

Tipo de cambio real, precios relativos y *shocks* de oferta en Bolivia: Aplicación de un MEGDE⁺

Sergio Cerezo A.¹
(Primera versión, Junio de 2008)

Resumen

En este trabajo se evalúa la importancia de las condiciones de oferta en la determinación del tipo de cambio real a través de un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico con dos sectores: transable y no transable. Calibrando el modelo para la economía boliviana cuyo sector no transable es altamente intensiva en trabajo y el transable en capital, se muestra que un *shock* de oferta adverso en el sector transables tiende a incrementar los precios en ambos sectores, pero más el de los transables por lo que el tipo de cambio real se deprecia; en cambio un *shock* similar en el sector no transable tiende a incrementar los precios en su sector y a reducir el de los transables por el tipo de cambio real se aprecia. También se muestra que un incremento en la tasa de interés encarece y reduce el capital afectando a ambos sectores pero más al sector transable por lo que el tipo cambio real se deprecia al subir relativamente más los precios en este sector.

Palabras Claves: modelo neoclásico de comercio, tipo de cambio real, *shocks* de oferta, modelos *DSGE*

Clasificación *JEL*: F11, F31, E39, F41

⁺ Modelos de Equilibrio General Dinámicos Estocásticos o DSGE por sus siglas en ingles.

¹ Dirección: scerezoa@hotmail.com

1. Introducción

Existen diferentes modelos sobre la determinación del tipo de cambio real que enfatizan varios factores como fuentes de su movimiento. De acuerdo a Balassa (1964) y Samuelson (1964) la determinación del tipo de cambio real de equilibrio depende de la productividad relativa del sector transable y no transable. Sachs y Wyplosz(1984), y Frenkel y Razin (1986), entre otros, arguyen que el tipo de cambio real está determinado por la demanda real de factores originados por un mayor gasto fiscal. Un tercer tipo de modelo son aquellos tipo Dornbush (1976) que se enfocan en determinar como el tipo de cambio real responde a *shocks* monetarios dado que los precios nominales son rígidos en el corto plazo.

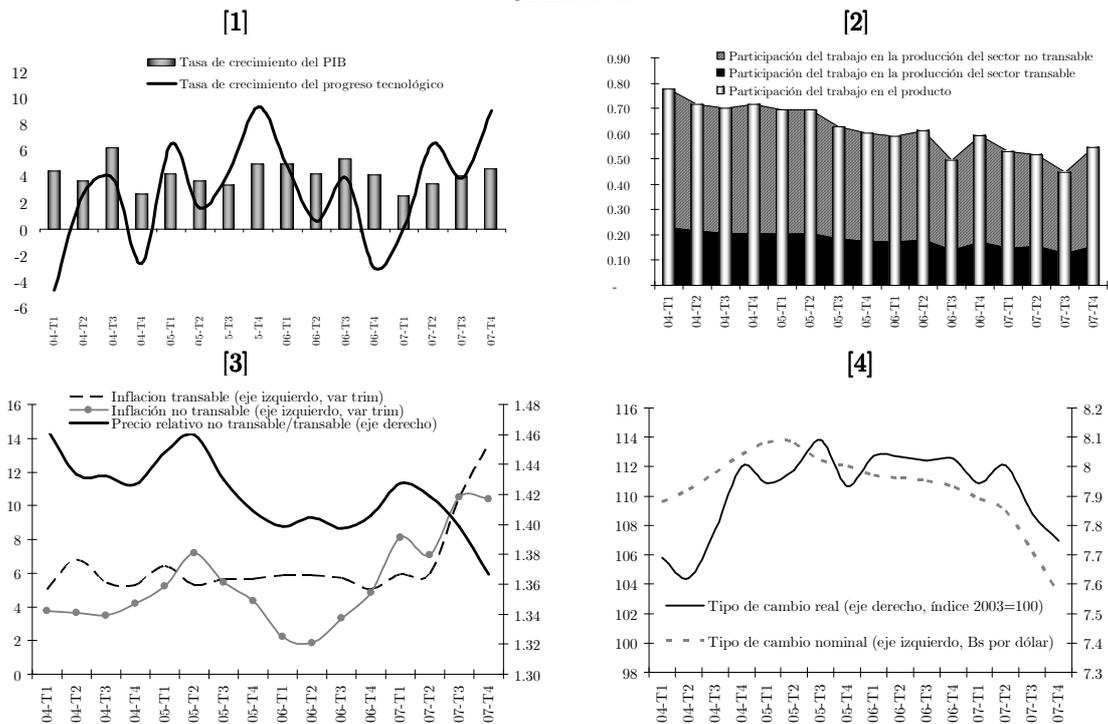
En todo caso, se encuentra que la mayoría de los movimientos del tipo de cambio real en el largo plazo son atribuidos a cambios relativos en la productividad que pueden ser interpretados como un soporte empírico al modelo de Balassa *op. cit.* y Samuelson *op. cit.* Sin embargo la mayoría de las fluctuaciones de corto y mediano plazo son atribuibles a *shocks* monetarios siguiendo al modelo tipo Dornbush *op.cit.*

Conocer las causas de los movimientos en el tipo de cambio real es importante para las decisiones de política económica en cuanto a regímenes cambiarios, política comercial y política monetaria en general. Aun existe una brecha entre la literatura empírica y los estudios académicos acerca de los determinantes del tipo de cambio real en el largo plazo.

Por lo tanto, información acerca de las fuentes de fluctuación en el tipo de cambio real son útiles para evaluar la relevancia empírica de diferentes modelos. En el gráfico 1 se muestra la evolución de un conjunto de variables macroeconómicas que exponen algunas regularidades empíricas para la economía boliviana. Se puede evidenciar que los *shocks* tecnológicos guardan una estrecha relación con la tasa de crecimiento del producto, estos *shocks* pueden ser positivos como el experimentado en el sector transable (hidrocarburos y minería) o negativo tipo fenómenos

climáticos adversos (“El Niño” y “La Niña”) [1]. En el primer caso, al ser el sector transable intensivo en capital más que en trabajo explicaría la baja participación de este factor en su producción a diferencia de lo que pasa en el sector no transable donde esta participación se ha mantenido alta en los últimos 4 años [2].

Gráfico 1



Fuente: Banco Central de Bolivia e Instituto Nacional de Estadísticas

En la actualidad Bolivia experimenta un proceso inflacionario (transable y no transable) que es atribuido a *shock* de oferta debido a los fenómenos climáticos adversos que han afectado duramente su aparato productivo, y al incremento internacional de los precios del petróleo y alimentos que ha afectado el precio de los bienes importados [3]. Este cambio en los precios relativos entre los bienes comercializables internacionalmente (transables) y los no comercializables internacionalmente (no transables) han venido apreciando el tipo de cambio real en los últimos trimestres y en menor medida la apreciación nominal del peso boliviano frente dólar norteamericano [4].

