

# EL COBRE Y ESTRATEGIA FISCAL ÓPTIMA PARA CHILE

Alejandro Drexler

*Ministerio de Economía, Chile*

Eduardo Engel

*Universidad de Yale*

Rodrigo Valdés

*Ministerio de Hacienda, Chile*

El diseño de la política fiscal de un país como Chile, en que el Estado es dueño de un recurso no renovable que aporta medios significativos al financiamiento del gasto gubernamental, puede ser considerablemente más complejo que el de un país en que el aparato fiscal sólo cobra impuestos como forma de financiamiento. A las habituales interrogantes respecto del tamaño apropiado del Estado, de la distribución temporal de la carga impositiva y del diseño específico de la estructura de impuestos, se deben agregar decisiones sobre aspectos como la distribución intergeneracional de los recursos no renovables, la reacción apropiada del gasto y de los impuestos ante un shock en el precio del recurso, y el ahorro necesario para hacer frente a la volatilidad aparejada a los ingresos generados por este recurso. La complejidad de estas preguntas aumenta si, adicionalmente, se considera que el resto de la economía —y, por lo tanto, los

Este trabajo fue escrito cuando Alejandro Drexler y Eduardo Engel estaban afiliados a la Universidad de Chile.

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de Harald Beyer y de los asistentes al Cuarto Seminario Anual de Macroeconomía: “Análisis empírico del ahorro en Chile”, organizado por el Banco Central y el Centro de Estudios Públicos. Las opiniones aquí expresadas son de los autores y no representan necesariamente las del Ministerio de Hacienda.

*Análisis empírico del ahorro en Chile*, editado por Felipe Morandé y Rodrigo Vergara, Santiago, Chile. © 2001 Banco Central de Chile.

ingresos tributarios— se ve afectada por los shocks en el precio del recurso no renovable.

La importancia del cobre para las finanzas públicas en Chile se ilustra notando que los ingresos asociados al cobre han representado entre 46% (en 1989) y 2% (en 1999) de los ingresos tributarios totales del fisco, siendo el precio del mineral la variable clave para explicar las fluctuaciones. A su vez, la economía como un todo, excluido el cobre, muestra una considerable sensibilidad al precio del cobre, por lo que su evolución también afecta a los ingresos fiscales no asociados directamente al cobre. Por ejemplo, un aumento de 10% en el precio internacional del cobre produce una desviación positiva del PIB efectivo no minero respecto de su tendencia en aproximadamente 0,5%<sup>1</sup>.

Este trabajo utiliza el marco conceptual propuesto en Engel y Valdés (2000) para analizar el problema de la política fiscal adecuada en presencia de recursos naturales no renovables cuyo dueño es el Estado. Por construcción, el marco es exclusivamente normativo, lo que permite discutir las implicancias y principios que están detrás de prescripciones alternativas, tales como consumir sólo el ingreso permanente que se deriva del recurso o consumir lo que indica un planificador central que pondera de igual manera las generaciones presentes y futuras y que considera el resto de los ingresos de la economía y/o la incertidumbre envuelta en el problema. Además, se propone una nueva prescripción basada en una redistribución intergeneracional acotada.

El trabajo también presenta una aplicación de las distintas prescripciones al caso de una economía con las características de la chilena. En particular, se calculan las tasas de gasto (ahorro) “óptimas” del gobierno que se derivan de prescripciones alternativas considerando características como la importancia del cobre dentro de los ingresos fiscales, su senda de extracción y duración esperada, el proceso estocástico de los precios de venta y costos de extracción del cobre, así como el crecimiento esperado de los ingresos fiscales y privados distintos al cobre y el impacto de shocks en el precio del cobre en estos ingresos.

1. El ejercicio respectivo se basa en la estimación de una ecuación de la brecha entre el PIB no minero y su tendencia explicada por una serie de factores que incluyen precio del cobre, tasas de interés interna y externa, crecimiento de los socios comerciales de Chile e impulso fiscal. Entre los canales posibles que explican este efecto se encuentran los encadenamientos de la base productiva y el relajamiento de las restricciones externas que enfrenta la economía.

El tema que se analiza en este trabajo tiene una relación estrecha con el diseño de reglas para la política fiscal. En el caso específico de Chile se ha definido que el gobierno central mantendrá un superávit estructural de 1% del PIB durante los próximos años (Ministerio de Hacienda, 2000). Este se calcula corrigiendo el balance efectivo —ingresos menos gastos— por los efectos cíclicos de la recaudación tributaria y los efectos transitorios que generan ingresos extraordinarios del cobre. Para este efecto se considera un precio de referencia del cobre que se asimila a su precio de tendencia de largo plazo. La regla implica, por lo tanto, que el ingreso que se obtiene de desviaciones del precio efectivo respecto del de referencia debe ahorrarse (o gastarse, dependiendo del signo) en el 100%. El valor de 1% para el balance, por su parte, se ha determinado considerando varios factores. Entre los más importantes se cuentan la presencia de un déficit en otros componentes del sector público (v. g., el Banco Central), la existencia de pasivos contingentes derivados de las pensiones mínimas y garantías de tráfico mínimo en concesiones de infraestructura, la necesidad de respetar criterios de equidad intergeneracional en la distribución de la riqueza del cobre, y la recomendación de mantener una posición fiscal sólida para hacer frente a shocks externos.

