

# Commodity Price Boom, Investment and the CA in Chile: The role of Changing Expectations

Jorge Fornero

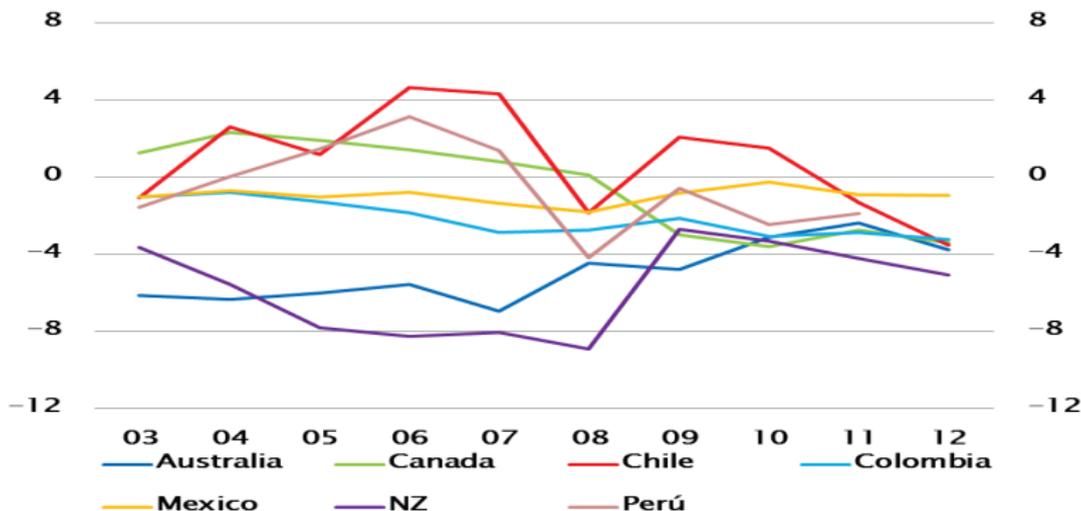
Markus Kirchner

Gerencia de Análisis Macroeconómico  
Grupo de Proyecciones de Mediano Plazo  
Banco Central de Chile

XXXI Encuentro de Economistas del BCRP

## CC/PIB en países productores de commodities

**Figure 1: Current account in selected commodity exporter countries**  
(as % of nominal GDP in US dollars)



Source: WDI 2013.

## Motivación

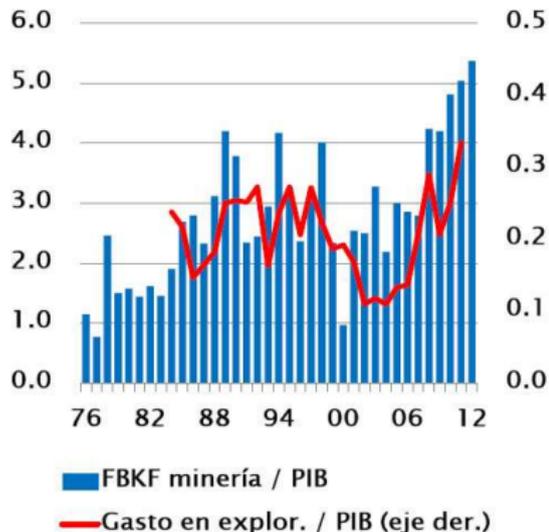
- La economía chilena ha exhibido un creciente déficit de cuenta corriente (CC) a pesar de elevados precios del cobre
- La CC pasó de una posición superavitaria en 2006 (4,6% del PIB) a una deficitaria en 2012 ( $\approx -3,5\%$ )
- Similar evolución de la CC registraron otros países donde hay importantes sectores productores de bienes básicos, en particular Peru
- Gráfico sugiere cierta sincronización en el ciclo económico y de la CC/PIB Hay drivers estructurales fundamentales comunes en la evolución de la CC?
- Déficit de CC interesa porque el exceso de gasto interno necesita ser financiado con deuda; si esta se sobreacumula puede dar lugar a un ajuste abrupto si cambia el sentimiento del mercado

