delta \log(\text{IPC})$ . Este ordenamiento permite que los *shocks* sobre el tipo de cambio se traspasen en el mismo período a los precios.

Una segunda implementación de la metodología es la documentada en Contreras y Pinto (2016). En esta, se estiman por separado modelos VAR para 131 distintas subclases del IPC<sup>95/</sup>. Para cada una de estas se estima un VAR con la siguiente ordenación de variables<sup>96/</sup>:  $\Delta \log(\text{IMACEC}) \rightarrow \Delta \log(\text{salario sectorial}) \rightarrow \Delta \text{TPM} \rightarrow \Delta \log(\text{TCN}) \rightarrow \Delta \log(\text{IPC subclase})$ <sup>97/</sup>  $\rightarrow \Delta \log(\text{IPC})$ . En primera instancia, esta implementación entrega una estimación complementaria, con enfoque *BU*, del coeficiente de traspaso del tipo de cambio sobre distintas agrupaciones de precios. Adicionalmente, permite identificar aquellas categorías que presentan mayores coeficientes de traspaso, para realizar un mejor seguimiento de ellas en el monitoreo de la inflación ante episodios de volatilidad del tipo de cambio nominal.

## 4.2 Modelos Estructurales

### 4.2.1 Aprendizaje, expectativas y desanclaje

Una preocupación recurrente en bancos centrales —y en el BCCCh en particular— es el anclaje de las expectativas de inflación, ya que este “garantiza que movimientos temporales en la inflación no se trasladen a salarios y precios de modo que se vuelvan permanentes” (Draghi, 2014). Sin embargo, los modelos monetarios estándares derivados bajo supuestos de expectativas racionales, como los usualmente utilizados en bancos centrales, no permiten un análisis adecuado de este anclaje de expectativas. Esto, pues bajo este marco los agentes poseen un conocimiento perfecto acerca de la economía, incluyendo la función objetivo del banco central, por lo que confían en que la tasa de inflación de largo plazo corresponde a la meta de inflación del banco central. Sin embargo, las expectativas de inflación, en general, no se encuentran perfectamente ancladas en la realidad, pudiendo el grado de anclaje variar en función del devenir económico o la conducción de la política monetaria.

<sup>94/</sup> La descomposición de Cholesky permite una identificación de los *shocks* a partir de una ordenación recursiva en donde las variables “más independientes” afectan contemporáneamente a las “menos independientes”, mas no en el sentido inverso.

<sup>95/</sup> De las 137 subclases del IPC con base 2013, se excluyen cinco subclases cuyos registros de precios comienzan en el 2008 (Otros servicios relacionados con la vivienda, Motocicleta, Bicicleta, Artículos de escritorio, y Servicios de enseñanza no atribuible a ningún nivel) y una subclase con información disponible a partir de 2013 (Gastos de copropiedad). Las subclases excluidas tienen un peso de 1,4% en la canasta total.

<sup>96/</sup> La elección de este ordenamiento se basa en los trabajos de Choudhri *et al.* (2005), Ca’ Zorzi *et al.* (2007) y McCarthy (2007).

<sup>97/</sup> Los salarios sectoriales resultan de asignar cada una de las 131 subclases a un sector dentro de los 9 sectores cuyo índice de remuneraciones es medido por el INE.

Si bien el fenómeno de desanclaje no puede ser abordado fácilmente en el contexto de expectativas racionales, sí se acomoda de manera natural a un escenario de aprendizaje adaptativo. Motivado por lo anterior, en el BCCh se desarrolló un modelo monetario de equilibrio general<sup>98/</sup>, donde se conceptualiza el desanclaje de expectativas de inflación a partir del supuesto de un mecanismo de aprendizaje adaptativo que varía en el tiempo y donde la sensibilidad de los agentes a datos entrantes depende de los errores de inflación acumulados.

Teóricamente, el anclaje de expectativas de inflación se puede definir como una situación en la cual las expectativas de inflación de largo plazo no responden significativamente a nueva información, es decir, cuando estas son relativamente insensibles a sorpresas de corto plazo. El marco de aprendizaje adaptativo permite una conceptualización natural de esta idea. Bajo este enfoque, los agentes utilizan modelos de forma reducida para formar sus expectativas y re-estiman estos modelos cada período a medida que se dispone de nueva información.

## Estructura del modelo

El modelo se enmarca dentro de la literatura de modelos neo keynesianos de economías pequeñas y abiertas. Se modela una economía compuesta por cinco sectores: hogares, firmas, gobierno, banco central y un sector externo.

En el primer sector, agentes con vida infinita, dotación idéntica de activos y mismas preferencias, buscan maximizar su utilidad a lo largo de toda su vida sujetos a una restricción presupuestaria. Estos enfrentan decisiones de cuánto consumir de un bien final (relativo a un componente de hábitos) y cuántas horas trabajar. Además, en cada período deciden cuánto invertir en capital, teniendo en cuenta costos de ajuste y cuánto ahorrar a partir de comprar y vender bonos en moneda doméstica y bonos en moneda extranjera.

El segundo sector, está compuesto por diferentes tipos de firmas que son todas de propiedad de los hogares. Estas empresas en competencia monopólica producen diferentes variedades de un bien doméstico, eligiendo la cantidad de trabajo y capital a utilizar como insumos, y determinando precios con rigideces a la Calvo e indexación. Además, un conjunto de firmas importadoras de un bien homogéneo lo transforman en diferentes variedades, que les permite fijar el precio, también, sujeto a rigideces a la Calvo e indexación. Finalmente, existen tres empresas perfectamente competitivas que agregan productos: una combina las diferentes variedades de bienes domésticos para producir un bien doméstico compuesto, una segunda combina las distintas variedades del bien importado en un bien extranjero compuesto, y una tercera que combina el bien doméstico compuesto con el bien extranjero compuesto para producir el bien final de esta economía. Este último es comprado por los hogares, tanto para consumo como para inversión, y por el gobierno. A su vez, existe una firma competitiva que produce un bien homogéneo (*commodity*) que se exporta y sigue un proceso exógeno. Este bien captura, principalmente, la importancia del cobre para Chile.

El tercer sector representa el gobierno, el cual sigue una política fiscal Ricardiana. El cuarto sector lo compone un banco central que determina la tasa de interés nominal de corto plazo de acuerdo con una regla de Taylor.

---

<sup>98/</sup> Arias y Kirchner (2019) presentan una descripción detallada del modelo y sus implicancias.



El quinto sector, el resto del mundo, demanda el bien doméstico compuesto y compra el *commodity* producido internamente. Cabe mencionar que no hay costos de transacciones ni otras barreras al comercio internacional en esta economía. La estructura de la economía externa se supone idéntica a la doméstica, pero esta última se asume pequeña relativa a la externa, lo que significa que el nivel de precios y la tasa de interés externos se toman como dados. No obstante, la tasa nominal externa relevante depende del riesgo país, el que aumenta con el nivel de la deuda externa neta. Adicionalmente, se asume un conjunto estándar de *shocks* exógenos y se modela el sector externo a partir de procesos exógenos.

Finalmente, como se mencionó en párrafos previos, el supuesto de expectativas racionales se flexibiliza y en su lugar se asume un mecanismo de formación de expectativas en el que los agentes aprenden sobre los parámetros de sus modelos de proyección, en el espíritu de los modelos de aprendizaje adaptativo. En particular, se supone que los agentes forman sus expectativas utilizando modelos lineales de la forma:

$$x_t^f = \hat{\beta}'_{t-1} x_{t-1}^s + \epsilon_t ,$$

donde  $x_t^f$  corresponde al vector de variables a proyectar, que se asume dependen linealmente de la información disponible al inicio del período  $t$ , que se resume en el vector de estados  $x_{t-1}^s$ , y de las creencias sobre cómo esta información se correlaciona con las variables a proyectar. La actualización de estas creencias, expresadas en la matriz de coeficientes  $\hat{\beta}_t$ , depende del último error de proyección realizado,  $\epsilon_t$ :

$$\hat{\beta}_t = \hat{\beta}_{t-1} + K(g_t)\epsilon_t ,$$

La ponderación que se le da al error de proyección  $\epsilon_t$  depende a su vez de la variable  $g_t$ , la que se interpreta como el grado de sensibilidad o anclaje de dichas expectativas<sup>99</sup>. Intuitivamente, cuanto mayor sea el grado de anclaje, menor será la importancia que se le dé al último error de proyección y menor será la actualización de los modelos de proyección. De esta forma, mientras más ancladas estén las expectativas, la inferencia sobre el nivel de largo plazo de las variables, incluida la inflación, será más estable a través del tiempo.