Este trabajo permite evaluar cuantitativamente el efecto de algunos de los factores anteriores sobre el nivel de superávit apropiado del gobierno. Obviamente, debido a que no se toma en consideración cada uno de los factores que pueden influir sobre el tamaño de un balance fiscal adecuado, el guarismo de 1% no es estrictamente comparable con las prescripciones de este trabajo<sup>2</sup>. Más bien, aquí se muestra qué proporción de la riqueza del cobre debiera ser gastada considerando los problemas de volatilidad y equidad intergeneracional. El trabajo entrega, además, luces sobre qué elementos podrían considerarse para calcular el precio de referencia más adecuado del cobre.

El tema de este trabajo también tiene una fuerte relación con la discusión de los beneficios de la participación del sector privado en las empresas estatales extractoras de recursos. En principio, la acción de privatizar desplaza el problema del riesgo asociado al cobre hacia el sector privado, y si éste es más eficiente que el Estado para

2. Entre los factores más relevantes, que no considera este trabajo, está el problema de la inversión pública. Esto implica que, aquí, el ahorro y el superávit público son equivalentes.

diversificar este riesgo, existiría una ganancia neta de eficiencia. A su vez, se puede argumentar que ciertos esquemas de privatización reducen el efecto del cobre en el resto de la economía. Es posible, por lo tanto, que la privatización sea una solución de primer mejor para algunos de los problemas que se analizan en este trabajo. Suponemos, sin embargo, que esta solución no está disponible por el momento (por ejemplo, debido a un riesgo soberano imposible de controlar). Y aun en el caso de que sí estuviera disponible, la pregunta respecto de la distribución intergeneracional de los recursos continúa siendo una interrogante relevante.

El trabajo se organiza de la manera siguiente. La sección 1 revisa el marco conceptual. La sección 2 presenta la implementación de ese marco en el caso de Chile. La sección 3 analiza los resultados. Por último, la sección 4 presenta las conclusiones.

## 1. MARCO CONCEPTUAL

¿Cómo debería distribuirse la riqueza que generan las minas de cobre que pertenecen al Estado de Chile entre generaciones presentes y futuras? Esta es la pregunta, de tipo normativo, que consideramos en esta sección, concentrándonos en respuestas basadas en adaptaciones de teorías económicas de consumo<sup>3</sup>.

Una primera posibilidad es aplicar la Teoría del Ingreso Permanente o TIP (Friedman, 1957) para responder esta pregunta. En tal caso, el gasto fiscal óptimo es el valor de anualidad de la riqueza proveniente del cobre. Por ejemplo, con una riqueza del cobre de US\$ 15 billones<sup>4</sup>, y una tasa de interés del 6%, la TIP sugiere gastar US\$ 900 millones anuales de la riqueza del cobre, *ad infinitum*<sup>5</sup>. En años en que el precio del cobre está alto, se ahorrará la diferencia; en años en que está bajo el gobierno se endeudará para financiar este nivel de gastos. Finalmente, cuando el cobre se agote, se habrán acumulado suficientes activos financieros para solventar

3. La exposición que sigue sacrifica formalidad en aras de mantener fluidez; para detalles y formalizaciones, véase Engel y Valdés (2000). Por simplicidad suponemos que no existe inversión (o bien que toda ella es financiada con recursos externos).

4. Adoptamos la convención anglosajona, según la cual un billón es igual a mil millones.

5. Donde ignoramos el crecimiento de la población.

un consumo proveniente de la riqueza cuprífera para todas las generaciones venideras<sup>6</sup>.

*Primer problema con la TIP.* El enfoque anterior, al cual nos referiremos como Teoría del Ingreso del Cobre Permanente (TICP), adolece de dos problemas importantes. En primer lugar, la TICP ignora tanto lo que sucede con los restantes ingresos fiscales como con los ingresos de los agentes privados. La TICP maximiza el valor presente esperado de la utilidad de un consumidor representativo con utilidad cuadrática cuya única fuente de ingreso son los ingresos fiscales provenientes del cobre estatal<sup>7</sup>. Sin embargo, la principal fuente de ingresos fiscales no son las utilidades de las empresas estatales de cobre, sino que los impuestos. Más aún, el ingreso relevante para determinar el consumo debe incluir también el ingreso privado. Luego, trabajar sólo con ingresos fiscales del cobre resulta artificial y el problema que se intenta solucionar no sería el correcto<sup>8</sup>.

*Segundo problema con la TIP.* Parece natural, entonces, aplicar la Teoría del Ingreso Permanente a todo el ingreso del país, y no sólo al del cobre. En tal caso, la generación corriente debiera consumir el valor de anualidad del valor presente esperado de todos los ingresos futuros. En una economía que crecerá de manera importante en el futuro, este criterio llevará a altos niveles de gasto privado y fiscal corriente, los cuales se financiarán mediante deuda pública que será cancelada con los impuestos de generaciones que aún no han nacido. Esto tampoco parece atractivo. Nuestro objetivo inicial era repartir la riqueza del cobre entre la generación presente y las generaciones futuras y con este enfoque hemos terminado repartiendo todo el ingreso entre estas generaciones.

6. En todo el análisis suponemos, por simplicidad, que el consumo óptimo del gobierno es un porcentaje fijo del consumo privado. Esto sucedería, por ejemplo, si la función de utilidad de los consumidores depende de ambos bienes a través de una función CES. Ver Engel y Valdés (2000). La pregunta clave a resolver es cuánto debe ser el balance o el ahorro fiscal, no el tamaño del Estado.