## Hipótesis y objetivo

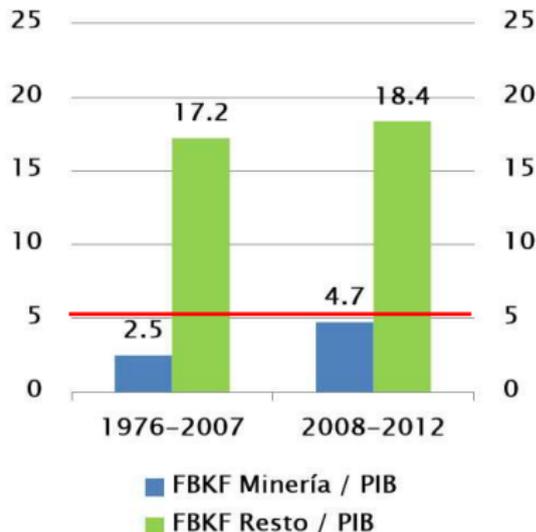
- Principal hipótesis: la evolución del precio del cobre y su proyección explica una parte importante de la reciente dinámica de inversión minera y de la CC
- CC.NN. encadenadas evidencian real expansión del sector minero
- Objetivo: Endogenizar en el MAS (Medina y Soto, 2006) el sector minero y hacer explícitos los posibles mecanismos que nos ayuden a explicar la evolución reciente de la CC.
- Extendemos el análisis “estándar” sobre efectos del precio del cobre ya estudiados (Medina, Soto y Munro, 2007), incluyendo dos aspectos novedosos:
  - ① Información incompleta (aprendizaje) de los agentes sobre la verdadera persistencia del precio del cobre
  - ② Decisiones endógenas de producción e inversión en la minería

# Inversión en minería

**FBKF Minería y Gasto en Exploración en Minería**  
(% PIB, nominal)



**FBKF Minería vs. FBKF Resto**  
(% PIB, nominal)



† Fuente: Cochilco, BCCH y *Metals Economics Group*. Cifras de 2012 son preliminares.

## Resumen de resultados

- La interacción entre la inversión minera e información incompleta de los agentes es muy importante para explicar la evolución reciente de la CC
- Los efectos directos de la inversión minera en la demanda interna y sus efectos indirectos en otros componentes de la demanda explican la dinámica del déficit de CC
- Información incompleta y aprendizaje de los agentes sobre la verdadera persistencia del shock toma tiempo en disiparse lo que se traduce en, comparado con info perfecta, mayor ahorro y menor inversión, es decir un superávit de CC en el corto plazo, pero cuando aprenden mayor déficit después
- La descomposición histórica del superavit de CC/PIB desde 2003 se explica por el shock transitorio, pero desde 2006 gravita más el shock fundamental de precio del cobre (atenuado en 2009-11 por el shock transitorio).

## Proceso estocástico precio del cobre

- Supongamos que el precio real del cobre (en desviaciones log de promedio histórico) satisface

$$pcur_t = a_t + b_t, \quad t = 0, 1, 2, \dots$$

- $a_t$  captura un “ruido” transitorio:

$$a_t \sim NID(0, \sigma_a^2)$$

- $b_t$  es una variable de estado inobservable persistente que captura ciclos “fundamentales”:

$$b_t = \rho b_{t-1} + u_t, \quad \rho \in (0, 1], \quad u_t \sim NID(0, \sigma_u^2)$$

## Inferencia y problema de identificación

- El filtro de Kalman (FK) obtiene la predicción lineal óptima del estado inobservable dada la información disponible en  $t$ :

$$\hat{b}_{t+1} = E[b_{t+1}|y_t, \dots, y_0] = (\rho - K_t)\hat{b}_t + K_t pcur_t$$

- La variable  $K_t$  es el *Kalman gain* con  $\Sigma_t = E(b_t - \hat{b}_t)^2$
- Suponiendo  $t \rightarrow \infty$ , obtenemos el steady state Kalman filter:

$$\Sigma_t = \Sigma, \quad K_t = K$$

- Los parámetros  $\sigma_a$  y  $\sigma_u$  no son identificados separadamente:

$$\begin{aligned} pcur_t - \rho pcur_{t-1} &= a_t - \rho a_{t-1} + b_t - \rho b_{t-1} \\ &= a_t - \rho a_{t-1} + u_t \equiv w_t \sim NID \end{aligned}$$

$$Var(w_t) = Var(a_t)(1 - \rho)^2 + Var(u_t) = \sigma_a^2(1 - \rho)^2 + \sigma_u^2$$

- Si  $\rho = 1$ , se resuelve problema (*local level model*)

## Solución del problema y estimación

- Solución para problema de identificación bajo  $\rho < 1$ :

- 1 Fijamos un valor para el Kalman gain  $K$
- 2 Obtenemos  $\kappa = \sigma_u / \sigma_a$  de las ecuaciones de  $K$  y  $\Sigma$
- 3 Reescribimos el modelo como

