

# Itaipú y los multiplicadores fiscales agregados

Javier Charotti  
Universidad Torcuato Di Tella

8 de agosto de 2016

## Resumen

El principal objetivo de este trabajo de investigación es cuantificar el impacto de las inversiones realizadas por los gobiernos de Paraguay y Brasil para la construcción de la represa hidroeléctrica de Itaipú en el producto de Paraguay. Para tal efecto, se utilizó un modelo neoclásico de crecimiento con dos sectores (transable y no transable) para una Pequeña Economía Abierta. El impacto en el producto es positivo y el desvío porcentual con respecto al estado estacionario en el primer año es de 0.27. Adicionalmente los experimentos numéricos que se presentan con el modelo generan senderos para el producto y el tipo de cambio real que se asemejan mucho a los verdaderos en el periodo 1975-1990

## 1. Introducción

En los últimos años han aumentado considerablemente los trabajos de investigación que intentan cuantificar el impacto en el producto de los gastos realizados por los gobiernos. La extensa literatura sobre el tema, ha concluido que los valores de los multiplicadores fiscales agregados dependen en gran medida del modelo utilizado, el tipo y la persistencia de los gastos efectuados y la forma con la que se financia este gasto. Este trabajo de investigación no es ajeno a ese propósito, y tiene como principal objetivo, cuantificar el impacto de las inversiones realizadas por el gobierno de Paraguay y Brasil para la construcción de la represa hidroeléctrica de Itaipú en el producto de Paraguay.

El modelo a ser utilizado es un modelo neoclásico de crecimiento para una pequeña economía abierta con dos sectores de producción (el transable y el no transable). Desde el pionero trabajo de Kydland y Prescott (1982) y sus extensiones, los modelos de Real Business Cycle se han convertido como lo expresa **Sergio Rebelo (2005)** en un laboratorio de análisis ampliamente utilizado en las últimas dos décadas.

La forma de financiamiento de este gasto es uno de los puntos más interesantes, debido a que las inversiones realizadas para la construcción de la represa de Itaipú no fue financiada a través de los impuestos que pagan los hogares, si no más bien, fue financiada por fuentes externas. La deuda actualmente es

pagada por la represa binacional Itaipú de sus ingresos provenientes de la venta de energía eléctrica al Brasil.

La base de datos utilizada corresponde al boletín de Cuentas Nacionales Históricas del Banco Central del Paraguay del período 1962-2003. Las únicas excepciones son los datos de Producto per cápita en dólares constantes, las series de empleo ocupado por sector y los datos de las inversiones realizadas por la entidad binacional de Itaipú. Estos datos son extraídos del World Development Indicators-Banco Mundial para las dos primeras series y de las Memorias de la Entidad binacional de cada año para la última.

El siguiente trabajo se encuentra dividido en 5 partes. La primera describe brevemente los hechos estilizados de la economía paraguaya y se intenta dejar en claro el impacto de la construcción de la represa de Itaipú en los ciclos de las principales variables macroeconómicas. La segunda parte, realiza una descripción del modelo neoclásico de crecimiento para una pequeña economía abierta con dos sectores de producción (el transable y el no transable), presentando las condiciones de primer orden, el estado estacionario y el método de solución del modelo. La tercera parte, describe la calibración de los principales parámetros utilizados por el modelo. La cuarta parte presentan los resultados. La quinta parte y última, presenta las principales conclusiones del trabajo.

## 2. Hechos Estilizados de la Economía Paraguaya

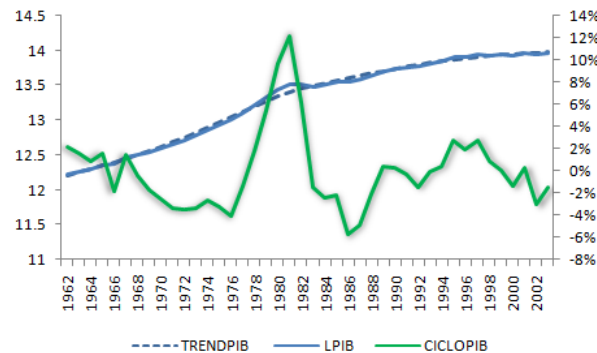
El Paraguay es un país pequeño y abierto, dedicado principalmente a la producción y exportación de productos agrícolas. Los sectores más importantes en la estructura del Producto interno bruto del período analizado (1962-2003) son: el agropecuario, el industrial y el comercio. Estos representan el 29 %, 16 % y 25 % del producto respectivamente.