7. En rigor, la utilidad es del consumo per cápita y la generación viva en  $t$  entra en la función objetivo ponderada por el número de individuos. Véase Engel y Valdés (2000) para detalles.

8. La literatura que aplica teorías de consumo para determinar el gasto fiscal óptimo tiene en común esta limitación. Véase, por ejemplo, Arrau y Classens (1991), Basch y Engel (1993), Hausmann, Powell y Rigobon (1993) y Kletzer, Newbery y Wright (1990).

El problema de esta última propuesta, a la cual denominaremos Teoría del Ingreso Fiscal Permanente (TIFP), es que contempla importantes transferencias intergeneracionales de riqueza. De hecho, si se aplica la TIP al ingreso total, dichas transferencias son deseables, aun si el Estado no es dueño de recursos naturales. Como las transferencias intergeneracionales que observamos son mucho menores que las que predice la TIFP, se hace evidente cierta tensión entre adoptar un enfoque normativo y la evidencia positiva.

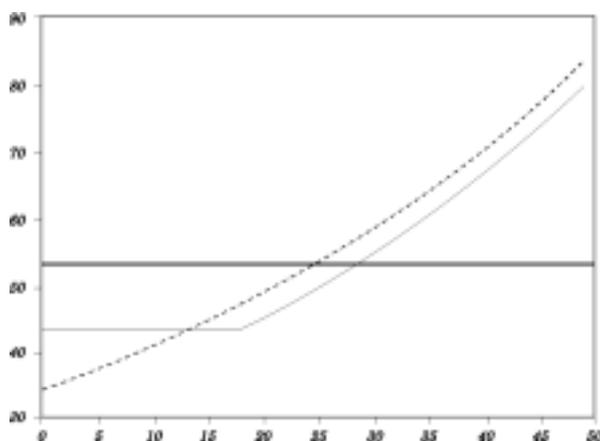
En Engel y Valdés (2000) proponemos una solución a la disyuntiva anterior, cuya versión simplificada consiste en maximizar el valor presente esperado de la utilidad del consumidor representativo, sujeto a que todas las generaciones reciban al menos un nivel de utilidad esperada igual al que habrían recibido en la ausencia de cobre. Es decir, se trata de distribuir la riqueza proveniente del cobre óptimamente, tomando como una cota inferior, sobre la cual no se emiten juicios de valor, lo que habría sucedido en la ausencia de cobre. Nos referimos a este enfoque como el Modelo Normativo Condicional (MNC), donde el adjetivo “condicional” se refiere al hecho de que se toma como dado el contrafactual sin cobre, imponiéndose consideraciones normativas sólo sobre lo que agrega a dicho ingreso la riqueza cuprífera.

Ejemplo 1: Comparación de la TICP, TIFP y el MNC. El gráfico 1 ilustra, en un caso sencillo, la discusión anterior. No hay incertidumbre en los ingresos del cobre y los ingresos no cobre (la suma del ingreso privado disponible y de los ingresos fiscales provenientes de impuestos) crecen a una tasa constante, reflejando lo que sucede con el producto.

La línea punteada muestra la trayectoria óptima de consumo total de la economía bajo la TICP. Los recursos fiscales provenientes del cobre son constantes en cada período e iguales al valor de anualidad de la riqueza inicial del cobre (igual a 4 UM en este ejemplo). Bajo el supuesto de que el gasto fiscal óptimo es una fracción del consumo privado, estos recursos se utilizan para aliviar la carga tributaria de cada generación que financia ese gasto óptimo así como para aumentar la disponibilidad de consumo público y privado. Las cuentas públicas mostrarán un superávit mientras haya cobre, período durante el cual se acumulan activos financieros para financiar una porción del gasto público que beneficiará a las generaciones que vivan cuando el cobre se haya agotado.

La línea gruesa representa la trayectoria óptima del gasto fiscal bajo el TIFP. El consumo per cápita es el mismo para todas

### Gráfico 1. Gasto fiscal óptimo con ingresos fiscales tributarios crecientes<sup>a</sup>



Fuente: Elaboración propia.

a. El gráfico muestra la trayectoria óptima del gasto fiscal bajo la Teoría del Ingreso Fiscal Permanente (—), la Teoría del Ingreso del Cobre Permanente (.....) y el Modelo Normativo Condicional (—). El gráfico supone una población constante, una tasa de interés de 1,04 y una tasa de descuento de 1/1,04. La riqueza cuprífera, sobre la cual no hay incertidumbre, es igual a 100 UM, mientras que los ingresos fiscales tributarios iniciales son de 30 UM, crecen 2% por período durante 50 años, para luego permanecer constantes para siempre.

las generaciones. Como las generaciones futuras serán mucho más ricas que las corrientes, inicialmente habrá un déficit elevado, el cual se financiará eventualmente con las ventas futuras de cobre y con los impuestos de las generaciones más ricas.

Finalmente, la línea continua muestra cómo evoluciona el consumo bajo el MNC. Como la utilidad marginal del consumo es mayor cuanto más pobre es la generación en cuestión, lo óptimo es repartir la riqueza estatal cuprífera entre las generaciones más pobres. Esto lleva a que existan relativamente menores impuestos para las primeras generaciones, llegándose a un presupuesto perfectamente balanceado (en que todo el gasto fiscal es financiado con el ingreso tributario correspondiente) cuando se ha agotado la riqueza cuprífera. El balance efectivo del gobierno dependerá de la senda de extracción física del cobre. Un patrón con suficiente producción inicial (*front-loaded*) generará un balance positivo.