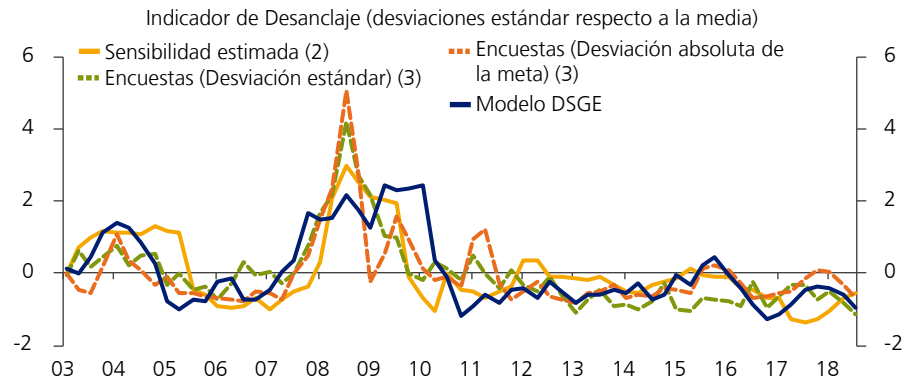
Para el caso de las expectativas de inflación, se permite que  $g_t$  varíe en el tiempo. En base a la experiencia internacional y a una serie de ejercicios empíricos para la economía chilena, se modela esta variable como dependiente de la acumulación de errores de proyección pasados. Se asume que ante una sucesión de errores de proyección, el grado de confianza de los agentes en sus modelos de proyección disminuye, por lo que comienzan a ajustarlos en mayor medida, aumentando  $g_t$ , para evitar repetir los errores de proyección recientes.

## Principales resultados

Este mecanismo de formación de expectativas, que permite desanclaje, mejora el ajuste del modelo a los datos, comparado con el ajuste que se logra con el mismo modelo, pero asumiendo las usuales expectativas racionales. Como se observa en la Figura 4.4, el modelo es capaz de capturar correctamente episodios de desanclaje y anclaje de expectativas de inflación, identificados a través de otras estrategias.

<sup>99</sup>/ En particular,  $K(g_t) = g_t R_t^{-1} X_{t-1}^s$  se expresa de forma recursiva, donde  $R_t = R_{t-1} + g_t (X_{t-1}^s X_{t-1}^{s'} - R_{t-1})$ .

Figura 4.4

**Indicadores alternativos de desanclaje de expectativas (1)**

(1) Todos los indicadores se presentan estandarizados respecto de su media y su volatilidad.

(2) Corresponde a la estimación econométrica del rol de los errores de proyección pasados en la formación de expectativas 2 años al futuro. En particular, se reporta el estimador de ventana móvil para el parámetro  $\alpha$  en la regresión  $E_{t-1}(\pi_{t+2}) = \alpha(\pi_{t-1} - E_{t-2}(\pi_{t-1})) + \epsilon_t$ , donde  $E_{t-1}(\pi_{t+2})$  corresponde a la mediana de la Encuesta de Expectativas Económicas (EEE) del período  $t+2$  para la inflación del período  $t$ .

(3) "Encuestas (Desviación estándar)" y "Encuestas (Desviación absoluta de la meta)" se elaboran en base a las respuestas sobre expectativas de inflación dos años a futuro de la EEE, y corresponden, respectivamente, a la desviación estándar de las respuestas de los distintos agentes, y a la diferencia absoluta entre la media de las respuestas y la meta de inflación.

Fuente: En base a Arias y Kirchner (2019).

Una ventaja del indicador de desanclaje del modelo estructural por sobre los otros indicadores empíricos radica en la posibilidad de realizar simulaciones contrafactualas. Por ejemplo, el modelo puede ser utilizado para evaluar el rol de la política monetaria en el anclaje de expectativas de inflación. Los resultados de este ejercicio dan cuenta de que una política monetaria que sistemáticamente se comporte de manera más agresiva durante episodios de alto grado de desanclaje, puede reducir tanto la frecuencia como la intensidad de estos episodios. Además, contrario a los resultados que surgen bajo expectativas racionales, el modelo muestra que en un entorno de aprendizaje existe información adicional en las expectativas de los agentes que hace conveniente que la política monetaria responda a ellas. A su vez, el modelo predice que la efectividad de la política monetaria sobre la inflación mejora cuando los agentes se vuelven más sensibles a información de corto plazo. El modelo también sugiere que una política monetaria óptima derivada bajo supuestos de expectativas racionales puede presentar un bajo desempeño en el contexto de un modelo con desanclaje donde se requiere una respuesta mayor a la inflación.

#### 4.2.2 Traspaso condicional del tipo de cambio en un modelo con transables y no transables

El estudio del coeficiente de traspaso del tipo de cambio (también conocido como ERPT, por sus siglas en inglés) tiene implicancias no solo para diversos tópicos relacionados con la economía internacional, sino también para aquellos más ligados a la conducción de la política monetaria,





transformándose así, como se destaca en el recuadro 4.1, en un tema de especial interés para los bancos centrales, inclusive el BCCh. Lo anterior, debido a que, desde el punto de vista de una economía pequeña y abierta como la chilena, fluctuaciones del tipo de cambio nominal pueden tener impacto inflacionario de primer orden a través de su influencia en los precios de los bienes. En efecto, Bernanke (2007) enfatiza que cambios en los precios relativos de las importaciones podrían afectar al menos por un período de tiempo (en el corto o mediano plazo) los niveles de inflación doméstica.

El coeficiente de traspaso del tipo de cambio a precios se define como la razón entre la variación de un precio o índice de precios y la del tipo de cambio. Si el coeficiente es alto, quiere decir que gran parte de los movimientos cambiarios se van a transmitir a los precios domésticos de la economía y, por lo tanto, a la inflación. Este se puede calcular de manera condicional a un *shock* en particular o de forma incondicional. El trabajo que se describe a continuación analiza las diferencias entre estas formas de cálculo, y las ventajas que un análisis de traspaso condicional puede tener para un mejor entendimiento de los efectos inflacionarios de movimientos cambiarios.

El modelo<sup>100/</sup> presentado en este caso es del tipo DSGE de gran escala, similar, aunque de tamaño algo menor, al modelo principal de este tipo del BCCh, el XMAS. Fue construido para poder analizar las dinámicas inflacionarias generadas por *shocks* externos que afectan de forma importante al tipo de cambio. Con ese objetivo en mente, el diseño del modelo incluye una caracterización más detallada de sectores productivos que presentan respuestas heterogéneas a movimientos cambiarios. En específico, este modelo diferencia entre el sector transable y no transable e incluye bienes importados como insumos en la producción de ambos, pero con distinta intensidad de uso en cada sector. La diferenciación entre transable y no transable hace referencia a la participación de distintos sectores en el comercio internacional. Los bienes transables compiten en los mercados internacionales, mientras que los bienes no transables solo pueden ser consumidos en el país donde se producen, lo que implica que el consumo será igual a la producción doméstica.

Estas diferenciaciones son importantes por dos razones. Primero, los bienes no transables tienen una dinámica distinta a los que se transan internacionalmente, porque su mercado debe equilibrarse domésticamente. En este tipo de bienes, cuando hay mayor producción que cantidad demandada, por ejemplo, debe disminuir el precio para que así la cantidad se equilibre. Esto es distinto a cuando los bienes se transan internacionalmente, dado que, al haber mayor cantidad producida, la diferencia sencillamente se exporta y el precio viene determinado (o es influido de forma importante) por el precio externo. La segunda razón es que hay diferencias de dinámicas importantes, por el hecho de que cada sector utiliza insumos con distinta intensidad y, además, tienen distintos grados de flexibilidad en la fijación de precios. Por ejemplo, mientras mayor cantidad de insumos importados ocupe el sector, mayor será el efecto en su costo marginal de una variación en el tipo de cambio, y por lo tanto mayores serán los cambios en los precios de ese sector. Además, la velocidad con que se incorporan los cambios en los costos dependerá de la flexibilidad con que las empresas de cada sector cambien sus precios.

Por estas características, el modelo permite un análisis detallado sobre cómo y por cuánto tiempo cambios en precios internacionales de bienes (por ejemplo, el precio del cobre o del petróleo) o de tasas externas afectan a distintos sectores de la economía local, y entender los medios por los cuáles se van a producir los efectos. En particular, permite analizar qué tanto se ven afectados distintos precios domésticos ante eventos que causen fuertes movimientos del tipo de cambio.

---

<sup>100/</sup> Una versión detallada del modelo y de sus resultados principales se puede ver en García y García-Cicco (2020).

## Descripción general

El modelo tiene cuatro tipos de agentes: hogares, empresas, gobierno (incluyendo banco central) y sector externo. Los hogares consumen, ofrecen trabajo, invierten, rentan su capital y tienen acceso a bonos del gobierno y externos. Hay cuatro tipos de bienes ofrecidos en la economía, el bien minero, los bienes intermedios de origen importado, los bienes exportables, y los bienes no transables. El bien minero está dado estocásticamente, distintas variedades de bienes intermedios se elaboran a partir de un bien importado homogéneo y los últimos dos, los exportables y los no transables, se producen usando una combinación de trabajo, capital y bienes intermedios. Tanto los salarios como los precios de los bienes intermedios, exportables y no transables, tienen rigideces. En cada período, solo una fracción de estos se fija óptimamente, mientras que el resto se indexa a una combinación entre la meta de inflación y la inflación pasada. Por su parte, la política monetaria sigue una regla de Taylor y la política fiscal presenta un gasto exógeno.

La relación de esta economía con el sector externo es variada. Primero, como se mencionó, los hogares pueden comprar bonos externos a una tasa de interés dada exógenamente (que depende de una tasa de interés externa, del nivel de deuda externa del país como fracción del PIB y de factores exógenos). Además, la economía local importa bienes homogéneos que son utilizados para producir distintas variedades de bienes intermedios y exporta tanto el bien minero (a un precio dado exógenamente en dólares) como el bien exportable.