Para sustentar las regularidades empíricas y mostrar que los movimientos en el tipo de cambio real en el largo plazo responden a los precios relativos en la economía más que a presiones de demanda o movimientos cambiarios nominales, este documento expone un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico para Bolivia que considera dos sectores (transable y no transable) que además de apoyar la posición de Balassa *op. cit.* y Samuelson *op. cit.* permita explicar el comportamiento del tipo de cambio real y otras variables macroeconómicas ante *shocks* de oferta adversos que afectan a la productividad de los factores y/o a su costo.

Este documento está organizado de la siguiente manera. La sección 2 describe la estructura del modelo y se establece las condiciones de optimalidad. En la sección 3 se calibra los parámetros del modelo para la economía boliviana y se muestra la respuesta de una serie de variables macroeconómicas ante a) un *shock* tecnológico negativo en el sector no transable, b) un *shock* tecnológico negativo en el sector transable, y c) un *shock* positivo en la tasa de interés nominal. Y finalmente, los principales hallazgos y conclusiones son expuestos en la sección 4.²

2. Estructura del modelo

Para explicar las regularidades empíricas descritas en la introducción, se plantea un modelo que muestre el comportamiento de estas variables. Para este efecto se explorará un modelo que no incluye dinero. El modelo presentado en este documento sigue a tres líneas de investigación en macroeconomía internacional: El Modelo Escandinavo de Inflación (e.g. Aukrust (1977) y Lindbeck(1979)), los modelos ínter temporales de los 80's, que enfatizan la optimización ínter temporal (e.g. Obstfeld(1981), Svensson y Razin (1983), Greenwood(1984), Persson and Svensson (1985), y Frenkel y Razin (1987)), y la literatura de los ciclos económicos reales (e.g. Mendoza (1991), Baxter y Crucini (1992) y Backus, Kehoe y Kydland (1992)).

² Adicionalmente, en la sección 6 (Anexo) se presenta el modelo log-linealizado, las identidades teóricas de estado estacionario, e información relevante en cuanto a la calibración del modelo.

2.1 Las familias

Para simplificar la notación se asume que la población es constante y todas las variables son expresadas en términos per cápitas. A continuación se describen algunos elementos del proceso de optimización de los hogares.

2.1.1 Preferencias

Consideremos una economía pequeña y abierta que se encuentra habitada por una familia representativa que busca maximizar la siguiente función de utilidad iso elástica:

$$U = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{1}{1-1/\sigma} [(C_t)^{1-1/\sigma} - 1] \quad \sigma > 1, 0 < \beta < 1 \quad (1)$$

Donde β es la tasa de descuento, $(1/\sigma)$ es la elasticidad de sustitución ínter temporal, C_t denota el índice de un bien de consumo compuesto por el consumo en bienes transables (C^T) y no transables (C^N) de la forma Coob-Douglas:

$$C_t = (C_t^T)^{\gamma_c} (C_t^N)^{1-\gamma_c} \quad \gamma_c > 0 \quad (2)$$

Donde γ_c es la participación en el consumo de los bienes transables y $(1-\gamma_c)$ de los no transables.

2.1.2 El precio relativo entre bienes transables y no transables: Tipo de cambio real

Definamos el tipo de cambio real (p_t) como la relación de precios entre los de no transables (P_t^N) y transables (P_t^T)³:

$$p_t = \frac{P_t^N}{P_t^T} \quad (3)$$

Aunque para fines de modelación en la Sección 3 de redefinirá el tipo de cambio real de la forma más usual que es el cociente entre el precio de los transables respecto al de los no transables.

³ En este documento se sigue la definición de tipo de cambio real interno, es que definido como la razón entre los precios de los bienes transables y no transables.

2.1.3 Restricción presupuestaria de la economía

Se asume que la producción de transables es destinada para consumo, inversión y acumulación de activos financieros; en cambio la producción de no transables es destinada únicamente para consumo interno:⁴

$$Y_t^T = C_t^T + I_t^T + TB_t^T \quad (4)$$

$$Y_t^N = C_t^N \quad (5)$$

Donde las variables Y_t^T y Y_t^N denotan la producción de bienes transables y no transables respectivamente, I_t^T es la inversión realizada en bienes transables. El saldo en la balanza comercial es denotada con TB_t , que es un determinante de la posición neta de activos de la economía frente al mundo, el cual denotamos con B_t :

$$B_t = (1 + r^*)B_{t-1} + TB_t + TRF_t \quad (6)$$

Donde r^* es la tasa de interés internacional⁵ y TRF_t son las transferencias financieras netas. Es decir el país frente al mundo tendrá una posición favorable de activos netos si mejora la balanza comercial, o si se incrementa la tasa de interés que se pagan por sus activos, y/o se incrementan las transferencias financieras netas.

Además se asume que $TRF_t = Z_t K_{t-1}$, es decir las transferencias financieras netas se originan por la retribución al uso del capital, donde Z_t es el precio del capital K_t .

Considerando (4), (5) y (6) se obtiene la restricción presupuestaria ínter temporal de la economía:

$$Y_t^T + p_t Y_t^N = C_t^T + p_t C_t^N + I_t^T + B_t - (1 + r)B_{t-1} - Z_t K_{t-1} \quad (7)$$

⁴ En este modelo no se considera la participación del gobierno.

⁵ Que se asume es igual a la nacional.

Cabe destacar que si bien I_t^T es la inversión bruta que sólo se la realiza en términos de bienes transable puesto que son importados, el capital acumulado es empleado para la producción de bienes transables y no transables. Por lo tanto la ecuación de movimiento del capital viene dada por la siguiente expresión:

$$I_t^T = K_t - (1 - \delta)K_{t-1} \quad (8)$$

Donde δ es la tasa de depreciación del capital. Además el modelo considera perfecta movilidad del capital internacional y esta puede emplearse en el sector transable y no transable, esto es:

$$K_t = K_t^T + K_t^N \quad (9)$$

Donde K_t^T y K_t^N es el capital destinado al sector transables y no transables respectivamente. Cabe destacar que la dotación de trabajo es fija (\bar{L}), y que se asigna libremente entre el sector transable (L_t^T) y no transable (L_t^N):

$$\bar{L} = L_t^T + L_t^N \quad (10)$$

Este último supuesto permite que el individuo no considere al ocio en su función de utilidad y sean las empresas las que dispongan de la asignación de este recurso de acuerdo a su propio problema de optimización.