Bajo la TICP las primeras generaciones están peor y las restantes mejor que bajo el MNC. Por contraste, bajo el TIFP se invierte la situación anterior. De esta manera, la cautela fiscal sugerida por el MNC está entre aquella sugerida por la TICP y la TIFP. Es

probable que este resultado valga en contextos bastante más generales, en la medida en que se espere que el ingreso tributario futuro crezca más rápido que la población.

*Tercer problema con la TIP.* Un tercer problema, común a todas las variantes de teorías de ingreso permanente, es que la política fiscal sugerida no varía con la incertidumbre respecto de ingresos futuros.

Durante los últimos quince años, los ingresos fiscales provenientes del cobre estatal han fluctuado entre US\$ 275 millones y US\$ 2.200 millones, con un promedio de US\$ 1.080 millones (el coeficiente de variación de los ingresos del cobre es 0,54). Dichas fluctuaciones reflejan, principalmente, importantes variaciones del precio internacional del cobre. Dada la alta volatilidad de los ingresos fiscales provenientes del cobre, es difícil defender una regla de gasto/impuesto/ahorro que ignora dicha volatilidad<sup>9</sup>.

Aunque el concepto es antiguo (Leland, 1968), sólo en la última década ha sido posible implementar reglas óptimas en que el ahorro por precaución juega un rol importante (Zeldes, 1989; Deaton, 1991; y Carroll, 1992). Con este objeto, lo habitual es trabajar con una función de utilidad instantánea con elasticidad de sustitución intertemporal constante, cosa que haremos en lo que sigue. De esta manera, el ahorro por precaución es determinado por el coeficiente de aversión relativa al riesgo del consumidor representativo<sup>10</sup>.

## 2. IMPLEMENTACIÓN

Resolvemos el siguiente problema: en  $t = 0$ , contando con activos financieros  $F_0$ , ingreso corriente  $Y_0^G$  correspondiente a la suma de ingresos tributarios  $\tau_t Y_0^P$  e ingreso del cobre  $Y_0^{cu}$  y sujeto a la restricción presupuestaria intertemporal habitual; el gobierno elige la tasa de impuestos,  $\tau_0$ , que maximiza:

9. En lo que sigue, “ingresos fiscales del cobre” no incluye los impuestos que pagan las empresas privadas que producen cobre, sino que sólo las utilidades de las empresas estatales correspondientes (lo que incluye transferencias a las Fuerzas Armadas asociadas a la Ley Reservada del Cobre, depósitos en el Fondo de Estabilización del Cobre, pago de impuestos y distribución de utilidades).

10. Con funciones de utilidad instantánea más generales también importa el coeficiente de prudencia. Véase Kimball (1990). Más aún, en el caso general, el ahorro por precaución puede resultar negativo.

$$\text{Max}_{\tau_0} \mathbb{E} \left[ \sum_{t \geq 0} \beta^t (1+n)^t u(c_t) \right], \quad (1)$$

donde  $\beta = 0,94$  denota el factor de descuento,  $n = 0,017$  la tasa a la cual crece la población y  $u(c) = c^{(1-\rho)}/(1-\rho)$ , donde  $\rho$  denota el coeficiente de aversión relativa al riesgo del consumidor representativo, el cual se supone igual a 2. También suponemos que  $\beta R = 1$ , donde  $R$  denota la tasa bruta de interés, y que los impuestos no provocan distorsiones.

*Consumo e ingreso privado.* El consumo total  $C_t = (1+n)^t c_t$  corresponde a la suma del consumo de bienes privados  $C_t^P$  y de bienes provistos por el gobierno  $C_t^G$ . Suponemos que este último es una fracción constante  $k = 0,25$  del consumo total.

Los agentes privados viven sólo un período en el cual reciben un ingreso disponible  $(1-\tau_t)Y_t^P$  que destinan íntegramente a consumir (no existen motivos de herencia). El ingreso privado sigue una trayectoria base conocida que se ve perturbada por shocks en el precio del cobre (aun cuando privadamente no se produce cobre):

$$Y_t^P = Y_t^{\text{base}} + \alpha(Y_t^{\text{cu}} - \mu Q_t), \quad (2)$$

donde  $Y_t^{\text{base}}$  denota lo que habría sido el ingreso privado si no existiese el cobre y  $\mu Q_t$  son los ingresos fiscales provenientes del cobre, si la diferencia entre el precio y costo de producción de cobre es  $\mu$ . Suponemos que  $Y_t^{\text{base}}$  crece a una tasa anual de 5% durante los primeros 20 años y a una tasa de 3% desde el año 21 en adelante.

El parámetro  $\alpha$  del segundo término del lado derecho de (2) captura el hecho de que las fluctuaciones del precio del cobre contribuyen a la volatilidad de los ingresos privados. Como se indicó al comienzo, estimaciones econométricas indican que un aumento de 10% en el precio del cobre genera una expansión de 0,5% en la actividad no cobre. Transformando estos parámetros a su equivalente en la ecuación (2), se obtiene un valor representativo para  $\alpha$  de 2,1. Esto significa que un shock en el precio del cobre puede llegar a tener un efecto total tres veces mayor que el efecto directo que produce.