El modelo contiene 24 *shocks*, dentro de los cuales hay de origen local (como por ejemplo gasto de gobierno, preferencias y productividad) y de origen externo (como por ejemplo precios de bienes externos en dólares, demanda externa, tasa de interés). Los parámetros del modelo son escogidos en base a una combinación entre calibración y estimación. Se utilizan datos trimestrales para la economía chilena entre el tercer trimestre del 2001 y el tercero del 2016.

## Principales resultados

Los resultados de la estimación de los parámetros del modelo, en particular aquellos que definen el grado de indexación y la rigidez en la fijación de los precios, muestran diferencias importantes entre sectores en la forma de determinar precios. Las empresas del sector no transable son las que presentan mayor rigidez e indexación en la fijación de precios, mientras que las del sector exportable son las que tienen menor rigidez.

El modelo genera coeficientes de traspaso del tipo de cambio a precios sustancialmente distintos dependiendo del *shock* que enfrente la economía. Mientras que el coeficiente es alto y persistente en el caso de los *shocks* a la ecuación de paridad descubierta de tasas, este es bajo y de rápido traspaso en el caso de *shocks* a los precios externos.

Lo anterior puede entenderse intuitivamente si consideramos que el principal canal por medio del cual el tipo de cambio afecta la inflación es a través de los precios de las importaciones. En el modelo esto se da directamente a través de la participación de bienes importados en la canasta de consumo, e indirectamente a través del uso de bienes importados como bienes intermedios para la producción de bienes exportables y bienes no transables. Si el *shock* que causa una depreciación del tipo de cambio simultáneamente reduce los precios de las importaciones, el efecto final sobre



los precios domésticos será, todo lo demás constante, menor que si el *shock* mantiene inalterados los precios internacionales.

Otra forma de verlo es a través de la ecuación del tipo de cambio real:  $tcr_t = s_t p_t^* / p_t$ , donde  $tcr_t$  corresponde al tipo de cambio real,  $s_t$  es el tipo de cambio nominal,  $p_t^*$  es el nivel de precios externo, y  $p_t$  el nivel de precios doméstico. Un *shock* que afecte al tipo de cambio nominal pero que no afecte los precios externos requerirá un movimiento equivalente de precios domésticos para equilibrar el tipo de cambio real. Por otra parte, si el *shock* que genera el movimiento cambiario afecta la fijación de los precios externos, equilibrar el tipo de cambio real requerirá sólo un ajuste parcial a través de precios domésticos. Parte del ajuste se logrará con cambios de los precios externos.

Por su parte, la velocidad del ajuste inflacionario dependerá, en lo fundamental, de la rigidez y el grado de indexación en la fijación de precios de los distintos sectores.

El análisis anterior muestra la importancia de una correcta identificación del *shock* que está detrás de los movimientos del tipo de cambio. Si es un *shock* a precios externos, no se debería esperar gran efecto inflacionario y además este debería ocurrir en el corto plazo. En cambio, si el origen del movimiento cambiario es un *shock* doméstico que no afecta los precios externos, por ejemplo, un *shock* a la paridad de tasas, entonces este sí debería influir de forma importante y duradera.

Como consecuencia de la dinámica de fijación de precios y de la naturaleza de los distintos mercados, también se puede observar a la luz del modelo que el coeficiente de traspaso a precios transables (exportable e importados) es más alto que a precios no transables para el mismo plazo. Esto ocurre porque los sectores transables ocupan mayor cantidad de bienes importados en su producción y, además, porque los precios no transables muestran mayor inercia, a través de la indexación, respecto de lo ocurrido en el pasado. Esto implica que mientras los cambios en los precios transables serán mayores y más inmediatos, los de los precios no transables se harán de forma más paulatina, pero por un mayor tiempo.

Finalmente, con este modelo se relacionaron las medidas de coeficiente de traspaso condicionales con incondicionales, que son las más conocidas y las que, en general, se miden en la literatura empírica<sup>100</sup>. Los resultados muestran que las medidas empíricas son un promedio ponderado de los coeficientes condicionales, usando como ponderadores la importancia del *shock* respectivo en explicar las variaciones del tipo de cambio.

---

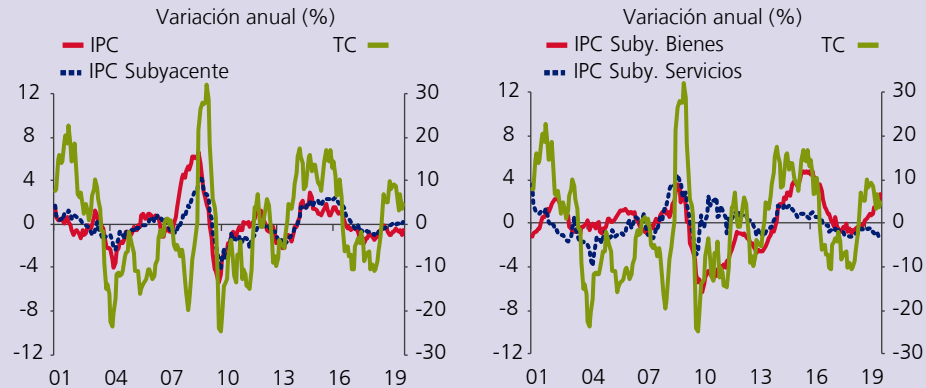
<sup>100</sup> Ver, por ejemplo, Justel y Sansone (2016), Contreras y Pinto (2016) y Albagli *et al.* (2015).

### Recuadro 4.1: Evaluación del impacto inflacionario de movimientos del tipo de cambio

El tipo de cambio es uno de los principales determinantes de la inflación. La Figura 4.5 muestra la evolución del tipo de cambio en Chile, y cómo esta se compara con distintas medidas de inflación. Se observa una correlación importante entre los precios domésticos y el tipo de cambio. Sin embargo, esta correlación difiere de manera relevante dependiendo de la subdivisión de precios que se analice. Movimientos cambiarios parecen afectar en mayor medida al sector de bienes que al de servicios. La alta correlación observada motiva el estudio recurrente —en recuadros temáticos de los IPoM— del efecto que tienen los movimientos cambiarios en los distintos componentes de la inflación.

Figura 4.5

#### Inflación y tipo de cambio (1)



(1) Todas las series se presentan en desvíos de su media muestral. Medida de inflación subyacente corresponde al IPC sin alimentos ni energía.

Fuentes: Banco Central de Chile e Instituto Nacional de Estadísticas.

Los últimos tres recuadros asociados se presentaron en los informes de marzo de 2014, 2016 y 2018. En estos estudios, el estadístico que resume la relación entre precios y tipo de cambio se denomina coeficiente de traspaso y se define como el cociente entre el cambio acumulado en un precio (o índice de precios) durante un período dado, y la variación acumulada en el tipo de cambio durante ese mismo período.

En la literatura internacional, la principal metodología para la estimación del coeficiente de traspaso se basa en modelos de vectores autorregresivos (VAR). Siguiendo esa línea, en marzo del 2014, haciendo uso del modelo documentado en Justel y Sansone (2016) y descrito en la Sección 4.1.4, se estimó un coeficiente de traspaso del tipo de cambio nominal al índice de precios al consumidor (IPC) de entre 0,1 y 0,2 para un horizonte de entre uno y dos años. Para



la inflación subyacente, considerando el mismo horizonte, el coeficiente se estimó en torno a 0,1. Esto quiere decir que, ante movimientos cambiarios donde el peso se deprecia en 1%, la inflación del IPC aumentará en promedio entre 0,1% y 0,2%.

Análisis subsiguientes se realizaron en 2016 y 2018 para ahondar en el estudio de la conexión entre tipo de cambio y precios locales. En 2016, el análisis se enfocó en estudiar si el coeficiente de traspaso es distinto para distintas subclases de precios, mientras que en 2018, el análisis se centró en el estudio de coeficientes de traspaso diferenciados según las distintas perturbaciones (*shocks*) que recibe la economía.

Para el recuadro del 2016, el análisis se basó principalmente en el estudio de Contreras y Pinto (2016), descrito en la Sección 4.1.4. La primera fila de la Tabla 4.1 reproduce los resultados obtenidos en este estudio. El traspaso al componente de bienes de la inflación subyacente se estima en 0,15, bastante más alto que el de servicios, que se estima en 0,08. Esto implica que, ante una misma variación en el tipo de cambio, se espera que los precios de los bienes sean más afectados que los de los servicios. La razón de esta discrepancia se atribuye a la mayor relevancia del componente importado en el sector de bienes que en el de servicios.

Tabla 4.1

**Coefficiente de traspaso por subclase y condicionales a 1 año (1)**

	IPC	IPC subyacente (Bienes)	IPC subyacente (Servicios)
Incondicional	0,15	0,15	0,08
Condicionales a			
<i>Shock</i> a precios internacionales	0,05	0,07	0,02
<i>Shock</i> a paridad de tasas	0,26	0,4	0,09

(1) Los coeficientes de traspaso incondicionales son los publicados en el recuadro del 2016 y los condicionales a los *shocks* de precios internacionales y paridad de tasas son los del recuadro de 2018.

Fuentes: García *et al.* (2018) y Contreras y Pinto (2016).

Por su parte, el análisis de marzo del 2018 se basó en el modelo estructural descrito en García y García-Cicco (2020) y en la Sección 4.2.2 de este libro. Este modelo, a diferencia de los VAR, permite identificar los *shocks* específicos detrás de los movimientos cambiarios y calcular los coeficientes de traspaso asociados a cada uno de ellos.