En el gráfico<sup>1</sup>, podemos observar como se ha comportado el ciclo del producto en el período de estudio. El período 1974-1981 es el más relevante en toda la muestra, debido a que en ese período el Paraguay ha experimentado un crecimiento sin precedentes ( El producto se ha alejado de su tendencia hasta un 12 %), siendo el período de mayor crecimiento en la historia de este país. Los principales motivos de este comportamiento sin precedentes en el ciclo del producto son: la extensión de las fronteras agrícolas, especialmente a los que se refiere al cultivo de la soja y el algodón; y la gran inversión realizada en los años 1974-1981 para la construcción de la represa Hidroeléctrica de Itaipú. En este período el crecimiento promedio fue de 9.7 % considerado entre los más altos del hemisferio durante ese período<sup>3</sup>.

---

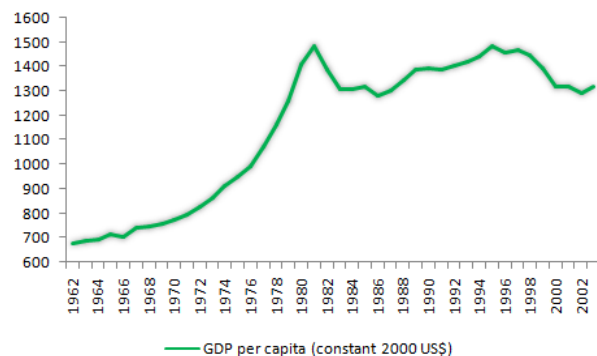
<sup>3</sup>"Itaipú y Crecimiento Económico de Paraguay". Bernardo Rojas

Gráfico 1. Logaritmo del Producto, el ciclo y su tendencia. Filtro Hodrick-Prescott



Es importante resaltar la fuerte caída del ciclo del producto una vez finalizada las principales obras de construcción de la represa de Itaipú (En 1981, 12% por encima de la tendencia, mientras que para el año 1983, -1.3% por debajo). Esta gran caída también se ve reflejada en el comportamiento del producto per cápita. En el gráfico 2, observamos el gran cambio de la pendiente del Producto per cápita del país luego de finalizar las obras de construcción, a tal punto, que tuvieron que pasar 28 años para que el producto per cápita supere en unos dólares al producto per cápita del año 81

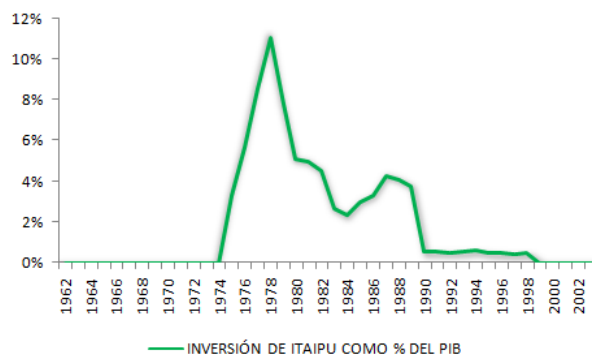
Gráfico 2. Producto per cápita del Paraguay (en US\$ Constantes)



En el gráfico 3 observamos la gran inversión realizada para la construcción de la represa Itaipú y la gran caída en las inversiones que empieza en el año 1979 hasta el año 1981. A esta gran caída en las inversiones realizadas, (alrededor de 6 puntos porcentuales del producto) se le debe sumar la caída de los precios de los principales productos de exportación que afectó al país en el periodo

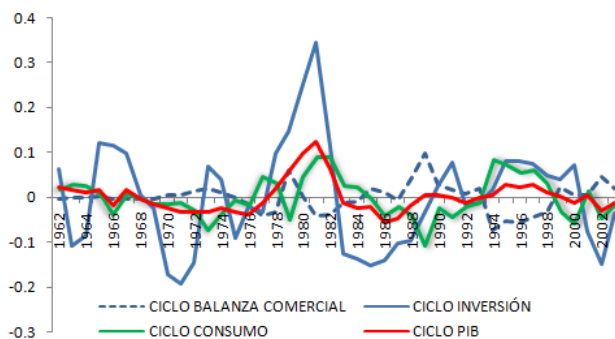
considerado. Estos dos factores se consideran como los más importantes para explicar la desaceleración económica experimentada a partir del año 1981.

Gráfico 3. Inversiones realizadas en Itaipú como porcentaje del Producto



Los ciclos de las demás variables relevantes se puede observar en el gráfico 4. La inversión claramente es la serie más volátil y la de mayor reacción en el periodo analizado. El consumo baja primeramente en el año 1979 para luego aumentar considerablemente a niveles similares al del producto. La balanza comercial es levemente superavitaria en el periodo 1978-1982 para luego ser deficitaria por varios años. Series de empleo no existen para el periodo analizado, sin embargo la serie de población económicamente activa tiene un crecimiento del 1% en el periodo 1978-1982, para luego descender nuevamente en la misma cuantía.