Para  $Y_0^{\text{base}}$  y  $Y_0^{\text{cu}}$  (que se supone igual a  $\mu Q_0$ ) se consideran US\$ 53.000 millones y US\$ 1.250 millones, respectivamente. Estos números corresponden aproximadamente al PIB excluida la

inversión (que el modelo no considera) y a los ingresos teóricos del fisco considerando una utilidad de US\$ 0,38 por libra y una producción inicial de 1.500 millones de TM anuales.

*Ingresos fiscales.* Los ingresos fiscales provenientes del cobre dependerán de los niveles de producción, los costos de producción y el precio del cobre. De acuerdo con Engel y Valdés (2001), una caracterización adecuada del proceso estocástico del precio del cobre es un proceso autorregresivo de primer orden<sup>11</sup>.

Denotando mediante  $P_t$  el precio de la libra de cobre (en US dólares del 2000) y  $C_t$  el costo medio de producción correspondiente, consideramos un proceso AR(1) para  $P_t - C_t$ :

$$P_t - C_t - \mu = \psi(P_{t-1} - C_{t-1} - \mu) + e_t. \quad (3)$$

Estimando el modelo anterior con datos del período 1986-99 se obtuvo  $\mu = 0,38$ ,  $\psi = 0,60$  y una desviación estándar de las innovaciones de 0,20.

Denotamos mediante  $Q_t$  la producción de cobre en el año  $t$  y suponemos que ésta crece a una tasa del 1% anual. Consideramos un horizonte de 51 años antes de que se agote el cobre<sup>12</sup>. Este número es coherente con estimaciones de reservas a diciembre de 1998 bajo el concepto de “reserva base identificada” y la producción inicial de 1.500 millones de TM que crece al 1%. Los ingresos fiscales del cobre serán  $Y_t^{cu} \equiv (P_t - C_t)Q_t$ , aproximadamente US\$ 1.250 millones cuando el precio sea igual al promedio histórico.

El proceso que estimamos asigna una probabilidad positiva, aunque pequeña, a que los ingresos del cobre sean negativos. De suceder esto, probablemente Codelco esperaría mejores precios para vender la producción corriente. Para capturar, al menos parcialmente, este efecto, supondremos que en tal caso  $Y_t^{cu} = 0$ . Adicionalmente, para evitar que exista un efecto riqueza proveniente de un cambio en la volatilidad del proceso, suponemos que la utilidad por libra es siempre menor que US\$ 0,76. Esto equivale a suponer que el precio del cobre no sobrepasa US\$ 1,40 por libra.

11. Entre una serie de modelos de series cronológicas, incluyendo procesos ARIMA no lineales y de parámetros variables (estimados con Filtro de Kalman), un simple proceso AR(1) tiene un menor error de predicción fuera de muestra.

12. Todos los escenarios estudiados también fueron evaluados considerando un horizonte de explotación de 38 años, sin que esto llevara a diferencias importantes.

Respecto de los ingresos fiscales tributarios, suponemos que el gobierno recauda una fracción  $\tau_t$  de los ingresos privados  $Y_t^P$ .

Con estos supuestos, la restricción dinámica intertemporal que enfrenta el gobierno corresponde a:

$$F_{t+1} = R(F_t + Y_t^{cu} + \tau_t Y_t^P - C_t^G) . \quad (4)$$

En la medida en que  $C_t^G$  sea una fracción  $k$  del consumo total y no haya motivo de herencia (con lo que el consumo del bien privado es igual al ingreso disponible), esta restricción se puede reescribir como:

$$F_{t+1} = R \left[ F_t + Y_t^{cu} + Y_t^P \left( \frac{\tau_t - k}{1 - k} \right) \right] . \quad (5)$$

Esta restricción dinámica se complementa con la restricción de no juego de Ponzi dada por:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F_t R^{-t} = 0 . \quad (6)$$

Finalmente, no es obvio cómo distribuir entre las generaciones presentes y futuras la deuda pública que existe actualmente. Al respecto suponemos que ésta se mantiene indefinidamente y que cada generación paga el interés correspondiente, acción que es consistente con la restricción (6).

Es importante notar que el problema descrito no considera la posibilidad de diversificar riesgos, por ejemplo, comprando activos en el extranjero cuya rentabilidad esté negativamente correlacionada con el precio del cobre. Luego, las prescripciones de ahorro que obtendremos serán mayores que aquéllas que se obtendrían incorporando la posibilidad anterior.

*Calculando la política de gasto e impuestos óptima.* La política fiscal óptima en los casos con equivalencia cierta se calcula sobre la base de fórmulas bien conocidas (véase, por ejemplo, Engel y Valdés, 2000). Los impuestos, en todos los casos, se calculan de manera de hacer consistente la política de gasto óptima con la restricción presupuestaria intertemporal.

En los casos en que consideramos ahorro por precaución, el gasto óptimo se calcula mediante métodos numéricos que iteran sobre la función de valor, basados en la ecuación de Bellman correspondiente

a (1). Más específicamente, se utiliza el procedimiento tradicional de optimización dinámica, que permite calcular la regla óptima de gasto (privado y público) del período  $t$ , como función de los recursos disponibles en dicho período, conociendo la regla para el período  $t + 1$ . Aplicando este procedimiento en forma recursiva se encuentra la regla para  $t = 0$ . Como punto de partida de este procedimiento iterativo se utiliza la función de valor para el período  $T = 51$ , la que puede obtenerse debido a que en el momento en que se agota el cobre se termina la incertidumbre y el problema pasa a ser determinístico, por lo cual existe una solución analítica en cada caso.