Con la ayuda de este modelo se identifican, en una primera etapa, los *shocks* que explican en mayor medida las variaciones del tipo de cambio, encontrándose que los *shocks* a los precios internacionales y a la paridad de tasas de interés son los más importantes: explican el 69 y 18%, respectivamente, de las variaciones del tipo de cambio. En una segunda etapa, se calcula,

para cada uno de estos *shocks*, el coeficiente de traspaso tanto para IPC total como para los componentes de bienes y de servicios de la inflación subyacente. Como muestra la parte inferior de la tabla 4.1, los coeficientes de traspaso estimados son sustancialmente distintos dependiendo del *shock* y del componente de la inflación analizado.

El coeficiente a un año para el IPC total en respuesta a un *shock* de precios internacionales se estima en 0,05, mientras que el coeficiente estimado ante un *shock* a la paridad de tasas se estima en 0,26. Esto implica que, ante una misma variación en el tipo de cambio, si esta viene por un *shock* a la paridad de tasas, los efectos en la economía local serán significativamente mayores a que si viene por cambios en los precios internacionales. Como es de esperarse, al igual que para el caso incondicional, los coeficientes de traspaso de ambos *shocks* son mayores para el componente de bienes de la inflación subyacente y menores para el de servicios.

### 4.2.3 Generaciones traslapadas y análisis de largo plazo

El BCCh cuenta con modelos de generaciones traslapadas (OLG, por sus siglas en inglés) para abordar el análisis de ciertos fenómenos, así como también para complementar el estudio de otros. En los modelos OLG, los individuos viven un número finito de períodos, lo que lleva a una estructura poblacional en donde en cada período coexisten distintas generaciones (o edades), y donde es posible distinguir entre distintas etapas del ciclo de vida de un individuo. Esta característica es la principal diferencia entre estos modelos y aquellos que, como el XMAS, consideran hogares que toman decisiones con un horizonte temporal infinito, ignorando la importancia de la estructura etaria. De este modo, los modelos OLG permiten, por ejemplo, estudiar sistemas de pensiones, para lo que resulta crítico modelar tanto las decisiones de trabajo, ahorro y consumo de los individuos activos, como las decisiones de ahorro y consumo de los individuos pasivos (jubilados). Además, en el BCCh estos modelos se han utilizado para analizar el impacto del influjo migratorio que Chile ha recibido en los últimos años, capturando la distribución etaria de los migrantes, que se caracteriza por individuos que son mayoritariamente adultos jóvenes.

#### Modelos de generaciones traslapadas

A pesar de que los OLG tienen una larga tradición en el análisis económico, desde su aparición con los trabajos de Allais (1947), Samuelson (1958) y Diamond (1965), su uso no es común en bancos centrales. La razón es que los modelos OLG se utilizan, mayormente, para analizar fenómenos de largo plazo que están fuera del alcance de la política monetaria. Precisamente, dada la naturaleza propia de la política económica que llevan adelante los bancos centrales, estos se enfocan, principalmente, en la evolución de la economía a lo largo del ciclo económico, bajo el supuesto de que la política monetaria tiene pocos o nulos efectos en el largo plazo. No obstante, los OLG son útiles para complementar el análisis de temas de interés para el BCCh.



## Efectos macroeconómicos de modificaciones al esquema de pensiones

Ante una solicitud del Ministerio de Hacienda, durante el último gobierno de Michelle Bachelet, el BCCh desarrolló una evaluación económica y financiera de los efectos que una reforma al sistema de pensiones podría producir en Chile<sup>102/</sup>. Parte de las conclusiones del informe resultante se basaron en simulaciones hechas con un modelo OLG con tres generaciones, donde en cada momento coexisten dos generaciones de individuos en edad de trabajar, jóvenes y adultos, y una tercera de individuos mayores que se asuman jubilados. Los individuos en edad de trabajar, además de considerar sus necesidades de consumo a lo largo de su ciclo laboral, ahorran parte de su ingreso para financiar su consumo durante su jubilación. Este modelo OLG incorpora un sector de trabajo informal, modelado de forma estilizada, con el objetivo de capturar este relevante margen extensivo propio de economías emergentes como la chilena<sup>103/104/</sup>. Los individuos deciden cuánto tiempo trabajan en el sector formal, donde firmas producen bienes que se transan en el mercado, y cuánto en el sector informal, que se modela como producción en el hogar que genera bienes que se consumen solamente por los mismos individuos que los producen. Se supone, además, la existencia de individuos con distintos niveles de habilidad y preferencias inter-temporales, lo que permite aproximarse a la distribución del ingreso y a las diferencias en la tasa de ahorro que se observan en Chile. Finalmente, el modelo incorpora, de forma reducida, fricciones informacionales que limitan la capacidad de los agentes para internalizar futuros beneficios derivados de contribuciones a un sistema de pensiones.

Una versión más reciente del modelo, documentada en Albagli *et al.* (2020), incorpora una serie de mejoras respecto de aquel en que se basó el informe presentado en 2017<sup>105/</sup>. Entre las modificaciones incorporadas a esta nueva versión del modelo destacan un impuesto sobre el ingreso laboral formal, para generar una diferencia entre ingresos brutos y netos, retornos decrecientes en la informalidad, y una nueva calibración de la elasticidad del trabajo informal en línea con Joubert (2019). Estos cambios, que permiten modelar de mejor modo la dinámica del sector informal, no modifican los resultados cualitativos arrojados por la versión anterior: los sistemas de capitalización individual y ahorro intra-generacional condicional continúan produciendo efectos similares que dominan al esquema de ahorro intra-generacional no condicional, y el régimen de reparto se mantiene como la opción que afecta en mayor medida al PIB. Con el análisis más rico de las dinámicas laborales que permite la nueva versión del modelo, se encuentra que el sistema de ahorro intra-generacional condicional es capaz de reducir más significativamente la informalidad que el plan de capitalización individual.

El modelo permite analizar el impacto macroeconómico de un aumento de 5% en la cotización previsional, con cargo al empleador, bajo distintos regímenes: (i) capitalización individual, donde la cotización adicional se destina a un fondo que pertenece a cada trabajador y que solo puede retirarse en el periodo de jubilación; (ii) ahorro intra-generacional, donde la cotización adicional va a un fondo que pertenece a la generación de la que es miembro el trabajador por quien la firma realiza la cotización, y se reparte entre los miembros de esa generación cuando esta se jubila de acuerdo a dos reglas: una, condicional en la cantidad de cotizaciones y otra, progresiva pero incondicional en el registro histórico de cotizaciones de cada trabajador; y (iii) reparto, donde la cotización adicional se utiliza inmediatamente para financiar a los pensionados existentes.

<sup>102/</sup> El informe "Evaluación de Impactos Macroeconómicos de Largo Plazo de Modificaciones al Sistema de Pensiones", Banco Central de Chile (2017b), sintetiza los resultados de la evaluación realizada.

<sup>103/</sup> Aunque hay más de una manera de definir informalidad, la literatura encuentra que la mayoría de trabajadores por cuenta propia reúnen varias características asociadas a la informalidad. Véase, por ejemplo, Fernández y Meza (2015).

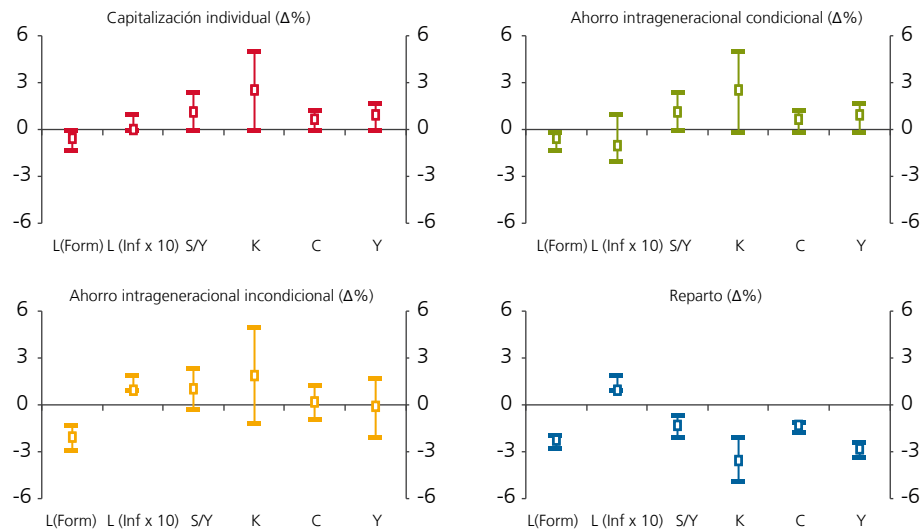
<sup>104/</sup> La estructura del sector informal en el modelo sigue a Orsi *et al.* (2014).

<sup>105/</sup> La versión más reciente permite replicar los resultados de 2017 ajustando la calibración y cerrando canales no presentes en la versión original.