2.1.4 Condiciones de primer orden

De las condiciones de primer orden se obtienen las siguientes relaciones:

(a) *La distribución entre consumo en bienes transables y no transables esta determinada por el tipo de cambio real.* Por ejemplo, un incremento del precio de los bienes no transables (apreciación del tipo de cambio real) genera un efecto sustitución a favor del consumo de bienes transables en detrimento de los no transables.

$$\frac{\gamma_c}{(1-\gamma_c)} \frac{C_t^N}{C_t^T} = \frac{1}{p_t} \quad (11)$$

(b) *La rentabilidad del capital contiene la tasa de interés y la depreciación del capital.*

$$Z_{t+1} = r + \delta \quad (12)$$

(c) *Las decisiones de consumo íntertemporal dependerán de la tasa de interés y de la preferencia íntertemporal de los individuos (Ecuación de Euler).*

$$\frac{C_t^{1-1/\sigma}}{C_{t+1}^{1-1/\sigma}} \frac{C_{t+1}^T}{C_t^T} = \beta(1+r) \quad (13)$$

2.2 Las empresas

2.2.1 Maximización del beneficio de las empresas

Las empresas maximizan su beneficio económico eligiendo cantidades óptimas de capital y trabajo en el sector transable y no transable tal que maximizan el valor presente del beneficio en cada sector, esto es:

$$Max \sum_{s=t}^{\infty} \left[\frac{1}{1+r} \right]^{s-t} [A_{T,s} F(K_{T,s} L_{T,s}) - w_s L_{T,s} - Z_s K_{T,s+1}] \quad (14)$$

$$Max \sum_{s=t}^{\infty} \left[\frac{1}{1+r} \right]^{s-t} [p_s A_{N,s} F(K_{N,s} L_{N,s}) - w_s L_{N,s} - Z_s K_{N,s+1}] \quad (15)$$

Donde w_t es el salario real; Z_t es el costo del capital; el resto de las variables fueron definidas anteriormente.

2.2.2 Condiciones de primer orden

Se asume una forma funcional para el proceso de producción de bienes transables y no transables tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala, donde α_T y α_N son las participación del trabajo en la producción transable y no transable respectivamente. Por su parte $(1-\alpha_T)$ y $(1-\alpha_N)$ son las participaciones del capital en la producción de estos dos sectores, transable y no transable:

$$Y_t^T = A_t^T K_{t-1}^{T(1-\alpha_T)} L_t^{T(\alpha_T)}, \quad 0 < \alpha_T < 1 \quad (16)$$

$$Y_t^N = A_t^N K_{t-1}^{N(1-\alpha_N)} L_t^{N\alpha_N}, \quad 0 < \alpha_N < 1 \quad (17)$$

Además A_t^T y A_t^N son el progreso técnico en el sector transable y no transable respectivamente.⁶ Se espera que $\alpha_N > \alpha_T$ lo que implicaría que la producción de no transables es más intensiva en trabajo que el sector transable. Este supuesto estándar es motivado por el hecho de que la producción de no transables tiende estar compuesta fundamentalmente por el sector servicios, el cual es intensivo en trabajo.

De las condiciones de primer orden donde las variables de control son: K^T , K^N , L^T y L^N se obtiene que en cada sector el producto marginal del capital y el trabajo debe ser igual a la tasa de interés real y el salario real, respectivamente:

$$(1 - \alpha_T)A_t^T (k_{t-1}^T)^{-\alpha_T} = Z_t = p_t(1 - \alpha_N)A_t^N (k_{t-1}^N)^{-\alpha_N} \quad (18)$$

$$\alpha_T A_t^T (k_{t-1}^T)^{(1-\alpha_T)} = w_t = p_t \alpha_N A_t^N (k_{t-1}^N)^{(1-\alpha_N)} \quad (19)$$

Donde el ratio capital-trabajo de la producción de transables y no transables esta definida como $k_{t-1}^i = K_{t-1}^i / L_t^i$ para $i = T$ y N . Una debilidad del modelo es que asume que las productividades del trabajo y del capital en ambos sectores tienden a igualarse en el largo plazo. Este supuesto implica que el ratio capital trabajo en los dos sectores es proporcional:

$$\frac{\alpha^N}{1-\alpha^N} \frac{K^N}{L^N} = \frac{\alpha^T}{1-\alpha^T} \frac{K^T}{L^T} \quad (20)$$

Donde se ha asumido por simplicidad que el progreso tecnológico en ambos sectores esta normalizado a 1.

Por otro lado, considerando que la economía tiene una dotación de trabajo predeterminada y que existe movilidad de capital, los determinantes que afecten la

⁶ Cabe aclarar que el capital acumulado hasta t-1 es empleado en el proceso productivo en t.

productividad de los factores de producción son también los que determinan el tipo de cambio real de equilibrio, la producción, las asignaciones de consumo y los factores de producción. En resumen el modelo aquí planteado determina el tipo de cambio real por el lado de la oferta, como se verá con mayor detalle en la sección 3.

Previamente se presenta la dinámica que sigue el modelo si se originara un *shock* de demanda, así como algunas implicaciones sobre la determinación del tipo de cambio real en este modelo. Por ejemplo, si por algún factor exógeno a la economía se incrementa la demanda de productos no transables generaría un incremento en sus precios por lo que el tipo de cambio real se apreciaría. Al ser el sector no transable más atractivo y al existir libre movilidad de capital este recurso se movería hacia este sector, promoviendo su producción e incrementándose la oferta con la consecuente caída de sus precios y depreciación del tipo de cambio real. Como conclusión, en este modelo las condiciones de demanda no determinan el tipo de cambio real de equilibrio en el largo plazo.

Para mostrar que el tipo de cambio real de equilibrio en el largo plazo es determinado fundamentalmente por condiciones de oferta se supone en la sección 3 tres *shocks* de este tipo: a) tecnológico adverso al sector no transable, b) tecnológico adverso al sector transable y c) a la tasa de interés que se la consideraba inicialmente exógena en el modelo.

2.3 La economía

Para determinar en el modelo qué proporción del consumo agregado es destinada al consumo transable y no transable, se asume que en cada periodo, el agente representativo maximiza la función de utilidad siguiente:

$$U = \frac{1}{1-1/\sigma} [((C^T)^{\gamma_c} (C^N)^{1-\gamma_c})^{1-1/\sigma} - 1] \quad \gamma_c \in (0, 1) \quad (21)$$

El gasto total Z medido en términos de bienes transables se destina al consumo de ambos bienes:

$$Z = C^T + pC^N \quad (22)$$

Entonces el agente representativo maximiza (21) sujeto a (22) de donde se obtiene:

$$p = \frac{C^T}{C^N} \frac{(1-\gamma_c)}{\gamma_c} \quad (23)$$

Reemplazando (23) en (22) se obtiene la función de demanda de bienes transables y no transables:

$$C^T = \gamma_c Z \quad (24)$$

$$C^N = \frac{(1-\gamma_c)}{p} Z \quad (25)$$

Si consideramos que se cumple la siguiente condición $Z = PC$, donde P es el precio del consumo; se obtiene la función de demanda de bienes transable y no transables depende del consumo agregado y del precio relativo de ambos bienes:

$$C^T = \gamma_c PC \quad (26)$$

$$C^N = \frac{(1-\gamma_c)}{p} PC \quad (27)$$

3. Calibración y dinámica del modelo

Antes de la calibración del modelo se debe notar que en el anexo 6.1 y 6.2 se presentan las relaciones teóricas de estado estacionario y las ecuaciones log-linealizadas del sistema. Con el modelo linealizado se obtiene un sistema de 21 ecuaciones dinámicas (19 endógenas y tres exógenos) con 26 parámetros las cuales son resueltas con Dynare.⁷

3.1 Datos

En el cuadro 1 se muestra los parámetros calibrados para el modelo. El coeficiente de aversión al riesgo en la función de consumo es $\sigma = 2$, el cual es un valor estándar en la literatura sobre ciclos económicos reales. La participación del consumo de bienes transables en el consumo total se asume igual a $\gamma_c = 0.42$ que es la participación de la cesta de consumo de bienes transables en el IPC; y la tasa de depreciación es de $\delta = 0.018$ parámetro trimestralizando del valor anual encontrado en Huarachi(1991).