El proceso anterior se resuelve sobre una malla finita en que los valores intermedios se obtienen por interpolación lineal. Este es un procedimiento de optimización estándar en que un problema continuo se discretiza para que sea factible su tratamiento computacional<sup>13</sup>.

La mayor complejidad se presenta al incorporar la restricción adicional que caracteriza al MNC. En el caso del Ejemplo 1 esto es fácil, porque no hay fuentes de incertidumbre, resultando:

$$C_t \geq Y_t^{base} . \quad (7)$$

Sin embargo, con incertidumbre en los ingresos fiscales hay (al menos) dos formas de especificar la restricción adicional. La primera es exigir que se cumpla la desigualdad anterior, lo que corresponde a decir que el gasto fiscal en todos los años debe ser al menos aquél que habría sido de no existir el cobre. Esta restricción, sin embargo, es demasiado fuerte cuando hay incertidumbre en los ingresos fiscales, pues exige que con probabilidad uno cada generación se beneficie de un mayor gasto público que del que habría tenido sin la riqueza proveniente del cobre.

Una restricción más cercana al espíritu del MNC es la siguiente:

$$E_{t-1} [u(c_t)] \geq u(y_t^{base}) , \quad (8)$$

donde las letras minúsculas denotan las variables per cápita correspondientes a las letras mayúsculas. En este caso, la utilidad esperada del consumo el próximo período debe ser al menos aquella que

13. En todo caso, el trabajo es computacionalmente intensivo. Obtener la solución para el MNC toma cerca de 10 horas en un computador Pentium III de 750 MHz.

se habría obtenido sin cobre. Aplicando esperanzas condicionales reiteradamente en ambos lados de (8) se obtiene:

$$E_0[u(c_t)] \geq u(y_t^{base}), \quad t \geq 1, \tag{9}$$

por lo cual suponer (8) equivale a suponer que la decisión que se toma en  $t = 0$  es tal que, en valor esperado, la utilidad de todas las generaciones futuras es al menos aquella que habría sido sin riqueza del cobre. En lo que sigue, el modelo MNC considera la restricción (9).

### 3. RESULTADOS

El cuadro 1 muestra el gasto total óptimo de la economía bajo distintos modelos y escenarios, suponiendo que el precio corriente del cobre es igual a su promedio histórico. Se consideran los tres modelos, TICP, TIFP y MNC, con y sin incertidumbre, y bajo dos supuestos alternativos respecto del impacto de los shocks en el precio del cobre sobre el comportamiento del ingreso privado ( $\alpha = 0$  y  $\alpha = 2,1$ ).

**Cuadro 1. Política fiscal óptima<sup>a</sup>**

$\alpha$	<i>TICP sin APP</i>	<i>TICP con APP</i>	<i>TIFP sin APP</i>	<i>TIFP con APP</i>	<i>MNC sin APP</i>	<i>MNC con APP</i>
<i>Consumo total (como porcentaje del ingreso total)</i>						
0	96,59	95,86	188,23	188,23	110,83	110,50
2,1	...	...	...	188,22	...	104,27
<i>Tasa de impuesto (como porcentaje del ingreso privado)</i>						
0	25,85	26,41	-44,50	-44,50	14,92	15,17
2,1	...	...	...	-44,49	...	19,95

Fuente: Elaboración propia.

a. Este cuadro muestra el gasto total óptimo como porcentaje del ingreso total y la tasa de impuestos asociada en diversos modelos, suponiendo que el cobre se agota en 51 años. La primera columna muestra los valores del parámetro  $\alpha$  de (2). La segunda y tercera columnas indican la política óptima bajo la Teoría del Ingreso del Cobre Permanente, con y sin ahorro por precaución (APP). La cuarta y quinta columnas muestran la política que se desprende de la Teoría del Ingreso Fiscal Permanente, con y sin ahorro por precaución. Las dos últimas columnas muestran las implicancias del Modelo Normativo Condicional.

Los resultados indican que la TICP recomendaría un superávit agregado (de cuenta corriente) en torno a 3,4% del ingreso total, lo cual es consistente con una carga tributaria en torno a 26% del ingreso privado. En caso de existir incertidumbre y, por lo tanto, ahorro por precaución, el superávit y los impuestos son casi 0,8 puntos porcentuales (del ingreso) mayores<sup>14</sup>.

La prescripción que se deriva de la TIFP involucra un nivel de consumo sustancialmente mayor y la existencia de incertidumbre es sorprendentemente irrelevante para el resultado final. En efecto, esta teoría recomienda un déficit de 88,2% del ingreso total y subsidios equivalentes al 44,5% del ingreso privado, independientemente de si existe ahorro por precaución. La incertidumbre no tiene un efecto relevante en este marco porque el ingreso base permite cubrir un consumo mínimo con facilidad.

Por último, la prescripción del MNC indica que el déficit de gasto global debe fluctuar entre 10,8% del ingreso y 4,3% del ingreso, dependiendo de si hay ahorro por precaución y del valor de  $\alpha$ . En el caso de  $\alpha = 2,1$  e incertidumbre, la carga tributaria llega a casi 20% del ingreso privado.