Los resultados, resumidos en la Figura 4.6, muestran que las reformas que implican un régimen de capitalización individual, y uno de ahorro intra-generacional condicional, tendrían impactos macroeconómicos similares: efectos negativos moderados en el mercado laboral, contrarrestados por un aumento del stock de capital producto del ahorro forzoso, lo que generaría que el producto se expanda en ambos escenarios. El escenario de ahorro intra-generacional no condicional tendría efectos más negativos en el mercado laboral, el ahorro agregado, el stock de capital, y el producto, el que sería marginalmente menor que previo a la reforma. Finalmente, el régimen de reparto sería el escenario más negativo en términos de variables macroeconómicas, con una importante caída del stock de capital y la demanda por trabajo, más allá del efecto disuasivo que tiene en esta última la cotización cargada al empleador. Respecto del impacto de largo plazo en las pensiones agregadas, estas aumentarían de manera significativa bajo capitalización individual y ahorro intra-generacional condicional, y en menor medida bajo ahorro intra-generacional no condicional, mientras que el sistema que menos haría crecer las pensiones sería el de reparto.

Figura 4.6

### Simulaciones en modelo OLG de los efectos macroeconómicos de cambios a régimen de pensiones (1)(2)(3)



(1) Resultados corresponden a los publicados en informe "Evaluación de Impactos Macroeconómicos de Largo Plazo de Modificaciones al Sistema de Pensiones", Banco Central de Chile (2017). Los resultados presentados en Albagli *et al.* (2020) son cualitativamente equivalentes.

(2) L (form) denota empleo formal, L (inf) empleo informal, S/Y ahorro sobre PIB, K capital, C consumo, e Y PIB.

(3) Resultados muestran los cambios porcentuales en los niveles de largo plazo en base a simulaciones del modelo. Se grafican los resultados de la calibración base, además de los máximos y mínimos de distintas sensibilidades.

Fuente: Banco Central de Chile (2017).

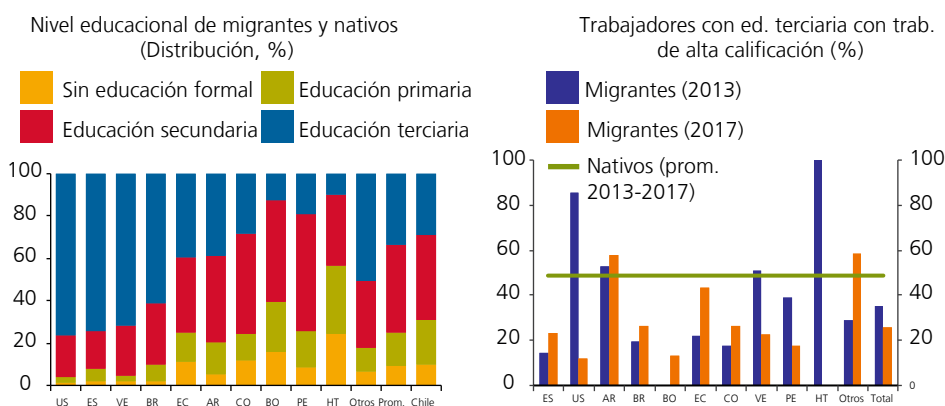


## Implicancias macroeconómicas de la migración

El BCCh también ha usado un modelo OLG para analizar los efectos macroeconómicos del flujo inmigratorio que Chile ha recibido en los últimos años<sup>106/</sup>. Este caso, a diferencia del anterior en que se estudiaron sistemas de pensiones, se consideró efectos tanto de mediano como de largo plazo a partir de un modelo con 24 generaciones, es decir, uno en el que en cada período conviven 24 generaciones; cada individuo vive 24 períodos. Los individuos pertenecientes a las primeras 16 generaciones se suponen en edad de trabajar, mientras que los individuos pertenecientes a las ocho siguientes (17 a 24) se asumen jubilados. El modelo se calibra de modo que cada período abarca 10 trimestres, lo que significa que los individuos trabajan durante 40 años (aproximando una vida laboral entre los 20 y 60 años), y que están jubilados durante sus últimos 20 años de vida (aproximadamente entre los 60 y 80 años)<sup>107/</sup>.

La manera en que los migrantes se insertan en el mercado laboral local es un determinante clave del efecto del flujo inmigratorio. La evidencia, como se ilustra en la Figura 4.7, indica que aunque los inmigrantes tienen un nivel educativo similar al de los chilenos, es posible que atraviesen por un período transitorio de subempleo<sup>108/</sup>. El diseño del modelo OLG utilizado en este análisis permite incorporar este subempleo transitorio, pues considera individuos de distintos niveles de habilidad. Así, es posible simular un flujo inmigratorio caracterizado por migrantes que transitoriamente cuentan con un nivel de habilidad más bajo.

**Figura 4.7**  
**Características de empleo y educación de los migrantes en Chile (1)**



(1) Los países se denotan como sigue: Estados Unidos (US), España (ES), Venezuela (VE), Brasil (BR), Ecuador (EC), Argentina (AR), Colombia (CO), Bolivia (BO), Perú (PE), y Haití (HT).

Fuente: Aldunate *et al.* (2018).

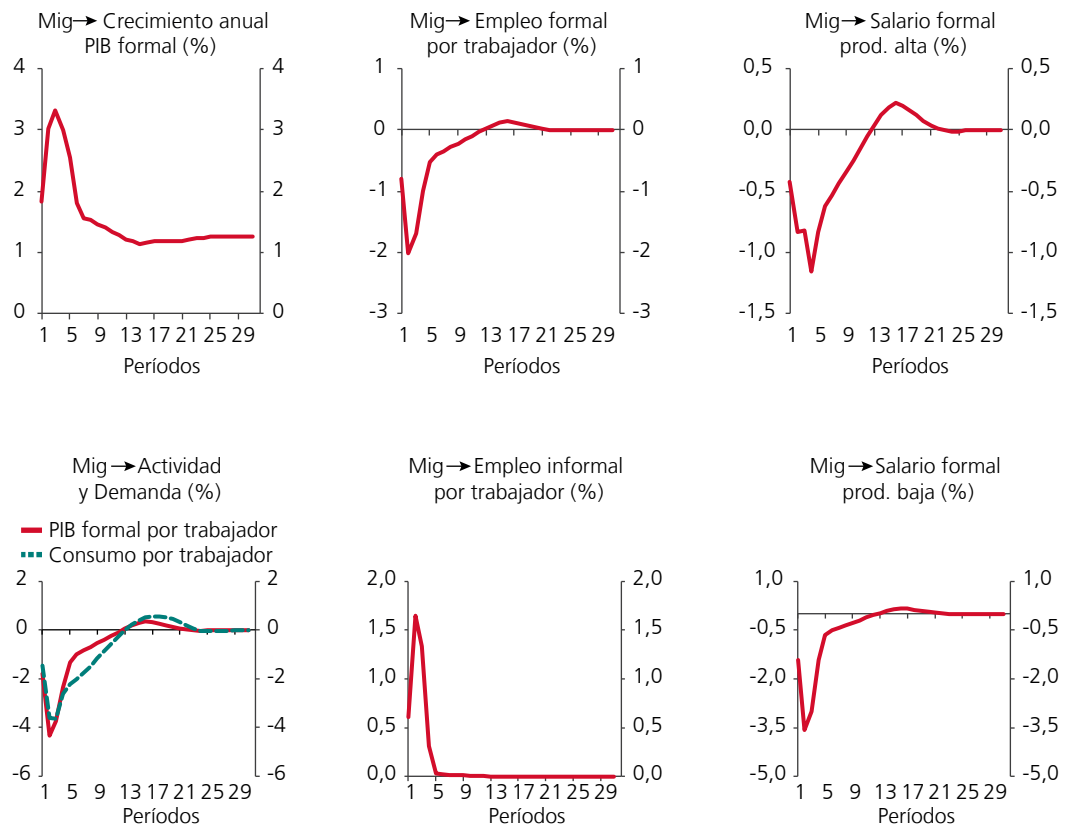
<sup>106/</sup> Una versión detallada del modelo y sus resultados se puede ver en Arias y Guerra-Salas (2019).

<sup>107/</sup> Nótese que al considerar solamente las etapas en edad de trabajar y de jubilación, el modelo ignora un período inicial en que los individuos reciben educación. Véase Boldrin y Montes (2015), para un análisis de generaciones traslapadas que considera la decisión de acumulación de capital humano vía educación en una primera etapa del ciclo de vida.

<sup>108/</sup> Véase Aldunate *et al.* (2018)

En base a las simulaciones del flujo inmigratorio usando el modelo OLG, que se resumen en la Figura 4.8, podemos destacar los siguientes resultados: (i) el aumento de la oferta laboral producto de la inmigración genera una presión a la baja sobre los salarios del sector formal; (ii) los salarios que más caen son los de los trabajadores de menor nivel de habilidad, pues el período de subempleo por el que los inmigrantes atraviesan hace que el incremento de la oferta de trabajadores de menor habilidad sea mayor que el de la de aquellos de mayor habilidad; (iii) ante la disminución generalizada de salarios en el sector formal, el sector informal se hace más atractivo, por lo que se produce una reasignación hacia ese sector, es decir, un aumento de las horas promedio que los trabajadores destinan al sector informal, y una caída de las horas promedio en el sector formal; (iv) aunque el PIB se incrementa debido al aumento de la fuerza laboral, el producto por trabajador disminuye; (v) finalmente, el consumo por trabajador también se reduce, aunque algo menos que el producto por trabajador, debido al rol que el sector informal juega como estabilizador de los ingresos<sup>109/</sup>.

Figura 4.8  
**Simulaciones en modelo OLG de los efectos macroeconómicos de un *shock* migratorio (1)(2)**



(1) Cada período abarca 10 trimestres.

(2) Las respuestas se expresan en desvíos de su nivel de estado estacionario, con la excepción del crecimiento del PIB.