⁷ El software es disponible en <http://www.cepremap.cnrs.fr/dynare>.

Dado el supuesto inicial de igualdad en la tasa de interés doméstica y foránea, se considera una tasa de interés doméstica que siguiendo el enfoque de la paridad descubierta de las tasas de interés no genere incentivos de arbitraje, esta es de $r = 7.50$ por ciento.⁸

Cuadro 1: Parámetros calibrados

| | | |
|------------|-------|--|
| σ | 2 | Coefficiente de aversión al riesgo |
| r | 0.075 | Tasa de interés |
| δ | 0.018 | Tasa de depreciación |
| α^T | 0.28 | Participación del trabajo en el sector transable |
| α^N | 0.72 | Participación del trabajo en el sector no transable |
| ξ | 0.06 | Coefficiente de suavización de la tasa de interés a la deuda |
| γ_c | 0.42 | Participación de los bienes transable en el consumo total |
| δ_r | 0.001 | Elasticidad de la tasa de interés a la deuda externa |
| δ_T | 0.51 | Coefficiente auto regresivo del progreso tecnológico en el sector transable |
| δ_N | 0.51 | Coefficiente auto regresivo del progreso tecnológico en el sector no transable |
| B/L | 566 | Deuda pública externa per-cápita (Dólares) |

La participación del trabajo en el sector transable es de 0.20 que es la participación promedio (1997-2007) de la masa salarial en este sector respecto al PIB nominal. Por su parte siguiendo la misma metodología la participación del trabajo en el sector no transable es de 0.52. Estos parámetros calibrados confirman que también el sector no transable en Bolivia es más intensiva en trabajo que en el sector transable.⁹

Adicionalmente, el modelo requiere determinar cuanto de esta participación del trabajo es destinado al sector transable y no transable, estas proporciones son $\alpha_T = 0.28$ y $\alpha_N = 0.72$, respectivamente.

⁷ Para mayor detalle ver el Anexo 6.3

⁹ Para realizar la clasificación entre aquellos sectores que pertenecen al transable y no transable se asumió la siguiente selección: **Transables:** Extracción de petróleo y gas natural; Minería; Elaboración de productos alimenticios, bebidas y tabaco; Fabricación de textiles, prendas de vestir, productos de cuero y zapatos; Fabricación de productos de madera, papel y productos de papel e imprentas; Fabricación de productos químicos, plásticos y otros productos minerales no metálicos; y Hoteles. **No transables:** Producción y distribución de electricidad, gas y agua; Construcción; Comunicación; Comercio; Restaurantes, bares y cantinas; Transporte, almacenamiento y agencias de viaje; Intermediación financiera; Actividad inmobiliaria, empresarial y de alquiler; Enseñanza primaria, secundaria y superior; Enseñanza para adultos y otro tipo de enseñanza; Servicios sociales y de salud; y Actividad de radio, televisión, agencias de noticias y otras actividades de servicios.

Para calibrar el coeficiente autoregresivo del progreso tecnológico en el sector transable y no transable se considera el residuo de Solow (1997-2007, trimestral) encontrada para Bolivia (Rodríguez, 2007). Aplicando un modelo autoregresivo a esta serie se encuentre un coeficiente autoregresivo de $\delta_T = 0.51 = \delta_N$ que se asume que es igual para ambos sectores.

Finalmente, la deuda externa per cápita es de $B/L = 566$ dólares norteamericanos¹⁰ y la elasticidad de la tasa de interés a la deuda externa y el coeficiente de suavización de la tasa de interés a la deuda externa es de $\delta_r = 0.001$ y $\xi = 0.06$ respectivamente, estos parámetros son tomados de Garcia, Restrepo y Taner (2007) que calibran su modelo para economías exportadoras de materias primas.

3.2 Análisis de impulso respuesta

3.2.1 *Shock* tecnológico adverso en el sector transable

Esta sub-sección muestra la respuesta en 45 trimestres de una serie de variables macroeconómicas en el sector transable, no transable y en la economía ante un *shock* negativo temporal de una desviación estándar (0,03) en el progreso tecnológico del sector transable (Gráfico 2).

a) Efectos sobre el sector transable

Resultado 1: *En el mismo periodo del shock temporal adverso en el sector transable el tipo de cambio real se deprecia en 5% al incrementarse el precio de los transables (Gráfico 2.1).*

¹⁰ La deuda externa per cápita es el promedio de la deuda pública externa per cápita para los años 1992 y 2001 de acuerdo a los dos últimos censos de población realizados en Bolivia.