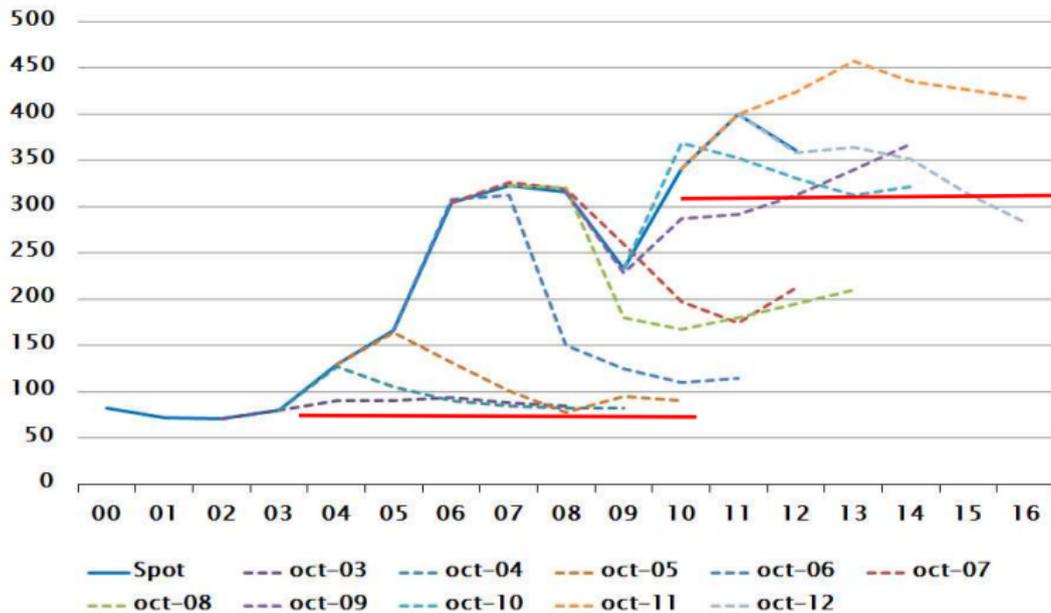
$$pcur_t = b_t + (\sigma_u / \kappa) \xi_t, \quad \xi_t \sim NID(0, 1)$$

$$b_t = \rho b_{t-1} + \sigma_u \zeta_t, \quad \zeta_t \sim NID(0, 1)$$

- 4 Estimamos  $\rho$  y  $\sigma_u$  con máxima verosimilitud
- Datos de precio real del cobre (BML, IPE) en logs en 1960T1-2012T4, con  $K = 0.15$  (ver Erceg y Levin, 2003; Céspedes y Soto, 2007) y  $\kappa = 0.17$ , obtenemos  $\rho = 0.979$  y  $\sigma_u = 0.0375$

# Expectativas del mercado sugieren aprendizaje de 5 años

**Precio del Cobre vs. Proyecciones de CRU Group**  
(US\$ ct/Lb, proyección octubre de cada año)



## Implementación de aprendizaje en el MAS

- El modelo anterior es consistente con aprendizaje adaptivo, donde los agentes ajustan sus expectativas de acuerdo al FK (Erceg y Levin, 2003; Céspedes y Soto, 2007):

$$\begin{aligned}\hat{b}_{t+1} &= (\rho - K)\hat{b}_t + Kpcur_t \\ \rho\hat{b}_t &= (\rho - K)\rho\hat{b}_{t-1} + Kpcur_t \\ \hat{b}_t &= (\rho - K)\hat{b}_{t-1} + \frac{K}{\rho}pcur_t \\ \hat{b}_t &= \rho\hat{b}_{t-1} + \frac{K}{\rho}(pcur_t - \rho\hat{b}_{t-1})\end{aligned}$$

- Expectativas sobre el componente persistente del precio del cobre se ajustan a una tasa constante  $\frac{K}{\rho}$  con los errores de proyección  $pcur_t - \rho\hat{b}_{t-1}$

# Estrategia de estimación

## Estimación:

- 1 Dada la exogeneidad del precio del cobre para Chile, incluimos en  $Y_t$  como observable adicional  $\hat{b}_t$
- 2 La especificación de estado-espacio que usaremos para computar la verosimilitud es estándar:

$$\begin{aligned} Y_t &= Hx_t + v_t, & v_t &\sim NID(0, \Sigma_v) \\ x_t &= C\hat{a}_t + D\hat{b}_t + Fx_{t-1} + G\epsilon_t, & \epsilon_t &\sim NID(0, \Sigma_\epsilon) \end{aligned}$$

- 3 Con densidades priors para un subconjunto de parámetros y otros calibrados estimamos el modelo con técnicas Bayesianas