Fuente: Arias y Guerra-Salas (2019).

<sup>109/</sup> Para más detalles sobre sector informal como un amortiguador de los ingresos, véase Loayza y Rigolini (2011) y Fernández y Meza (2015).



Así, el uso reciente de modelos OLG para el estudio del sistema de pensiones, y del flujo inmigratorio, ha permitido que el BCCh incorpore este tipo de herramientas a su instrumental analítico. Estos expanden el tipo de preguntas que pueden abordarse con modelos formales, por lo que se espera que en el futuro sigan aportando al análisis de diversos temas relevantes para la economía chilena.

## 5. CONCLUSIONES Y AGENDA FUTURA

La credibilidad de la política monetaria se sostiene en el profesionalismo con que el BCCh aborda su objetivo de estabilidad de precios. El uso de los modelos económicos, de forma criteriosa y no mecánica, es un componente fundamental para el logro de este propósito.

En este libro se documenta el uso de los modelos macroeconómicos para el análisis y las proyecciones, describiendo la forma en que la interacción entre los resultados de distintos modelos y el juicio experto del Consejo y del *staff* permiten formar una visión global del estado actual y futuro de la economía, colaborando con ello en la toma de decisiones de política monetaria conducentes a lograr de manera eficiente el objetivo de estabilidad de precios.

Cabe destacar que las metodologías expuestas en este libro representan una fotografía dentro de un proceso continuo de mejoras y ajustes en el desarrollo de los modelos. El entorno económico cambia constantemente, a la par de los avances en la teoría económica y en las técnicas estadísticas y econométricas. La agenda de modelación del BCCh busca adaptar las herramientas de modelación disponibles para el análisis tomando en cuenta estas consideraciones.

Esta agenda, que engloba una serie de proyectos de corto y mediano plazo, busca mejorar el análisis en distintas dimensiones, incluyendo el mercado laboral, la interacción entre los mercados financieros y la economía real, la modelación de una política monetaria óptima, además de otros tópicos relevantes.

Respecto de la primera dimensión, el mercado laboral, destacan dos proyectos. El primero busca explorar las implicancias agregadas de las llamadas “escaleras laborales” —definidas como la posibilidad de realizar transiciones provechosas a otros empleos en que los trabajadores encuentran relaciones laborales de mejor calidad—, y la forma en que estas ganancias en productividad se pierden como resultado de la destrucción de puestos de trabajo. Esto considera un modelo calibrado con flujos laborales chilenos. El segundo proyecto consiste en la implementación de fluctuaciones endógenas de la fuerza laboral en un modelo construido a partir del XMAS, considerando flujos entre inactividad, desempleo y empleo formal e informal.

En cuanto a la interacción entre los mercados financieros y la economía real, un proyecto relevante consiste en el desarrollo de un modelo de equilibrio general que incorpora mercados financieros friccionados en la estructura del XMAS, con interacciones entre las dinámicas de la economía real y los mercados financieros, y un rol explícito para una política macroprudencial por parte del BCCh.



Un tercer foco de la agenda corresponde a los proyectos de mejora respecto de la forma en la que se modela la respuesta de política monetaria apropiada ante distintos *shocks* económicos, más allá de considerar simples reglas de tipo Taylor. Por una parte, se busca analizar la implementación de reglas óptimas en los modelos, entendidas como aquellas donde la respuesta prescrita minimiza los costos económicos provocados por distintos *shocks*. Un proyecto complementario busca incorporar en la formulación de las decisiones de política monetaria consideraciones de robustez frente a la incertidumbre inherente en los modelos.

Además, la agenda futura considera otros tópicos que pueden resultar relevantes para un mejor entendimiento del fenómeno de la inflación y para una mejor calibración de las respuestas de política monetaria. Un ejemplo de lo anterior corresponde a la modelación de agentes heterogéneos, en donde cambios en la distribución de los activos entre los agentes tienen implicancias en los mecanismos de transmisión de la política monetaria. El desarrollo de modelos en torno a este y otros tópicos se evalúa constantemente en función de la evolución de la economía y las necesidades del Consejo, en un proceso continuo de retroalimentación, que tiene como objeto mejorar las herramientas de análisis y, con ello, facilitar el proceso de toma de decisiones conducentes al cumplimiento de los objetivos del BCCCh.

## 6. REFERENCIAS

- Adrian, T., Crump, R. K. y Moench, E. (2013). Pricing the Term Structure with Linear Regressions. *Journal of Financial Economics*, 110(1), 110-138.
- Afrouzi, H. y Yang, C. (2019). Dynamic Inattention, the Phillips Curve, and Forward Guidance. Mimeo, Columbia University.
- Albagli, E., Arias, A. y Kirchner, M. (2020). Collective Savings Pension Policy in an Economy with Heterogeneity and Informality. Mimeo, Banco Central de Chile.
- Albagli, E. y Naudon, A. (2015). ¿De qué Hablamos Cuando Hablamos de Producto Potencial? Mimeo, Banco Central de Chile.
- Albagli, E., Naudon, A. y Vergara, R. (2015). Inflation Dynamics in LATAM: A Comparison with Global Trends and Implications for Monetary Policy. Documentos de Política Económica No. 58, Banco Central de Chile.
- Aldunate, R., Bullano, F., Canales, M., Contreras, G., Fernández, A., Fornero, J., García, M., García, G., Peña, J., Tapia, M. y Zúñiga, R. (2019). Estimación de Parámetros Estructurales de la Economía Chilena. Mimeo, Banco Central de Chile.
- Aldunate, R., Contreras, G. y Tapia, M. (2018). Caracterización de la Migración Reciente en Chile. *Notas de Investigación Journal Economía Chilena (The Chilean Economy)*, 21(3), 110-123.
- Allais, M. (1947). *Économie & intérêt: présentation nouvelle des problèmes fondamentaux relatifs au rôle économique du taux de l'intérêt et de leurs solutions*. Librairie des publications officielles.
- Anderson, M. D., Hunt, M. B., Kortelainen, M., Kumhof, M. M., Laxton, M. D., Muir, D., Mursula, S. y Snudden, S. (2013). Getting to Know GIMF: the Simulation Properties of the Global Integrated Monetary and Fiscal Model. Documento de Trabajo No. 13/55, Fondo Monetario Internacional.
- Arias, A. y García, M. (2018). Análisis de Reglas de Política Monetaria en Modelo XMAS. Mimeo, Banco Central de Chile.
- Arias, A. y Guerra-Salas, J. (2019). Immigration in Emerging Countries: A Macroeconomic Perspective. Documento de Trabajo No. 857, Banco Central de Chile.



Arias, A. y Kirchner, M. (2019). Shifting Inflation Expectations and Monetary Policy. Documento de Trabajo No. 829, Banco Central de Chile.

Arroyo F., Bullano, F., Fornero, J. y Zuñiga, R. (2020). Semi-Structural Forecasting Model. Documento de Trabajo No. 866, Banco Central de Chile.

Banbura, M., Giannone, D. y Reichlin, L. (2010). Large Bayesian Vector Auto Regressions. *Journal of Applied Econometrics*, 25(1), 71-92.

Banco Central de Chile (2003). *Modelos Macroeconómicos y Proyecciones del Banco Central de Chile*.

Banco Central de Chile (2013). *Cuentas Nacionales de Chile: Métodos y Fuentes de Información*.

Banco Central de Chile (2017a). *Crecimiento Tendencial: Proyección de Mediano Plazo y Análisis de sus Determinantes*.

Banco Central de Chile (2017b). *Evaluación de Impactos Macroeconómicos de Largo Plazo de Modificaciones al Sistema de Pensiones*.

Banco Central de Chile (2020). *La Política Monetaria del Banco Central de Chile en el Marco de Metas de Inflación*.

Beltrán F., Calvo G., Correa G., Opazo T., Riquelme V., Rodríguez D. y Wlasiuk J. M. (2020). Modelos Estructurales y de Forma Reducida para la Economía Internacional. Mimeo. Banco Central de Chile.

Bermingham, C. y D'Agostino, A. (2014). Understanding and Forecasting Aggregate and Disaggregate Price Dynamics. *Empirical Economics*, 46(2), 765-788.

Bernanke, B. (2007). Globalization and Monetary Policy. Speech No. 262, Board of Governors of the Federal Reserve System (US).

Blagrove, P., Elliott, P., Garcia-Saltos, M. R., Hostland, D., Laxton, M. D. y Zhang, F. (2013). Adding China to the Global Projection Model. Documento de Trabajo No. 13/256, Fondo Monetario Internacional.

Boldrin, M. y Montes, A. (2015). Modeling an Immigration Shock. *European Economic Review*, 74, 190-206.

Bontemps, C. y Mizon, G. E. (2008). Encompassing: Concepts and Implementation. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 70, 721-750.

Box, G. E. P. y Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day.

Calvo, G. A. (1983). Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3), 383-398.