El cuadro 2 muestra la reacción del consumo tanto ante un shock positivo como ante uno negativo en el precio del cobre de US\$ 0,10 bajo los distintos modelos, con y sin incertidumbre. Se observan reacciones del consumo simétricas y algo menores a 9% del shock de ingreso en los casos TIFP y TICP sin ahorro por precaución. Esto significa que las reacciones óptimas del consumo son similares cuando no existe incertidumbre o la incertidumbre (relativa al ingreso) es irrelevante.

Las reacciones del consumo son sustancialmente mayores si se considera la TICP con ahorro por precaución o el MNC. En el primer caso sucede que un shock positivo aleja la economía de la zona en que existe la posibilidad de tener un consumo excesivamente bajo; de ahí que sea posible gastar una proporción mayor del ingreso. En el caso de un shock negativo sucede lo contrario, por lo que es necesario ajustar proporcionalmente más el gasto de la economía para aumentar el ahorro por precaución, con el fin de resguardarse ante futuros escenarios adversos.

Los tamaños de los ajustes en el caso del MNC son sustancialmente mayores, cuestión que se relaciona con el efecto de la restricción

14. Estos números, por construcción, son independientes de  $\alpha$ . Medidos como porcentaje del ingreso del cobre, el gasto de la riqueza del cobre es de 79% y 48%, con y sin incertidumbre, respectivamente.

**Cuadro 2. Cambio en el consumo ante un shock de precios<sup>a</sup>**

$\alpha$	<i>TICP</i> <i>sin APP</i>	<i>TICP</i> <i>con APP</i>	<i>TIFP</i> <i>sin APP</i>	<i>TIFP</i> <i>con APP</i>	<i>MNC</i> <i>sin APP</i>	<i>MNC</i> <i>con APP</i>
<i>Shock positivo de 10 centavos</i>						
0	8,93	43,10	8,93	8,88	47,76	47,19
2,1	...	...	...	8,94	...	74,59
<i>Shock negativo de 10 centavos</i>						
0	8,93	36,90	8,93	8,88	47,76	47,65
2,1	...	...	...	8,94	...	68,63

Fuente: Elaboración propia.

a. Este cuadro muestra el cambio en el gasto óptimo bajo distintos modelos ante un shock en el precio del cobre. Se considera tanto un shock positivo como uno negativo de US\$ 0,10 y la reacción del consumo se mide como porcentaje del shock de ingreso.

que supone el modelo. En el caso sin incertidumbre, un shock produce una reacción del consumo en torno a 47,8%. La intuición es que el shock debe ser repartido entre un número limitado de generaciones (aquellas que se benefician de la riqueza del cobre), por lo que los ajustes son obviamente mayores. Cuando existe ahorro por precaución se da la paradoja de que la elasticidad disminuye (respecto del caso sin incertidumbre) cuando  $\alpha = 0$  y aumenta cuando  $\alpha = 2,1$ . Una posible explicación para este fenómeno resulta de combinar dos efectos de un mismo shock de precios. Por ejemplo, un shock negativo involucra, por un lado, acercarse a las zonas en que existen riesgos de consumo excesivamente bajo (con un alto riesgo de violar la restricción del MNC), lo que lleva a ahorrar relativamente más y, por lo tanto, a tener una mayor elasticidad. Este efecto es más importante cuando el total de la economía, y no sólo el sector productor de cobre, se ve afectada por el shock. Por otro lado, este mismo shock genera un efecto de relativamente mayor consumo en el período inicial si debido a la existencia de un mayor ahorro por precaución la riqueza del cobre se comparte entre un mayor número de generaciones. En este caso se acomodan los shocks entre más generaciones, por lo que la reacción al shock negativo es menor. Postulamos que dependiendo del tamaño de  $\alpha$  predomina un efecto sobre el otro.

Finalmente, el cuadro 3 muestra el cambio en el consumo total como porcentaje del ingreso total cuando la volatilidad del precio del cobre disminuye a la mitad (error estándar de las innovaciones

### Cuadro 3. Cambio en consumo ante disminución de la volatilidad<sup>a</sup>

$\alpha$	<i>TICP</i> <i>con APP</i>	<i>TIFP</i> <i>con APP</i>	<i>MNC</i> <i>con APP</i>
0	0,72	0,00	0,25
2,1	...	0,01	5,08

Fuente: Elaboración propia.

a. Este cuadro muestra el cambio en el gasto óptimo bajo distintos modelos ante una disminución en la volatilidad (desviación estándar) en el precio del cobre desde 0,20 a 0,10. El cambio en el gasto se mide como porcentaje del ingreso total de la economía.

del proceso de precios cae de 0,20 a 0,10) en los tres modelos bajo análisis. Los resultados son consistentes con los resultados del cuadro 1: si la volatilidad cae a la mitad, el consumo aumenta en 0,7% según la TICP, prácticamente no cambia según la TIFP y disminuye entre 0,25 y 5,08% según el MNC. En este último caso, cuando  $\alpha = 2,1$ , el volumen de ahorro por precaución es cuantioso.

## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se han presentado modelos alternativos que generan diversas reglas de política fiscal y maneras de repartir los ingresos derivados del cobre entre distintas generaciones. Los modelos permiten cuantificar los efectos sobre el ahorro óptimo de los siguientes factores: i) que los ingresos del cobre son transitorios; ii) que existe volatilidad en el precio del cobre que, además de su efecto directo, impacta sobre el resto de la economía, y iii) que el ingreso total y el ingreso fiscal aumentan en el tiempo.