# MAS

- MAS se usa en el análisis de escenarios de proyección
- Supone a Chile como economía pequeña y abierta. Ha sido influenciado por Smets and Wouters (2003) y Christiano, Eichenbaum y Evans (2005)
- Hay muchas características que comparte de esos modelos y otras específicas de Chile. Referimos al paper sobre ellas.
- Extensión para dotar de mayor realismo el proceso de acumulación de capital del sector  $S$  de la firma representativa y especificar una tecnología. Mantenemos que todo lo exporta y el mercado es competitivo.
- El gobierno tiene una participación  $\chi$  de los activos (inversores extranjeros lo remanente). Se proporcionan las utilidades. El gobierno cobra impuestos a las utilidades de los extranjeros

## Función producción y problema de la firma minera

- Tecn. producción Cobb-Douglas (con  $\eta_S = \eta_{I_S} + \eta_{F_S} > 0$ ):

$$Y_{S,t} = A_{S,t} T_t^{\eta_S} K_{S,t-1}^{1-\eta_S}$$

- La variable  $A_{S,t} = I_{S,t}^{\eta_{I_S}} F_{S,t}^{\eta_{F_S}}$  es exógena y captura shocks de tecnología específicos al sector
- Defínase las utilidades brutas:

$$\Pi_{S,t} = P_{S,t} Y_{S,t} - P_{C,t} T_t \kappa_S,$$

donde  $\kappa_S \geq 0$  son costos de producción fijos

- El flujo de inversión nominal es  $P_{I_S,t} I_{S,t}$ , y la firma maximiza el flujo de fondos  $CF_{S,t} = \Pi_{S,t} - P_{I_S,t} I_{S,t}$

$$\max E_t \sum_{i=0}^{\infty} \Lambda_{t,t+i} \frac{CF_{S,t+i}}{P_{C,t+i}},$$

## Acumulación de capital

- La acumulación de capital en el sector  $S$  es lenta:
  - Hay costos convexos de ajustes en la iniciación de proyectos de inversión (CEE, 2005)
  - Hay time to build (Kydland y Prescott, 1982; Uribe y Yue, 2006): entre la iniciación de proyectos y la instalación del capital productivo asociado pasan  $n \geq 1$  periodos
- Acumulación de capital sigue:

$$K_{S,t} = (1 - \delta_S)K_{S,t-1} + \left[ 1 - \Phi_S \left( \frac{X_{S,t-n+1}}{X_{S,t-n}} \right) \right] X_{S,t-n+1}$$

donde  $X_{S,t-n+1}$  son proyectos de inversión iniciados en periodo  $t - n + 1$  y  $\Phi_S(\cdot)$  se interpreta como el numero de unidades de capital que se pierden en el proceso de inversión

## Inversión desembolsada

- La inversión efectiva (desembolsada) en periodo  $t$  es

$$I_{S,t} = \sum_{j=0}^{n-1} \varphi_j X_{S,t-j},$$

donde  $\varphi_j$  denota la fracción de proyectos que se encuentran  $j = 0, \dots, n-1$  periodos de su terminación, con  $\sum_{j=0}^{n-1} \varphi_j = 1$

- Cuando  $n = 1$ , se obtiene la ecuación conocida (CEE, 2005)

$$K_{S,t} = (1 - \delta_S)K_{S,t-1} + \left[ 1 - \Phi_S \left( \frac{I_{S,t}}{I_{S,t-1}} \right) \right] I_{S,t},$$

- Cuando  $n = 2$ , se obtiene  $I_{S,t} = \frac{1}{2}X_{S,t} + \frac{1}{2}X_{S,t-1}$  y

$$K_{S,t} = (1 - \delta_S)K_{S,t-1} + \left[ 1 - \Phi_S \left( \frac{X_{S,t-1}}{X_{S,t-2}} \right) \right] X_{S,t-1},$$

## Optimalidad de acumulación de capital (I)

- Condiciones de primer orden para caso general:

$$\begin{aligned}
 K_{S,t} : \quad \frac{Q_{S,t}}{P_{C,t}} &= E_t \left\{ \Lambda_{t,t+1} \left[ \begin{array}{l} \frac{Q_{S,t+1}(1-\delta_S)}{P_{C,t+1}} \\ + \frac{P_{S,t+1}A_S F_{K_S}^S(T_{t+1}, K_{S,t})}{P_{C,t+1}} \end{array} \right] \right\} \\
 X_{S,t} : \quad \varphi_0 \frac{P_{I_S,t}}{P_{C,t}} &+ \varphi_1 E_t \left\{ \Lambda_{t,t+1} \frac{P_{I_S,t+1}}{P_{C,t+1}} \right\} + \varphi_2 E_t \left\{ \Lambda_{t,t+2} \frac{P_{I_S,t+2}}{P_{C,t+2}} \right\} \\
 &+ \dots + \varphi_{n-1} E_t \left\{ \Lambda_{t,t+n-1} \frac{P_{I_S,t+n-1}}{P_{C,t+n-1}} \right\} \\
 &= E_t \left\{ \begin{array}{l} \Lambda_{t,t+n-1} \frac{Q_{S,t+n-1}}{P_{C,t+n-1}} \left[ \begin{array}{l} 1 - \Phi_S \left( \frac{X_{S,t}}{X_{S,t-1}} \right) \\ - \Phi'_S \left( \frac{X_{S,t}}{X_{S,t-1}} \right) \frac{X_{S,t}}{X_{S,t-1}} \end{array} \right] \\ + \Lambda_{t,t+n} \frac{Q_{S,t+n}}{P_{C,t+n}} \Phi'_S \left( \frac{X_{S,t+1}}{X_{S,t}} \right) \left( \frac{X_{S,t+1}}{X_{S,t}} \right)^2 \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

## Optimalidad de acumulación de capital (II)

- Estas ecuaciones determinan la evolución de los proyectos de inversión ( $X_{S,t}$ ) y del precio de sombra del capital ( $Q_{S,t}$ )
- Caso estándar cuando  $n = 1$  (CEE, 2005). Cuando  $n = 2$ :

$$\frac{P_{I_{S,t}}}{P_{C,t}} = E_t \left\{ \begin{aligned} &\Lambda_{t,t+1} \frac{Q_{S,t+1}}{P_{C,t+1}} \left[ 1 - \Phi_S \left( \frac{X_{S,t}}{X_{S,t-1}} \right) - \Phi'_S \left( \frac{X_{S,t}}{X_{S,t-1}} \right) \frac{X_{S,t}}{X_{S,t-1}} \right] \\ &\quad + \Lambda_{t,t+2} \frac{Q_{S,t+2}}{P_{C,t+2}} \Phi'_S \left( \frac{X_{S,t+1}}{X_{S,t}} \right) \left( \frac{X_{S,t+1}}{X_{S,t}} \right)^2 \end{aligned} \right\}$$

- El lado izquierdo es el costo marginal real de un proyecto de inversión adicional en periodo  $t$
- El lado derecho es el beneficio marginal futuro descontado en periodo  $t + 1$ , que corresponde a la relajación futura de la ecuación de acumulación de capital

## Gobierno y CC/PIB

- Los mayores impuestos recaudados por el fisco afectan el gasto público solo en la medida que alteren el gasto estructural
- El saldo de la CC es igual al  $\Delta$  en la posición de inversión internacional:

$$\begin{aligned}
 CAY_t = & \underbrace{\frac{\varepsilon_t B_t^*}{P_{Y,t} Y_t (1 + i_t^*) \Theta_t} - \frac{\varepsilon_t B_{t-1}^*}{P_{Y,t} Y_t (1 + i_{t-1}^*) \Theta_{t-1}}}_{\text{Cambio en posición de inversión de portafolio}} \\
 & - \underbrace{(1 - \chi) \frac{Q_{S,t} (K_{S,t} - K_{S,t-1})}{P_{Y,t} Y_t}}_{\text{Cambio en posición de inversión extranjera directa neta}}
 \end{aligned}$$

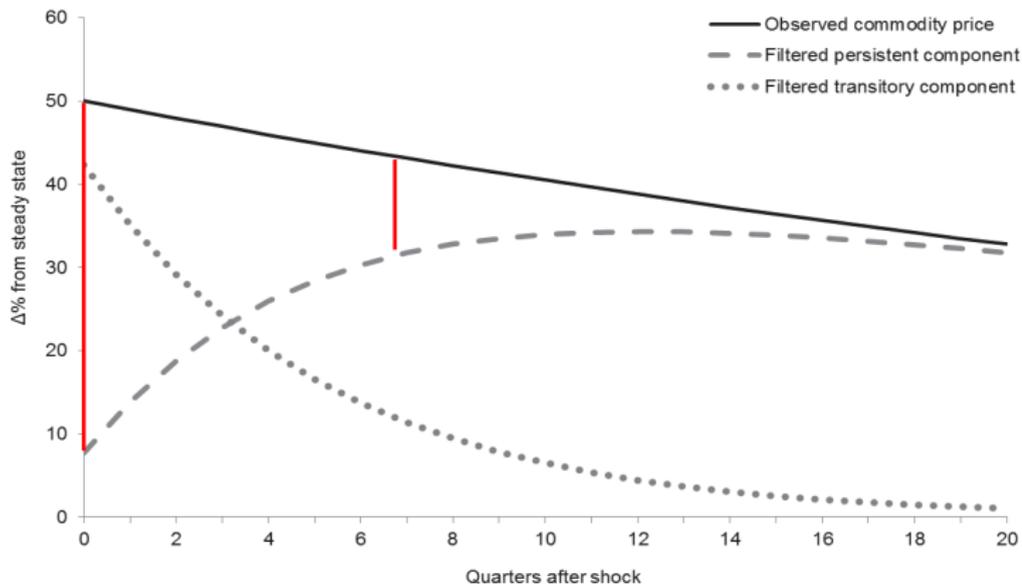
## IRF y descomposición histórica

Implementación aprendizaje en IRF:

- 1 Obtenemos el componente persistente  $\hat{b}_t$  con el FK
- 2 Dado  $\hat{b}_t$  y el precio efectivo  $pcur_t$ , inferimos el componente transitorio  $\hat{a}_t$
- 3 Dados los shocks fundamentales junto con  $\hat{b}_t$  y  $\hat{a}_t$ , simulamos la respuesta de la economía

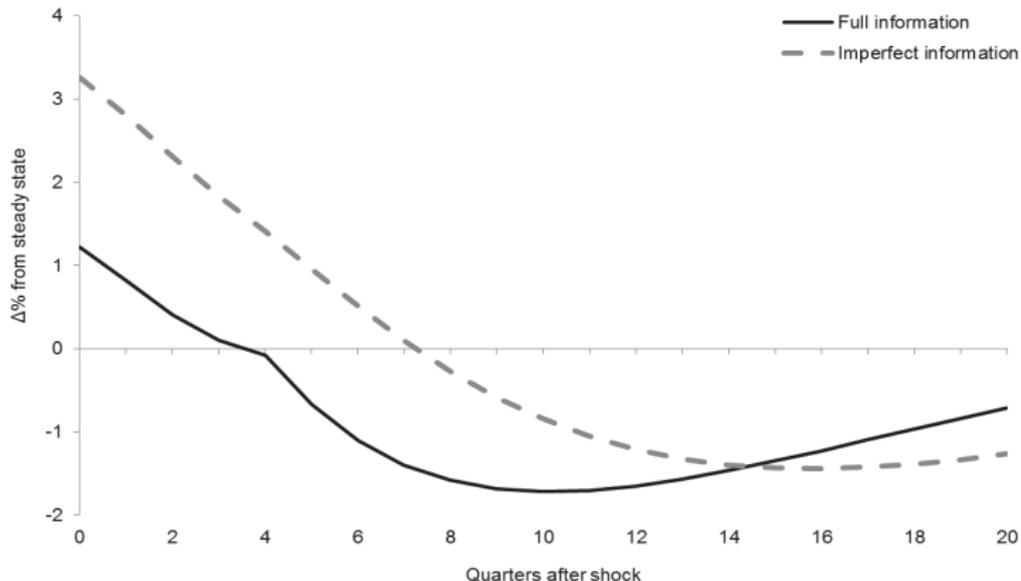
# IRF shock precio (real) del cobre (+50%)

Figure 6 (a): Response of commodity price and filtered components to a commodity price shock.



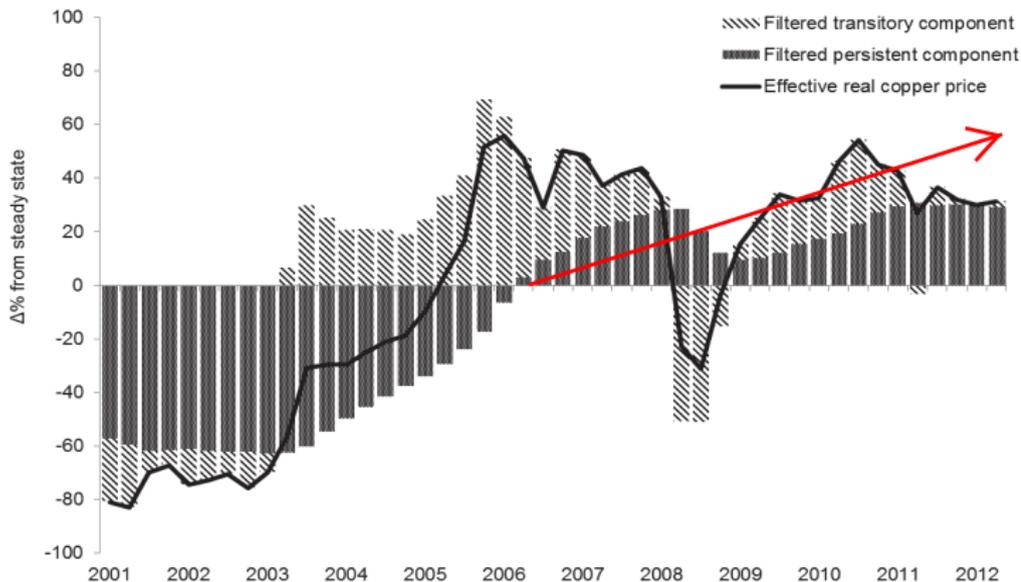
# Respuesta de CC/PIB a shock precio (real) del cobre

Figure 6 (g): Response of current account-to-GDP ratio to a commodity price shock.