- Carlomagno, G. y Sansone, A. (2019). Marco Metodológico para la Construcción de Indicadores de Inflación Subyacente. Mimeo, Banco Central de Chile.
- Carlomagno, G. y Torres, J. (2020). Uso de Modelos Econométricos para la Proyección de Inflación en el Banco Central de Chile. Mimeo, Banco Central de Chile.
- Castle, J., Doornik, J., Hendry, D. y Pretis, F. (2015). Detecting Location Shifts during Model Selection by Step-Indicator Saturation. *Econometrics*, 3(2), 240-264.
- Ca'Zorzi, M., Hahn, E. y Sánchez, M. (2007). Exchange Rate Pass-Through in Emerging Markets. *The IUP Journal of Monetary Economics*, (4), 84-102.
- Ceballos, L., Fuentes, M. y Romero, D. (2013). Efectos del Riesgo Financiero en Fuentes de Financiamiento de Empresas, Hogares y Bancos. *Economía Chilena*, 16(2), 134-148.
- Ceballos, L., Naudon, A. y Romero, D. (2016). Nominal Term Structure and Term Premia: Evidence from Chile. *Applied Economics*, 48(29), 2721-2735.
- Choudhri, E. U., Faruquee, H. y Hakura, D. S. (2005). Explaining the Exchange Rate Pass-Through in Different Prices. *Journal of International Economics*, 65(2), 349-374.
- Clark, P. B. y MacDonald, R. (1999). Exchange Rates and Economic Fundamentals: a Methodological Comparison of BEERs and FEERs. In *Equilibrium Exchange Rates* (pp. 285-322). Springer, Dordrecht.
- Clark, T. (2001). Comparing Measures of Core Inflation. *Economic Review*, (Q II), 5-31.
- Clement, J. (2015). Pension Design with a Large Informal Labor Market: Evidence From Chile, *International Economic Review*, vol. 56, pp 673-694, Mayo.
- Cobb, M. (2020). Aggregate Density Forecasting from Disaggregate Components Using Bayesian VARs, *Empirical Economics*, January 2020, Volume 58, Issue 1, pp 287-312
- Cobb, M., Echavarría, G., Filippi, P., García, M., Godoy, C., Gonzalez W., Medel, C. y Urrutia, M. (2011). Short-Term GDP Forecasting Using Bridge Models: a Case for Chile, Documento de Trabajo No. 626, Banco Central de Chile.
- Cobb, M. y Peña, J. (2020). Proyecciones de Corto Plazo para el PIB Trimestral: Desempeño Reciente de una Serie de Modelos Estándar. Documento de Trabajo No. 871, Banco Central de Chile.
- Coibion, O., Gorodnichenko, Y. y Kamdar, R. (2018). The Formation of Expectations, Inflation, and the Phillips Curve. *Journal of Economic Literature*, 56(4), 1447-91.
- Contreras, G. y Pinto, F. (2016). Traspaso de Tipo de Cambio Nominal a Inflación Desagregada en Chile. *Economía Chilena*, 19: 154-170.





Corbo, V., Caballero, R., Marcel, M., Rosende, F., Schmidt-Hebel, K., Vergara, R. y Vial, J. (2011). *Comité Asesor para el Diseño de una Política Fiscal de Balance Estructural de Segunda Generación para Chile: Propuestas para Perfeccionar la Regla Fiscal*. Ministerio de Hacienda.

Córdova, J. F., Grünwald, M. C. y Pedersen, M. (2008). Medidas Alternativas de Inflación Subyacente para Chile. Documento de Trabajo No. 471, Banco Central de Chile.

Cowan, K., Rappoport, D. y Selaive, J. (2007). High Frequency Dynamics of the Exchange Rate in Chile. Documento de Trabajo No. 433, Banco Central de Chile.

Cutler, J. (2001). Core Inflation in the UK. External MPC Unit Discussion Paper No 03, Bank of England.

De Gregorio Rebeco, J., González, H. y Jaque, F. (2005). Fluctuaciones del Dólar, Precio del Cobre y Términos de Intercambio. Documento de Trabajo No. 310, Banco Central de Chile.

Del Negro, M., Giannone, D., Giannoni, M. P. y Tambalotti, A. (2017). Safety, Liquidity, and the Natural Rate of Interest. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2017(1), 235-316.

Del Negro, M., Giannone, D., Giannoni, M. P. y Tambalotti, A. (2019). Global Trends in Interest Rates. *Journal of International Economics*, 118, 248-262.

Diamond, P. (1965). National Debt in a Neoclassical Growth Model. *American Economic Review*, 55(5), 1126-1150.

Doornik, J. A. (2009). *Autometrics*. Chap. 4 in Castle and Shephard, the Methodology and Practice of Econometrics: A Festschrift in Honour of David F. Hendry., 88-121: Oxford University Press.

Doornik, J. y Hendry, D. (2016). Outliers and Model Selection: Discussion of the Paper by Søren Johansen and Bent Nielsen. *Scandinavian Journal of Statistics*, 43, No. 2 (2016): 360-65.

Draghi, M. (2014). Monetary Policy in the Euro Area. Speech at the Frankfurt European Banking Congress, Frankfurt am Main, November 21.

Enders, W. (2004) *Applied Econometric Time Series*, 2nd Edition. In: Wiley Series in Probability and Statistics, John Wiley y Sons, Inc., Hoboken.

Engle, R. F. y Granger, C. W. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251-276.

Erceg, C. J. y Levin, A. T. (2003). Imperfect Credibility and Inflation Persistence. *Journal of Monetary Economics*, 50(4), 915-944.

Fernandez, A. y Meza, F. (2015). Informal Employment and Business Cycles in Emerging Economies: The Case of Mexico. *Review of Economic Dynamics*, 18 (2), 381-405.

- Fondo Monetario Internacional (2014). "Manual de Estadísticas de la Finanzas Públicas 2014".
- Fornero, J., Guerra-Salas, J. y Pérez-Núñez, C. (2019). Multiplicadores Fiscales en Chile. *Revista Economía Chilena*, 22(11), 58-80.
- Fornero, J. y Zúñiga, R. (2017). PIB Potencial y Brechas de Capacidad. Mimeo, Banco Central de Chile.
- Fornero, J., Kirchner, M. y Yany, A. (2015). Terms of Trade Shocks and Investment in Commodity-Exporting Economies. *Central Banking, Analysis, and Economic Policies Book Series*, 22, 135-193.
- Galí, J. (2015). *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: an Introduction to the New Keynesian Framework and its Applications*. Princeton University Press.
- Galí, J. y Gertler, M. (1999). Inflation Dynamics: A Structural Econometric Analysis. *Journal of Monetary Economics*, 44(2), 195-222.
- García, B., García, M. y García-Cicco, J. (2018). Traspaso del Tipo de Cambio a Precios en Chile: Un Análisis Estructural. Mimeo, Banco Central de Chile.
- García, B., Guarda, S. y Kirchner, M. (2017). Propagación de Shocks de Inflación no SAE y el Rol de las Expectativas de Inflación. Mimeo, Banco Central de Chile.
- García, B., Guarda, S., Kirchner, M. y Tranamil, R. (2019). XMAS: An Extended Model for Analysis and Simulations. Documento de Trabajo No. 833, Banco Central de Chile.
- García, B. y Guerra-Salas, J. (2020). On the Response of Inflation and Monetary Policy to an Immigration Shock. Documento de Trabajo No. 872, Banco Central de Chile.
- García, C., García, P., Magendzo, I. y Restrepo, J. (2005). The Monetary Transmission Mechanism in Chile: A Medium-Sized Macroeconometric Model. *Series on Central Banking, Analysis, and Economic Policies*, no. 9.
- García, C. y Jaramillo, P. (2007). Modelación de Precios Internacionales de Combustibles Relevantes para la Economía Chilena. *Economía Chilena*, 10(1), 93-103.
- García, M. y García-Cicco, J. (2020). A TNT DSGE Model for Chile: Explaining the ERPT. Documento de Trabajo No. 868, Banco Central de Chile.
- Ghysels, E., Santa-Clara, P. y Valkanov, R. (2004). The MIDAS Touch: Mixed Data Sampling Regression Models. Mimeo, Chapel Hill, NC.
- Ghysels, E. (2013). Matlab Toolbox for Mixed Sampling Frequency Data Analysis using MIDAS Regression Models, Version 5.0.
- Gonzalez, W. (2012). Un Gran VAR Bayesiano para la Economía Chilena. *Revista de Análisis Económico*, 27(2), 75-119.



Granger, C. W. (2001). Seasonality: Causation, Interpretation, and Implications. In *Essays in econometrics* (pp. 121-146). Cambridge University Press.

Hall, R. E. (2005). Employment Fluctuations with Equilibrium Wage Stickiness. *American Economic Review*, 95(1), 50-65.

Hendry, D. F., Marcellino, M. y Mizon, G. E. (2008). Guest Editors' Introduction to Special Issue on Encompassing. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 70, 715-719.

Herbst, E. P. y Schorfheide, F. (2015). *Bayesian Estimation of DSGE Models*. Princeton University Press.

Hogan, S., Johnson, M. y Laflèche, T. (2001). Core Inflation. Technical Report No. 89, Bank of Canada.

Holston, K., Laubach, T. y Williams, J. C. (2017). Measuring the Natural Rate of Interest: International Trends and Determinants. *Journal of International Economics*, 108, S59-S75.

Instituto Nacional de Estadísticas (2019). Manual Metodológico del Índice de Precios al Consumidor (IPC) Base Anual 2018.

Joubert, C. (2015). Pension Design with a Large Informal Labor Market: Evidence from Chile. *International Economic Review*, 56(2), 673-694.

Justel, S. y Sansone, A. (2016). Exchange Rate Pass-Through to Prices: VAR Evidence for Chile. *Economía Chilena*, 19(1), 20-37.