Gráfico 2: Shock tecnológico negativo en el sector transable

Gráfico 2.1: Efectos en el sector transable

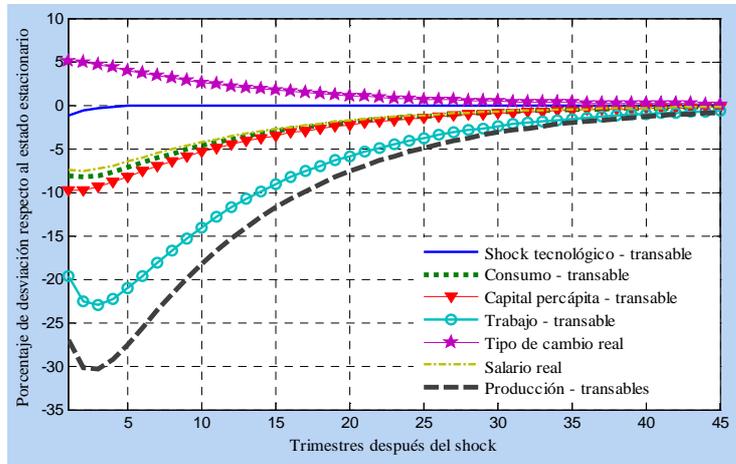


Gráfico 2.2: Efectos en el sector no transable

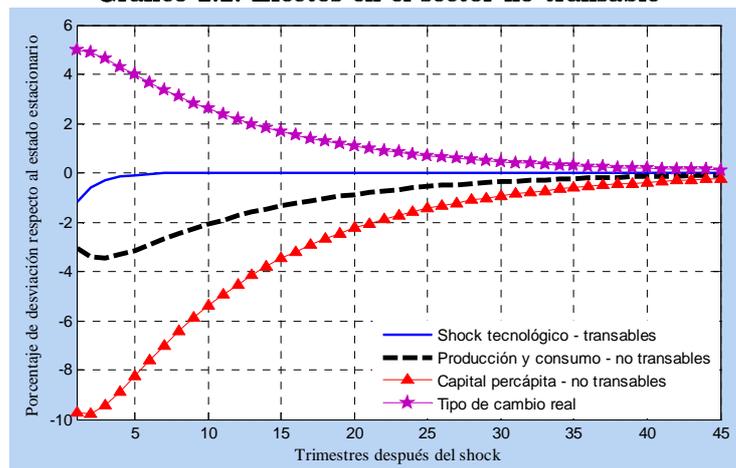
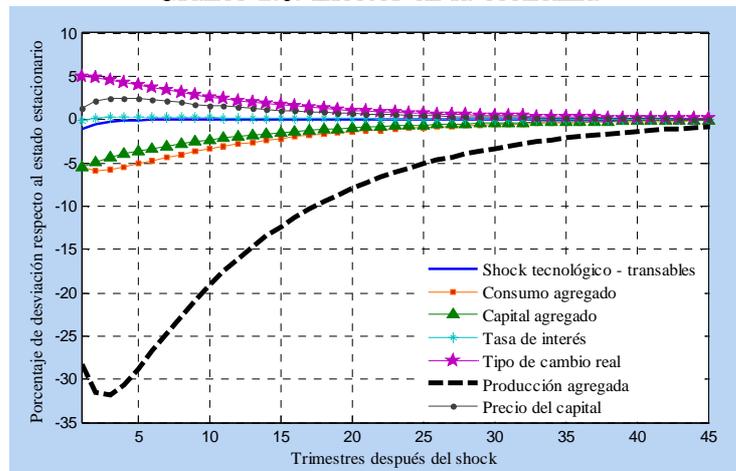


Gráfico 2.3: Efectos en la economía



En inicio este *shock* en el sector transable contrae la producción en aproximadamente 27 por ciento (27%)¹¹, el consumo (8%) también se reduce pero no en la misma magnitud por lo que la economía genera un desahorro en desmedro de la inversión y la formación bruta de capital.¹²

La menor formación de capital ocasiona que este sector, que además es intensivo en capital, reduzca la dotación de este factor por trabajador (10%). Este hecho ocasiona también una reducción de la productividad del trabajo y por lo tanto del salario en la economía (7.5%).

La contracción de la oferta de bienes transables presiona sus precios hacia el alza generándose una depreciación del tipo de cambio real (5%).

b) Efectos sobre el sector no transable

Resultado 2: *Un shock temporal adverso en el sector transable deprecia el tipo de cambio real en 5% a pesar del incremento en los precios del sector no transable (Gráfico 2.2).*

El sector no transable se ve afectado negativamente ante el *shock* en el otro sector, puesto que la desacumulación de capital que es un bien transable también es destinado a la producción de no transables. Pero como este sector es más intensivo en trabajo, el efecto sobre la producción y el consumo es moderado (3%). De todas formas esta contracción marginal en la producción incrementa los precios de los bienes no transables pero también marginalmente por lo que el tipo de cambio real se depreciará de todas formas (5%) por el mayor incremento en los precios del sector transable.

¹¹ El porcentaje de desviación es respecto al estado estacionario e inmediatamente después del *shock*.

¹² Si bien la inversión es realizada en bienes transables, (considerando una producción interna inexistente para bienes de capital) esta también es empleada para la producción de bienes no transables.

c) Efecto neto en la economía

Resultado 3: El shock tecnológico adverso en el sector transable genera una depreciación del tipo de cambio real y una contracción de la producción total, consumo y capital agregado ocasionado principalmente por el sector transable (Gráfico 2.3).

La contracción en la producción en ambos sectores contrae la producción agregada (29%) y en el consumo agregado (6%) lo que reduce la demanda de factores de producción por parte de las firmas, con la resultante menor acumulación de capital (5%) e incremento en su productividad y su respectivo precio (2%).

3.2.2 Shock tecnológico adverso en el sector no transable

Esta sub-sección muestra la respuesta en 45 trimestres de una serie de variables macroeconómicas en el sector transable, no transable y en la economía ante un *shock* negativo temporal de una desviación estándar (0.03) en el progreso tecnológico del sector no transable (Gráfico 3).

a) Efectos sobre el sector no transable

Resultado 4: El efecto inmediato de un shock temporal adverso en el sector no transable es una apreciación del tipo de cambio real de 2% al incrementarse el precio de los no transables (Gráfico 3.1).

Este *shock* en el sector no transable en principio contrae su producción y consumo en la misma proporción (0.6%), dado que la producción doméstica no transable es destinada al consumo doméstico plenamente.

Al contraerse la producción de no transables se libera capital y una gran cantidad de trabajo ya que este sector es intensivo en este factor, por lo que el capital per cápita en este sector sube (1.6%). Una menor cantidad de trabajo destinado a este sector implica una mayor productividad lo que se traduce en salarios mayores también (1%). Mayores salarios presionando sobre los costos y sobre todo la menor