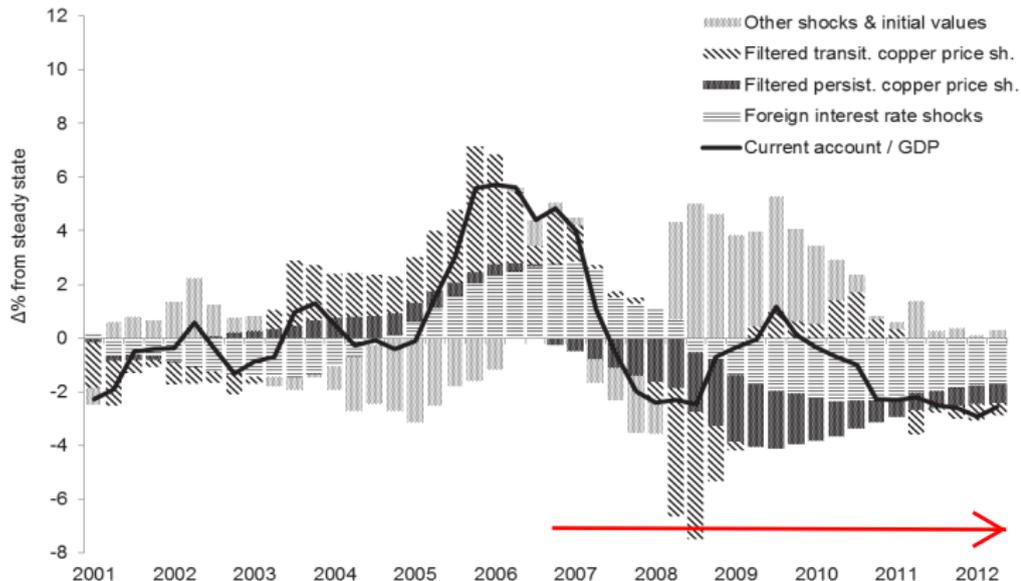
# Descomposición del precio del cobre

Figure 7: Historical decomposition of real copper price.



# Descomposición de la CC/PIB

Figure 10: Historical decomposition of current account-to-GDP ratio.



## Conclusiones

- El precio del cobre explica una parte importante de la evolución reciente de la CC
- La extensión del MAS con minería y aprendizaje explica un superávit inicial de la CC y un posterior y gradual déficit ante shocks persistentes al precio del cobre
- El déficit en CC al igual que el gasto fiscal son variables muy endógenas, y resultan de decisiones eficientes de los agentes ante la percepción de un precio del cobre persistentemente alto
- En este sentido, el déficit en CC es consistente con los fundamentales que se plantean en el modelo

# Commodity Price Boom, Investment and the CA in Chile: The role of Changing Expectations

Jorge Fornero

Markus Kirchner

Gerencia de Análisis Macroeconómico  
Grupo de Proyecciones de Mediano Plazo  
Banco Central de Chile

XXXI Encuentro de Economistas del BCRP

## Composición de la inversión

- La canasta de inversión utilizada en el sector  $S$  combina bienes domésticos  $I_{H,t}(S)$  e importados  $I_{F,t}(S)$ :

$$I_{S,t} = \left[ \gamma_{I_S}^{\frac{1}{\eta_{I_S}}} I_{H,t}(S)^{1-\frac{1}{\eta_{I_S}}} + (1 - \gamma_{I_S})^{\frac{1}{\eta_{I_S}}} I_{F,t}(S)^{1-\frac{1}{\eta_{I_S}}} \right]^{\frac{\eta_{I_S}}{\eta_{I_S}-1}}$$

- De las condiciones de primer orden del problema de minimización de gastos usual resultan las demandas

$$I_{H,t}(S) = \gamma_{I_S} \left( \frac{P_{H,t}}{P_{I_S,t}} \right)^{-\eta_{I_S}} I_{S,t}$$

$$I_{F,t}(S) = (1 - \gamma_{I_S}) \left( \frac{P_{F,t}}{P_{I_S,t}} \right)^{-\eta_{I_S}} I_{S,t}$$