Los resultados de los distintos modelos entregan soluciones disímiles e indican que el monto del ahorro por precaución depende crucialmente del modelo considerado y de si se incorporan los efectos indirectos de los shocks en el precio del cobre sobre el resto de la economía. El modelo normativo condicional entrega resultados más cercanos a lo que observamos en la realidad e intermedios respecto de las prescripciones de los modelos alternativos. De acuerdo con el MNC, si se considera tanto la incertidumbre existente en el precio del cobre, así como los efectos indirectos de shocks en este precio clave, el gasto total de la economía debería ser aproximadamente 4% superior a su ingreso. En tanto, la carga tributaria debería

llegar a 20% del ingreso privado bajo el supuesto de que los bienes que provee el Estado representan 25% del consumo total.

El tema que se ha analizado en el trabajo tiene una relación obvia con el problema de diseño de un Fondo de Estabilización, mecanismo que intenta suavizar los gastos que se financian con ingresos volátiles provenientes de la explotación de un recurso natural (ver Basch y Engel, 1993; y Fasano, 2000). Por simplicidad, esos fondos habitualmente se diseñan como una regla de acumulación basada en el comportamiento de los precios —como por ejemplo, desviaciones respecto de precios prefijados. En el caso analizado en este trabajo, las sendas de ahorro que se derivan en cada caso tienen como contraparte una senda específica para los activos que mantiene el fisco, y, por lo tanto, del nivel del fondo de estabilización más adecuado. Este fondo, en consecuencia, sigue una regla bastante más compleja que una simple regla de precios predeterminados, siendo relevantes en su determinación el tamaño del fondo mismo, las características del proceso estocástico de los precios y su efecto en el resto de la economía, entre otros factores.

Como se mencionó al comienzo de este trabajo, el tema estudiado en este trabajo guarda relación con el diseño de reglas para la política fiscal, en particular, la regla de balance estructural. A la luz de los resultados que se han presentado, resultaría apropiado considerar una serie de factores para el cálculo de los precios de referencia que se utilizan en el cálculo de ese balance de manera de acercar la (des)acumulación de activos efectiva a las prescripciones que se entregan en este trabajo. Obviamente, debido a que en el diseño de una regla fiscal existen factores de credibilidad de la mayor relevancia ignorados en nuestro análisis, podría resultar adecuado limitar la manera en que se recalcula el precio de referencia, al menos en el corto plazo<sup>15</sup>. En todo caso, en el marco propuesto no es difícil evaluar el costo de desviarse de una regla óptima.

15. En efecto, muchas veces surge un *trade-off* entre credibilidad y optimalidad, ya que la complejidad de una regla óptima podría atentar contra la credibilidad de la misma.

## REFERENCIAS

- Arrau, P. y S. Classens. 1991. "Commodity Stabilization Funds". Mimeo. Banco Mundial.
- Basch, M. y E. Engel. 1993. "Transitory Shocks and Stabilization Mechanisms: The Chilean Case". En *External Shocks and Stabilization Mechanisms*, editado por E. Engel y P. Meller, Cap. 2, 25-111. Washington D. C.: IADB y Johns Hopkins University Press.
- Carrol, C. 1992. "The Buffer-Stock Theory of Saving: Some Macroeconomic Evidence". *Brookings Papers on Economic Activity* 2: 61-156.
- Deaton, A. 1991. "Saving and Liquidity Constraints". *Econometrica* 59 (5): 1221-1248.
- Engel, E. y R. Valdés. 2000. "Optimal Fiscal Strategy for Oil Exporting Countries". Documento de Trabajo 78. Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile (junio).
- Engel, E. y R. Valdés. 2001. "Prediciendo el precio del cobre: ¿Más allá del camino aleatorio?". Documento de Trabajo 100. Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile (marzo).
- Fasano, U. 2000. "Review of the Experience with Oil Stabilization and Savings Funds in Selected Countries". IMF Working Paper 112. Washington: Fondo Monetario Internacional.
- Friedman, M. 1957. *A Theory of the Consumption Function*. Princeton: Princeton University Press.
- Hausmann, R., A. Powell y R. Rigobon. 1993. "An Optimal Spending Rule Facing Oil Income Uncertainty (Venezuela)". En *External Shocks and Stabilization Mechanisms*, editado por E. Engel y P. Meller, Cap. 3, 113-171. Washington D. C.: IADB y Johns Hopkins University Press.
- Kimball, M. 1990. "Precautionary Saving in the Small and in the Large". *Econometrica* 58:53-73.
- Kletzer, K., D. Newbery y B. Wright. 1990. "Alternative Instruments for Smoothing Consumption of Primary Commodity Exporters". Working Paper 558, International Economics Department, Banco Mundial (diciembre).
- Leland, H. E. 1968. "Saving and Uncertainty: The Precautionary Demand for Saving". *Quarterly Journal of Economics* 82(2): 465-473.
- Ministerio de Hacienda. 2000. *Exposición sobre el estado de la hacienda pública (www.minhda.cl)*.
- Zeldes, S. 1989. "Optimal Consumption with Stochastic Income: Deviations from Certainty Equivalence". *Quarterly Journal of Economics* 104 (3): 275-298.