Koop, G. y Korobilis, D. (2013). Large Time-Varying Parameter VARs. *Journal of Econometrics*, 177(2), 185-198.

Larraín, F., Costa, R., Cerda, R., Villena, M. y Tomaselli, A. (2011). Una Política Fiscal de Balance Estructural de Segunda Generación para Chile. Estudios de Finanzas Públicas octubre 2011, Dipres.

Loayza, N. V. y Rigolini, J. (2011). Informal Employment: Safety Net or Growth Engine? *World Development*, 39(9), 1503-1515.

López, E., Meneses, F. y Riquelme, V. (2009). Elasticidades de Precios de Productos Básicos Relevantes para la Economía Chilena. *Notas de Investigación Journal Economía Chilena (The Chilean Economy)*, 12(3), 103-116.

Lucas Jr, R. E. (1972). Expectations and the Neutrality of Money. *Journal of Economic Theory*, 4(2), 103-124.

Lucas Jr, R. E. (1976). Econometric Policy Evaluation: A Critique. In *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 1, 19-46. North-Holland.

- Mankiw, N. G. y Reis, R. (2002). Sticky Information versus Sticky Prices: A Proposal to Replace the New Keynesian Phillips Curve. *The Quarterly Journal of Economics*, 117(4), 1295-1328.
- Marcel, M., Tokman, M., Valdés, R. y Benavides, P. (2001). Balance Estructural del Gobierno Central. Metodología y Estimaciones para Chile: 1987-2000. *Estudios de Finanzas Públicas*, Dipres.
- Marcel, M., Cabezas, M. y Piedrabuena, B. (2012). *Recalibrando la Medición del Balance Estructural en Chile*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Marcellino, M. y Schumacher, C. (2010). Factor MIDAS for Nowcasting and Forecasting with Ragged-Edge Data: A Model Comparison for German GDP. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 72, 518-550.
- McCarthy, J. (2007). Pass-Through of Exchange Rates and Import Prices to Domestic Inflation in Some Industrialized Economies. *Eastern Economic Journal*, 33(4), 511-537.
- Medina, J. P. y Soto, C. (2007). The Chilean Business Cycles Through the Lens of a Stochastic General Equilibrium Model. Documento de Trabajo No. 457, Banco Central de Chile.
- Milani, F. (2007). Expectations, Learning and Macroeconomic Persistence. *Journal of Monetary Economics*, 54(7), 2065-2082.
- Mortensen, D. T. y Pissarides, C. A. (1994). Job Creation and Job Destruction in the Theory of Unemployment. *The Review of Economic Studies*, 61(3), 397-415.
- Muñoz, E. (2014). Precio de Materias Primas y Spread Soberano en Economías Emergentes, ¿Importa la Concentración de las Exportaciones? *Economía Chilena*, 17(1), 100-121.
- Orsi, R., Raggi, D. y Turino, F. (2014). Size, Trend, and Policy Implications of the Underground Economy. *Review of Economic Dynamics*, 17(2), 417-436
- Peña, D., Tiao, G. C. y Tsay, R. S. (2011). *A Course in Time Series Analysis*. Vol. 322: John Wiley y Sons.
- Ramsey, F. P. (1928). A Mathematical Theory of Saving. *The Economic Journal*, 38(152), 543-559.
- Rodríguez, J., Tokman, C. y Vega, A. (2006). Política de Balance Estructural. Resultados y Desafíos tras Seis Años de Aplicación en Chile. *Estudios de Finanzas Públicas*, Dipres.
- Roger, S. (1997). A Robust Measure of Core Inflation in New Zealand, 1949-96. Documento de Trabajo No. G97/7, *Reserve Bank of New Zealand*.
- Samuelson, P. A. (1958). An Exact Consumption-Loan Model of Interest with or without the Social Contrivance of Money. *Journal of Political Economy*, 66(6), 467-482.



Schmidt-Hebbel, K. y Walsh, C. E. (2009). Monetary Policy and Key Unobservables: Evidence from Large Industrial and Selected Inflation-Targeting Countries. Documento de Trabajo No. 527, Banco Central de Chile.

Shiratsuka, S. (1997). Inflation Measures for Monetary Policy: Measuring the Underlying Inflation Trend and Implication for Monetary Policy Implementation. *Monetary and Economic Studies*, 15(2), 1-26.

Stock, J. y Watson, M. W. (2002). Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes. *Journal of Business and Economic Statistics*, 20(2), 147-162.

Stock, J. H. y Watson, M. W. (2016). Dynamic Factor Models, Factor-Augmented Vector Autoregressions, and Structural Vector Autoregressions in Macroeconomics. In *Handbook of Macroeconomics*, 2, 415-525.

Svensson, L. E. (1997). Inflation Forecast Targeting: Implementing and Monitoring Inflation Targets. *European Economic Review*, 41(6), 1111-1146.

Taylor, J. B. (1993). Discretion versus Policy Rules in Practice. In *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 39, 195-214.

U.S. Census Bureau (2017). X-13ARIMA-SEATS Reference Manual, Version 1.1, Time Series Research Staff, Center for Statistical Research and Methodology, U.S. Census Bureau, Washington.

Velasco, A., Arenas, A., Rodríguez, J., Jorratt, M. y Gamboni, C. (2010). *Enfoque de Balance Estructural en la Política Fiscal en Chile: Resultados, Metodología y Aplicación al Período 2006 – 2009*. Estudios de Finanzas Públicas, Dipres.

ARIMA: Promedio Móvil Autorregresivo e Integrado (*Autoregressive Integrated Moving Average*).

## 7. ABREVIACIONES

**BCCh:** Banco Central de Chile.

**BCE:** Banco Central Europeo.

**BU:** De abajo hacia arriba (*Bottom-up*).

**CBC:** Corporación de Bienes de Capital.

**Dipres:** Dirección de Presupuesto del Ministerio de Hacienda.

**DSGE:** Modelo Estocástico Dinámico de Equilibrio General (*Dynamic Stochastic General Equilibrium*).

**EMBI:** Índice de Bonos Soberanos de Países Emergentes (*Emerging Markets Bond Index*).

**FAO:** Organización para la Alimentación y Agricultura (*Food and Agriculture Organization*).

**FBCF:** Formación Bruta de Capital Fijo, incluye Construcción y Obras (CCOO) y Maquinaria y Equipos (MyE)

**FFR:** Tasa de política monetaria de Estados Unidos (*Fed Funds Rate*).

**FOMC:** Comité Federal de Mercado Abierto (*Federal Open Market Committee*).

**GPM:** Modelo de Proyecciones Globales (*Global Projection Model*).

**IACM:** Índice de Actividad del Comercio al por menor.

**ICMO:** Índice de Costo de la Mano de Obra.

**IMACEC:** Índice Mensual de Actividad Económica.

**IMCE:** Indicador Mensual de Confianza Empresarial.

**INE:** Instituto Nacional de Estadísticas.

**IPC:** Índice de Precios al Consumidor. También referido como IPC total.

**IPC SAE:** Índice de Precios al Consumidor sin Alimentos ni Energía.

**IPE:** Índice de Precios Externos.

**IPEC:** Índice de Percepción de la Economía de los Consumidores.

**IPP:** Índice de Precios al Productor.

**IPN:** Informe de Percepción de Negocios.

**IPoM:** Informe de Política Monetaria.

**Libor:** Tasa Interbancaria de Oferta de Londres (*London Inter-Bank Offered Rate*).

**MACRO:** Modelo de Consistencia Macroeconómica.



- MEPCO:** Mecanismo de Estabilización de Precios de los Combustibles.
- MSEP:** Modelo Semi-Estructural de Proyecciones.
- OCDE:** Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.
- OLG:** Modelo de Generaciones Trasladas (*Overlapping Generations Model*).
- PIB:** Producto Interno Bruto.
- PTF:** Productividad Total de Factores.
- RPM:** Reunión de Política Monetaria.
- RRNN:** Recursos Naturales.
- SARIMA:** Modelos ARIMA estacionales (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*).
- TCN:** Tipo de Cambio Nominal.
- TCR:** Tipo de Cambio Real.
- TPM:** Tasa de Política Monetaria.
- TPMN:** Tasa de Política Monetaria Neutral.
- TIRN:** Tasa de Interés Real Neutral.
- TPMR:** Tasa de Política Monetaria Real.
- VAR:** Vector Autorregresivo (*Vector Autoregression*).
- VIX:** Índice de Volatilidad Esperada (*Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index*).
- XMAS:** Modelo Extendido para Análisis y Simulación (*Extended Model for Analysis and Simulations*).





Alejandro Zurbuchen S.

---

**REPRESENTANTE LEGAL**

**BANCO CENTRAL DE CHILE**

Gerencia de División de Asuntos Institucionales  
MARZO 2020

ISBN: 956-7421-16-1  
Registro de Propiedad Intelectual N° 137.071  
Santiago, Chile  
Agustinas 1180, Santiago, Chile  
Casilla Postal 967, Santiago, Chile  
Tel.: 56-22670 2000  
[www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl)  
[bcch@bcentral.cl](mailto:bcch@bcentral.cl)

---

Esta publicación se encuentra protegida por la ley n.º17.336 Sobre propiedad intelectual. En consecuencia, su reproducción está prohibida sin la debida autorización del Banco Central de Chile. Sin perjuicio de lo anterior, es lícita la reproducción de fragmentos de esta obra siempre que se mencionen su fuente, título y autor.