## Presupuesto del gobierno

- Una proporción  $\chi$  del cash flow del sector  $S$  va al fisco, y hay impuestos  $\tau_S$  a las utilidades netas de extranjeros
- La restricción de presupuesto del gobierno es

$$\frac{\varepsilon_t B_{G,t}^*}{P_{Y,t} Y_t} \frac{1}{(1+i_t^*)\Theta_t} = \frac{\varepsilon_t B_{G,t-1}^*}{P_{Y,t} Y_t} + \tau_t \frac{P_{Y,t} Y_t}{P_{Y,t} Y_t} + \chi \frac{CF_{S,t}}{P_{Y,t} Y_t} + \tau_S (1-\chi) \frac{\Pi_{S,t} - \delta_S Q_{S,t} K_{S,t-1}}{P_{Y,t} Y_t} - \frac{P_{G,t} G_t}{P_{Y,t} Y_t},$$

donde  $\tau_t$  son impuestos lump-sum sobre los hogares (como fracción del PIB nominal)

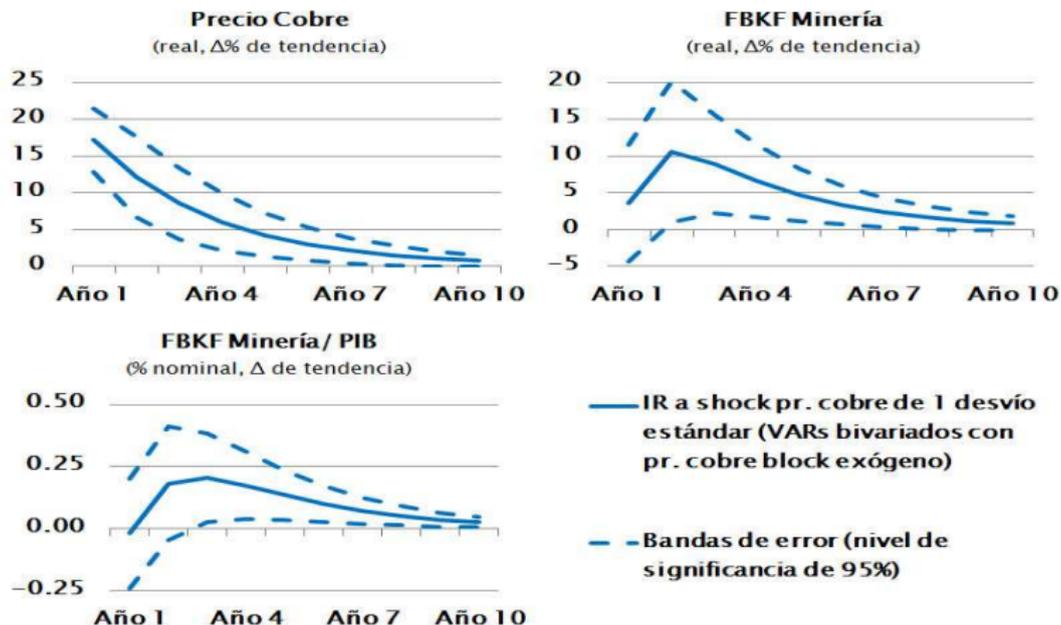
## Regla fiscal

- El gasto público sigue la regla de balance estructural:

$$\frac{P_{G,t}G_t}{P_{Y,t}Y_t} = \left[ \begin{array}{l} \left(1 - \frac{1}{(1+i_{t-1}^*)\Theta_{t-1}}\right) \frac{\varepsilon_t B_{G,t-1}^*}{P_{Y,t}Y_t} + \frac{\tau_t P_{Y,t} \bar{Y}_t}{P_{Y,t}Y_t} + \chi \frac{CF_{S,t}}{P_{Y,t}Y_t} \\ + \tau_S(1 - \chi) \frac{\Pi_{S,t} - \delta_S Q_{S,t} K_{S,t-1}}{P_{Y,t}Y_t} - \frac{VC_t}{P_{Y,t}Y_t} - \frac{META}{P_Y Y} \end{array} \right]$$

- El término  $VC_t = [\chi + \tau_S(1 - \chi)]Y_{S,t}\varepsilon_t(P_{S,t}^* - \bar{P}_{S,t}^*)$  es el ajuste cíclico que depende del precio del diferencial del precio efectivo  $P_{S,t}^*$  y el precio de referencia  $\bar{P}_{S,t}^*$

## Modelo VAR (1976-2012) indica que mayor precio del cobre genera mayor inversión minera



## Precio de referencia del gobierno