Gráfico 3: Shock tecnológico negativo en el sector no transable

Gráfico 3.1: Efectos en el sector no transable

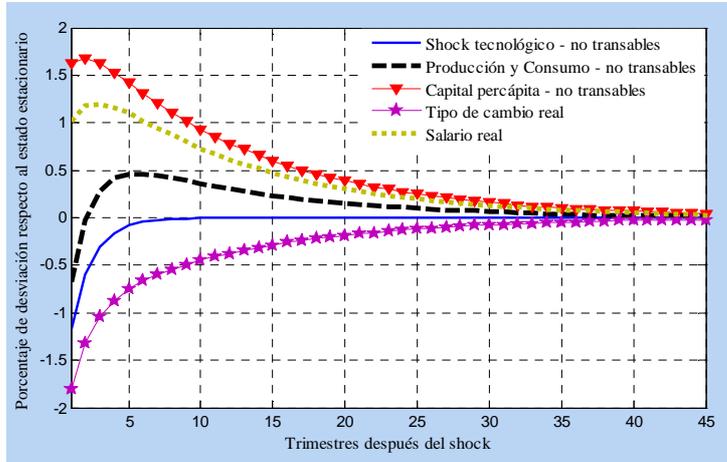


Gráfico 3.2: Efectos en el sector transable

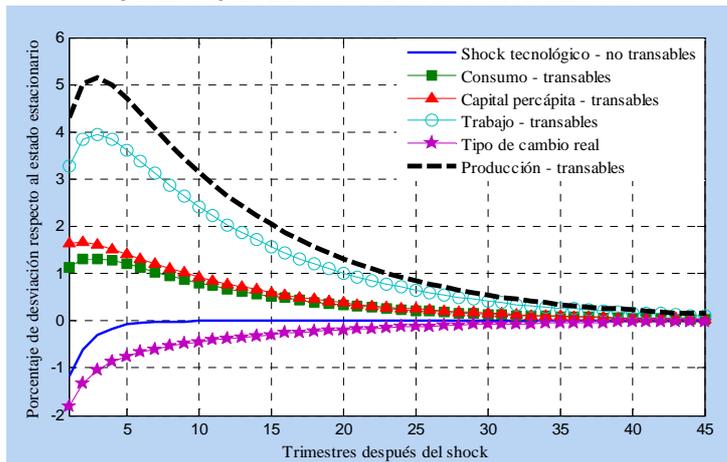
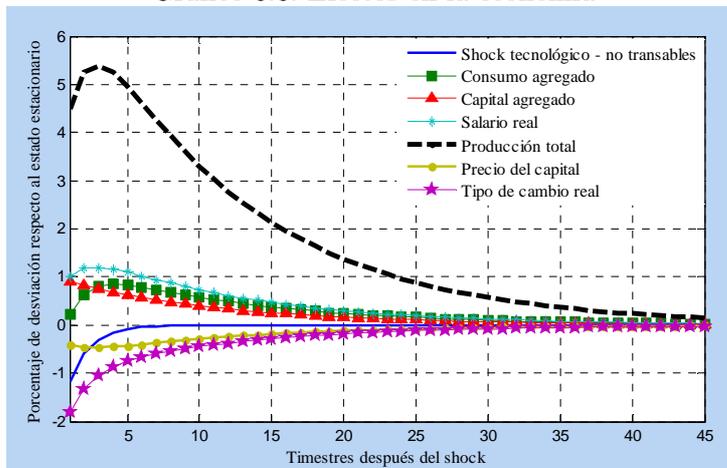


Gráfico 3.3: Efectos en la economía



producción en este sector implican un incremento en el precio de los no transables por lo que el tipo de cambio real se aprecia (2%).

b) Efectos sobre el sector transable

Resultado 5: *La presión a apreciar el tipo de cambio real también se origina por la caída en el precio de los bienes transables puesto que la producción de ese sector se ve favorecida cuando se presenta un shock de oferta adverso en el otro sector (Gráfico 3.2).*

El primer efecto se genera por la liberación de los factores de producción del sector no transable tras el *shock*, generando que el sector transable cuente con mayor disponibilidad de estos factores (capital y trabajo) y por tanto incrementando su capital en términos per cápitas (1.8%). Finalmente la producción del sector se expande (4.3%) así como el consumo (1%), presionando de esta manera los precios a la baja en el sector transable y por lo tanto apreciando el tipo de cambio real (2%).

c) Efecto neto en la economía

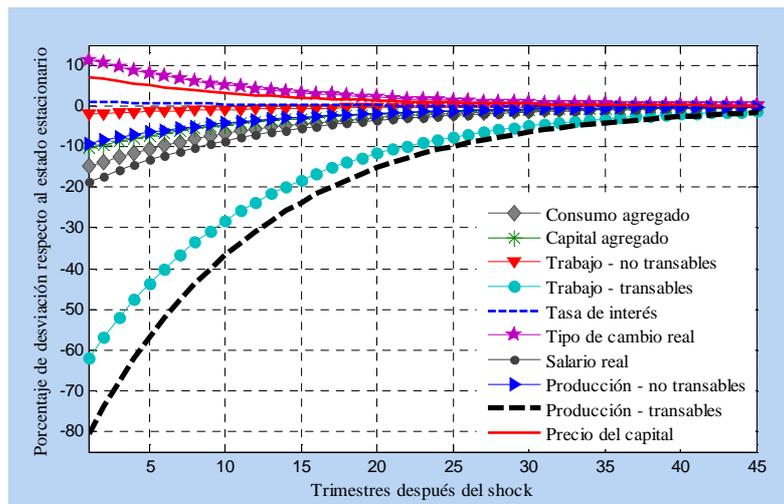
Resultado 6: *El efecto inmediato en la economía tras un shock negativo en la productividad del sector no transable es una apreciación real y un incremento en la producción agregada, consumo y capital agregado (Gráfico 3.3).*

Pese a que la producción de no transable se redujo inicialmente, el incremento en la producción de bienes transable genera un incremento neto en la producción total (4.5%). El consumo agregado (0.3%), el capital agregado (1%) y los salarios reales (1%) experimenta un efecto similar después del *shock*, por el contrario el precio del capital tiende a abarataarse (1%) por el incremento de este factor en la economía.

3.2.3 Efectos de un *shock* en la tasa de interés

En esta sub sección se muestra la respuesta en 45 trimestres de una serie de variables macroeconómicas ante un *shock* temporal positivo de una desviación estándar (0.25) en la tasa de interés.

Gráfico 4: Efectos en la economía de *shock* positivo en la tasa de interés



Resultado 7: Un *shock* positivo en la tasa de interés deprecia el tipo de cambio real en 10% por el incremento en los precios de los transables que es superior al experimentado en los no transables (Gráfico 4).

Un incremento de la tasa de interés nominal encarece el precio del capital (8%) y reduce la acumulación de capital (10%), como la producción en el sector transable es intensiva en capital la reducción en la producción es mayor (80%) que en el sector no transable (10%). La dotación de capital per cápita y trabajo también se contrae con mayor intensidad en el sector transable. La menor producción genera que los precios en el sector transable y no transable se incrementen, pero en mayor magnitud en el sector transable por lo que el tipo de cambio real se deprecia (10%).

4. Conclusiones

En este documento se muestra que el comportamiento del tipo de cambio real en Bolivia es resultado de fuerzas reales que se suscitan en el sector productivo, las cuales pueden llegar a generar apreciaciones o depreciaciones en este precio relativo. Para tal efecto se ha desarrollado un MEGDE con dos sectores que explora la vinculación que existen entre los *shocks* de oferta y los precios de los bienes transables y no transables en la economía boliviana la cual es capital intensiva en la producción de transable y trabajo intensiva en la producción de no transables.

El experimento considera diferentes tipos de *shock* de oferta adversos tales como: 1) tecnológico negativo en el sector transable, 2) tecnológico negativo en el sector no transable y 3) un incremento en la tasa de interés nominal. Estos *shocks* son aplicados en un solo periodo, lo cual es congruente con el hecho de que una perturbación no anticipada sorprende en un primer periodo pero es prevista después.

El experimento 1) y 3) genera una depreciación del tipo de cambio real tras el *shock*. En el caso 1), la desacumulación de capital afecta a ambos sectores; sin embargo el sector transable se ve más afectado por ser intensivo en el uso de este factor por lo que los precios en este sector se incrementan mucho más. En el caso 3) el incremento en la tasa de interés encarece el precio del capital; generando una reducción en la acumulación de este factor en la economía, por lo que una vez más el sector transable se ve afectado en mayor medida.

El experimento 2) muestra una presión proveniente de ambos sectores para apreciar el tipo de cambio real, ya que al recibir el sector no transable el *shock* adverso contrae su producción y uso de factores, los cuales son absorbidos por el otro sector y por tanto este alcanza mayores niveles de producción. Menor producción en el sector que recibió el *shock* y mayor producción transable hace que el primer caso se incremente los precios y en el segundo se reduzcan.

De los resultados podemos concluir que cualquier factor que afecte positivamente la acumulación de capital favorecerá más al sector transable por lo que sería de esperar que existan presiones para apreciar el tipo de cambio real. Asimismo, un *shock* adverso sobre el sector no transable genera la misma presión. En el caso de Bolivia ejemplos tales como un mayor dinamismo en el sector transable hidrocarburífero y minero se ajustan al primer caso, en cambio los *shock* climáticos adversos se ajustan al segundo.

5. Referencias bibliográficas

- Aukrust, D. (1977) "Inflation in the open economy: A Norwegian model" in L. B. Krause and W. S. Salant (eds.), *Worldwide Inflation*, Washington D.C., Brookings Institution.
- Backus D.K., P.J. Kehoe, y F.E. Kydland (1992) "International real business cycles". *Journal of Political Economy*, 100 (4), 745-775.
- Balassa, B. (1964) "The purchasing power parity doctrine: A reappraisal", *Journal of Political Economy* 72, 584-596.
- Dornbush, R. (1976) "Expectations and exchange rate dynamics", *Journal of Political Economy* 84, 1161-1176.
- Frenkel, J. and A. Razin (1986) "Real exchange rates, interest rates and fiscal policies", *Economic Studies Quarterly* 37, 99-113.
- Frenkel, J. y A. Razin (1987) "Fiscal Policies and the World Economy" Cambridge, Mass.: MIT press
- Garcia, Restrepo y Taner (2007) "Designing fiscal rule for commodity exporter" Working Paper Ilades-Georgetown University, I-199, January 2008
- Greenwood, J.J.D. (1984) "The functional basis of frequency-dependent food selection". *Biol. J. Linn. Soc.* 23: 177-199.
- Huarachi G. (1991) "Estimación del acervo de capital físico en la economía boliviana" mimeo. La Paz -Bolivia.
- Lindbeck, A., (1979) "Imported and structural inflation and aggregate demand: The Scandinavian model reconstructed", in A. Lindbeck (ed.), *Inflation and Employment in Open Economies - Studies in International Economics, Volume 5*, pp. 13-40, Amsterdam, North-Holland.

Marianne Baxter & Mario J. Crucini, (1992) "Business cycles and the asset structure of foreign trade" Discussion Paper / Institute for Empirical Macroeconomics 59, Federal Reserve Bank of Minneapolis.

Mendoza, E.G. (1991) "Real business cycles in a small open economy". *The American Economic Review*, 81 (4), 797-818.

Obstfeld, M., (1981) "Macroeconomic Policy, Exchange-Rate Dynamics, and Optimal Asset Accumulation", *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, vol. 89(6), pages 1142-61, December.

Rodriguez, H. (2007) "Proyecto de investigación conjunta sobre variables no observables: producto potencial", Mimeo.

Sachs, J. and C. Wyplosz, (1984) "Exchange rate effects of fiscal policy", NBER Working Paper No. 1255.

Samuelson, P. (1964) "Theoretical notes on trade problems", *Review of Economics and Statistics* 46, 145-154.

Svensson, L. Y A. Razin (1983) "The Terms of Trade and the Current Account: The Harberger-Laursen-Metzler Effect", *Journal of Political Economy*, 91, 97-125.

Svensson, Lars & Torsten Persson (1985) "Current Account Dynamics and the Terms of Trade: Harberger-Laursen-Metzler Two Generations Later", *Journal of Political Economy* 43-65.

6. Anexo

6.1 Estado Estacionario

Resolviendo el modelo se obtiene las siguientes relaciones en estado estacionario:

a) La relación capital/trabajo en el sector transable y no transable viene dado por las siguientes relaciones:

$$\frac{K^T}{L^T} = \left[\frac{1-\alpha_T}{r+\delta} \right]^{(1/\alpha_T)} \quad (\text{A.1})$$

$$\frac{K^N}{L^N} = \frac{\alpha_T}{(1-\alpha_T)} \frac{(1-\alpha_N)}{\alpha_N} \frac{K^T}{L^T} \quad (\text{A.2})$$

b) El tipo de cambio real de equilibrio (precio relativo entre los bienes no transables y transables) en estado estacionario es:

$$p = \frac{(1-\alpha_T)}{(1-\alpha_N)} \left[\frac{L^T}{K^T} \right]^{\alpha_T} \left[\frac{K^N}{L^N} \right]^{\alpha_N} \quad (\text{A.3})$$

c) El precio real del consumo en estado estacionario es:

$$\mathbf{P} = \left[\frac{\sigma-1}{\sigma} \right]^{\left[\frac{\sigma-1}{\sigma} \right]} \left[\frac{1-\gamma_c}{p} \right]^{\gamma_c-1} \gamma_c^{-\gamma_c} \quad (\text{A.4})$$

d) La relación producto/trabajador en cada sector viene dada por las siguientes expresiones:

$$\frac{Y^T}{L^T} = \left[\frac{K^T}{L^T} \right]^{(1-\alpha_T)} \quad (\text{A.5})$$

$$\frac{Y^N}{L^N} = \left[\frac{K^N}{L^N} \right]^{(1-\alpha_N)} \quad (\text{A.6})$$

e) La relación consumo en no transables/ transables es:

$$\frac{C^N}{C^T} = \frac{1}{p} \frac{(1-\gamma_c)}{\gamma_c} \quad (\text{A.7})$$

f) La relación trabajo los sectores no transable/transable es:

$$\frac{L^N}{L^T} = \frac{\left[\frac{(1-\gamma_c)}{\gamma_c} \frac{1}{p} \left(\frac{K^N}{L^N} \right)^{-(1-\alpha_N)} \right] \left[\left(\frac{K^T}{L^T} \right)^{(1-\alpha_N)} - \delta \frac{K^T}{L^T} \right]}{\left[1 + \frac{(1-\gamma_c)}{\gamma_c} \frac{1}{p} \delta \left(\frac{K^N}{L^N} \right)^{\alpha_N} \right]} \quad (\text{A.8})$$

g) En estado estacionario cuando $K_t = K_{t-1}$ y $B_t = B_{t-1}$ tenemos que la restricción de las familias puede expresarse como:

$$C^T = Y^T - \delta K + rB \quad (\text{A.9})$$

6.2 El modelo log-linealizado

Para resolver las ecuaciones del modelo se log-linealiza cada una de ellas alrededor del estado estacionario.

a) Consumo, tasa de interés y restricción presupuestaria

La ecuación del consumo agregado, consumo transable y no transable estan dadas por:

$$\widetilde{C}_t = \widetilde{C}_{t+1} + \sigma \left[\widetilde{\mathbf{P}}_{t+1} - \widetilde{\mathbf{P}}_t - \widetilde{R}_t \right] \quad (\text{A.10})$$

$$\widetilde{C}_t^T = \widetilde{C}_t + \widetilde{\mathbf{P}}_t \quad (\text{A.11})$$

$$\widetilde{C}_t^N = \widetilde{C}_t + \widetilde{\mathbf{P}}_t - \widetilde{p}_t \quad (\text{A.12})$$

y la tasa de interés *ad hoc* en esta economía así como los bonos/deuda estan dados por:

$$\widetilde{R}_t = -\frac{(1-\delta_r)}{(1+r)} \xi \frac{B}{L^T} L^T \widetilde{B}_{t-1} + \delta_r \widetilde{R}_{t-1} + \frac{1}{(1+r)} \widetilde{\mu}_t^R \quad (\text{A.13})$$

$$\widetilde{B}_t = (1+r)\widetilde{R}_t + (1+r)\widetilde{B}_{t-1} + \left[\frac{Y^T}{L^T} \frac{L^T}{B} \right] \widetilde{Y}_t^T - \left[\frac{C^T}{L^T} \frac{L^T}{B} \right] \widetilde{C}_t^T - \left[\frac{K}{L^T} \frac{L^T}{B} \right] \widetilde{K}_t + (1-\delta) \left[\frac{K}{L^T} \frac{L^T}{B} \right] \widetilde{K}_{t-1} \quad (\text{A.14})$$

b) Producción

La producción en el sector no transable esta dada por:

$$\widetilde{Y}_t^T = \widetilde{a}_t^T + (1-\alpha_T) \widetilde{k}_{t-1}^T + \widetilde{L}_t^T \quad (\text{A.15})$$

El consumo en bienes no transables dependerá enteramente de la producción de no transables, por lo tanto:

$$\widetilde{Y}_t^N = \widetilde{C}_t^N \quad (\text{A.16})$$

La producción agregada de esta economía esta dada por:

$$\widetilde{Y}_t = \left[\frac{Y^T}{Y^T+pY^N} \right] \widetilde{Y}_t^T + \left[\frac{pY^N}{Y^T+pY^N} \right] \widetilde{p}_t + \left[\frac{pY^N}{Y^T+pY^N} \right] \widetilde{Y}_t^N \quad (\text{A.17})$$

c) Factores de producción

La acumulación de capital en la economía esta dada por:

$$\widetilde{K}_t = \left[\frac{K^T}{L^T} \frac{L^T}{K} \right] \widetilde{k}_t^T + \left[\frac{K^T}{L^T} \frac{L^T}{K} \right] \widetilde{L}_t^T + \left[\frac{K^N}{L^N} \frac{L^N}{K} \right] \widetilde{k}_t^N + \left[\frac{K^N}{L^N} \frac{L^N}{K} \right] \widetilde{L}_t^N \quad (\text{A.18})$$

y el capital per cápita en el sector transable y no transable por:

$$\widetilde{k}_t^T = -\frac{1}{\alpha_T} \left[\widetilde{Z}_{t+1} - \widetilde{a}_{t+1}^T \right] \quad (\text{A.19})$$

$$\widetilde{k}_t^N = -\frac{1}{\alpha_N} \left[\widetilde{Z}_{t+1} - \widetilde{p}_{t+1} - \widetilde{a}_{t+1}^N \right] \quad (\text{A.20})$$

El trabajo en el sector no transable puede representarse como:

$$\widetilde{L}_t^N = \widetilde{Y}_t^N - \widetilde{a}_t^N - (1-\alpha_N) \widetilde{k}_{t-1}^N \quad (\text{A.21})$$

Y con una dotación fija de trabajo y con la imposibilidad de migración, el trabajo en el sector transable tiene una relación inversa con el trabajo en el sector no transable:

$$\widetilde{L}_t^T = -\left[\frac{L^N}{L^T}\right]\widetilde{L}_t^N \quad (\text{A.22})$$

d) Precios

La rentabilidad o costo del capital esta dado por:

$$\widetilde{Z}_t = \frac{(1+r)}{(r+\delta)}\widetilde{R}_{t-1} \quad (\text{A.23})$$

y el salario real, tipo de cambio real y precio del consumo por:

$$\widetilde{w}_t = \widetilde{a}_t^T + (1 - \alpha_T)\widetilde{k}_{t-1}^T \quad (\text{A.24})$$

$$\widetilde{p}_t = \widetilde{w}_t - \widetilde{a}_t^N - (1 - \alpha_N)\widetilde{k}_{t-1}^N \quad (\text{A.25})$$

$$\widetilde{\mathbf{P}}_t = (1 - \gamma_c)\widetilde{p}_t \quad (\text{A.26})$$

e) Productividades y *shocks*

Las productividades en cada sector están definidas como un proceso autoregresivo donde $\delta_i < 1$ y además μ_t^i y e^R es un proceso ruidos blanco para $i=T, N$ y R respectivamente.

$$\widetilde{a}_t^T = \delta_T\widetilde{a}_{t-1}^T + \mu_t^T \quad (\text{A.27})$$

$$\widetilde{a}_t^N = \delta_N\widetilde{a}_{t-1}^N + \mu_t^N \quad (\text{A.28})$$

$$\widetilde{u}_t^R = \delta_R\widetilde{u}_{t-1}^R + e_t^R \quad (\text{A.29})$$

6.3 La tasa de interés asumida

Para calibrar el modelo se consideró que la tasa de interés es la misma que la internacional, y para calcular el valor de una tasa de interés compatible con este supuesto se debe considerar el enfoque de paridad descubierta de tasas de interés. Si i es la tasa doméstica, i^* es la tasa externa, $E_t\Delta e_{t+1}$ es la depreciación esperada y ρ es el riesgo país, se tiene lo siguiente:

$$1+i = \frac{E_t e_{t+1}}{e_t} (1+i^*) (1+\rho) \rightarrow i \cong i^* + E_t \Delta e_{t+1} + \rho \quad (\text{A.30})$$

Para ver si esta relación se cumple, se debe considerar que:

- i) la tasa de interés de un bono del tesoro americano está pagando una tasa de interés de 1,98%;
- ii) la Encuesta de Expectativas Económicas del BCB señala una apreciación esperada de 3,29%, considerando que el *spread* cambiario se mantenga en 10 centavos; y
- iii) que el riesgo país estaría en torno a 900pb, tomando como referencia el Líbano, economía que se caracteriza por tener similar calificación de riesgo que Bolivia (B-).¹³

Por lo tanto la tasa de interés en Bolivia para que no haya arbitraje sería de 7,5%. Sin embargo, al 5 de mayo del presente año un bono del BCB a un año paga una tasa de interés en MN de 10%, lo cual incentivaría las inversiones de corto plazo en Bolivia. Este cálculo no considera las particularidades propias de esta ecuación: tarifas de entrada y salida y diferencia entre tipos de cambio de compra y venta.

¹³ La diferencia de rendimientos entre el Eurobono a 10 años entre Líbano y Estados Unidos en dólares a marzo de 2008 fue de 9,33pp (www.bdl.gov.lb/edata/elements.asp?Table=t529-16).