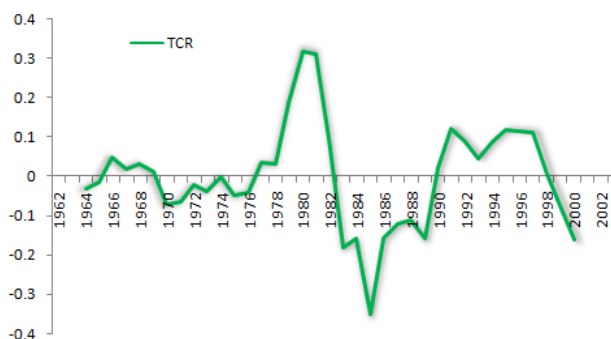
Gráfico 4. Ciclos del Producto, Consumo, Balanza Comercial e Inversión. Filtro Hodrick-Prescott



Una variable muy importante para este trabajo es el tipo de cambio real. En este caso se considero el tipo de cambio real bilateral con Estados Unidos como en logaritmos y en desviación con respecto a su tendencia Hodrick-Prescott.

Como se observa en el gráfico 5, el tipo de cambio real se apreció considerablemente desde el periodo 1977-1981. A partir del año 1981, como se observa en el gráfico, el tipo de cambio real tuvo una depreciación real importante (alrededor del 32%), así también el tipo de cambio nominal se depreció casi un 40 % en el año 1982.

Gráfico 5. Tipo de Cambio Real  
(desviación con respecto a su tendencia)



Como se pudo observar en los gráficos brevemente expuestos, la importancia de modelar las inversiones realizadas en esa época con una "well tested theory" es fundamental para explicar el impacto de la construcción de la represa hidroeléctrica de Itaipú en el producto de Paraguay y en el ciclo de las principales variables macroeconómicas. En el siguiente trabajo, se ha planteado la pregunta de ¿cuál es el efecto que tiene sobre una pequeña economía abierta una inversión de esta envergadura sobre el producto? y adicionalmente, sobre los ciclos de las principales variables macroeconómicas. El gran desafío es construir un modelo capaz de responder a estas preguntas.

Por último, se presentan los estadísticos seleccionados para caracterizar los ciclos de la economía paraguaya.

Tabla 1. Momentos -Filtro Hodrick-Prescott

	Consumo Priv.	Consumo Gob.	Inver.	Exp. Netas	PIB
Desv. St	0.05	0.08	0.12	0.03	0.04
Desv. St / PIB	1.3	2.1	3.3	0.8	1
Correlación - PIB	0.58	0.39	0.79	-0.29	1
Persistencia	0.46	0.76	0.57	0.26	0.61

Como se puede observar en la tabla 1, las características que presentan los ciclos de la economía paraguaya son típicas para una economía emergente. Es decir, el consumo es más volátil que el producto. La serie más volátil es la

inversión. El consumo y la inversión son pro cíclica y la balanza comercial contra cíclica.

### 3. Modelo de dos sectores para una pequeña economía abierta

En esta sección presentamos un modelo neoclásico de crecimiento para una pequeña economía abierta con dos sectores de producción: el transable y el no transable. El siguiente modelo tiene como principal objetivo cuantificar el impacto de las inversiones realizadas por el gobierno de Paraguay y Brasil para la construcción de la represa hidroeléctrica de Itaipú en el producto de Paraguay, además, se presentan los datos simulados del modelo para otras variables macroeconómicas de interés. A continuación se detalla brevemente el modelo utilizado.

El problema del Planificador consiste en maximizar la suma descontada de la utilidad proveniente del consumo de bienes transables, no transables y ocio, sujeta a las siguientes restricciones de recursos de la economía. Es importante mencionar que la función de utilidad  $u(c_t, L_t)$  es estrictamente creciente, continuamente diferenciable, estrictamente cóncava y satisface las condiciones de Inada. Básicamente el planificador elige planes contingentes de  $\{c_{N,t}, c_{T,t}, k_{T,t}, k_{N,t}, a_t, l_{T,t}, l_N, L_t\}$  para resolver:

$$\text{máx } E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(C_t, L_t) \quad (1)$$

Donde suponemos que

$$u(C_t, L_t) = \frac{[v(C_t, L_t)]^{1-\sigma}}{1-\sigma}, 0 < \sigma < 1, \sigma > 1$$

$$u(C_t, L_t^s) = \ln[v(C_t, L_t^s)], \sigma = 1$$

El índice  $v(c_t, L_t^s)$  toma la especificación Codd-Douglas

$$v(C_t, L_t^s) = C_t^\eta (1 - L_t^s)^{1-\eta}$$

Donde el consumo de los bienes transables y no transables, constituyen un consumo agregado de acuerdo a:

$$C_t = C_{T,t}^{(1-\mu)} C_{N,t}^\mu \quad (2)$$

La maximización esta sujeta a las siguientes restricciones:

$$I_{T,t} + C_{T,t} + a_t \leq (1 + r_{t-1}^a) a_{t-1} + Y_{T,t} \quad (3)$$

$$C_{N,t} + I_{N,t} + I_{itaipu,t} \leq Y_{N,t} \quad (4)$$

$$L_{T,t} + L_{N,t} \leq L_t \quad (5)$$

$$K_{T,0}, K_{N,0}, a_0 \text{ dados}$$

#### Condición de no Ponzi

Donde (3) es la restricción de recursos de la economía para los bienes transables, esta restricción incluye términos adicionales que reflejan la posibilidad de comerciar con el resto del mundo;  $a_t$  es la posición neta de deuda, es decir, la posición neta de activos con el resto del mundo. Estos activos se eligen en  $t-1$  y están disponibles en  $t$ . Es importante aclarar que la tasa de interés  $r_{t-1}^a$  se define de la siguiente forma:

$$r_t^a = r^f + \psi \left( e^{\frac{(A-A_t)}{Y_{ss}}} - 1 \right)$$

Donde  $r^f$  es la tasa de interés internacional y  $\psi(e^{A-A_t} - 1)$  es el riesgo país que depende del nivel agregado de deuda. Esta definición de tasa de interés es necesaria debido a que sirve para inducir estacionariedad al modelo.<sup>1</sup> El nivel de deuda agregada se encuentra dividido por el nivel de estado estacionario del producto, de esta forma, la tasa de interés de los activos depende no solo de la tasa de interés mundial, si no también, de la prima de riesgo. Esta prima de riesgo es una función creciente del nivel agregado de deuda expresado como porcentaje del producto de estado estacionario.

En la restricción de recursos de la economía para los bienes no transables (4) se especifica como  $I_{itaipu,t}$  a la inversión realizada en la represa de Itaipú. Estas inversiones se asumen que son realizadas exclusivamente en el sector no transable y que siguen un proceso exógeno que se define de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \log I_{i,t} &= (1 - \rho) \log I_i + \rho \log I_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \\ \varepsilon_I &\sim iid \ N(0, \sigma_I) \end{aligned}$$

La intención de este supuesto es de tratar a las inversiones de Itaipú como shocks exógenos para asilar los efectos que tienen sobre los ciclos de las principales variables macroeconómicas estas grandes inversiones realizadas en el sector no transable en una pequeña economía abierta. La importancia de modelar correctamente los shocks son claves para determinar los efectos en la economía y es importante mencionar que existen varias formas de hacerlo. En este trabajo se optó por la descrita anteriormente y debe ser considerada como un primer esbozo sobre el tema. Otra opción bastante interesante es tratar al modelo como determinístico y obtener expresiones cerradas para cada una de las variables de

<sup>1</sup>Para más información sobre las razones y los distintos métodos que son necesarios para inducir estacionariedad en modelos de pequeñas economías abiertas se recomienda leer "Closing small open economy models. S. Schmitt-Grohé and M. Uribe, *Journal of international economics*".

interés y poder simular de forma precisa cual sería el efecto de la construcción de grandes obras en países pequeños y abiertos.

La ecuación (5) representa el tamaño de la fuerza laboral total de la economía y las demás condiciones como las iniciales y las de no ponzi, como necesarias para resolver el modelo. En cuanto a la tecnología, como se explico anteriormente, la pequeña economía abierta produce dos bienes ( $Y_{T,t}, Y_{N,t}$ ) producidos con las siguientes tecnologías:

Producción no transables

$$Y_{N,t} = A_N K_{N,t-1}^{(1-\alpha^*)} L_{N,t}^{(\alpha^*)}$$

Producción transable

$$Y_{T,t} = A_T K_{T,t-1}^{(1-\alpha)} L_{T,t}^{(\alpha)}$$

Acumulación y costo de ajuste de Capital

$$I_{j,t} = K_{j,t} - (1 - \delta_j)K_{j,t-1} + \zeta(K_{j,t} - K_{j,t-1})$$

para  $j = T, N$

Donde ambas funciones son homogéneas de grado 1, estrictamente crecientes en ambos argumentos y satisfacen las condiciones de Inada. El subíndice denota bienes transables (T) y bienes no transables (N). El termino  $\zeta(K_{j,t} - K_{j,t-1}) = \frac{\phi_I}{2} \left( \frac{K_{j,t} - K_{j,t-1}}{K_{j,t-1}} \right)^2 K_{j,t-1}$  representa el costo de ajuste del Capital y se asume satisface  $\zeta(0) = \zeta'(0) = 0$ . Los modelos de pequeñas economías abiertas típicamente incluyen costos de ajuste del capital para evitar la volatilidad excesiva de la inversión debido a los diferenciales que existen entre la tasa de interés domestica y la tasa de interés internacional. Las restricciones impuestas en  $\zeta$  aseguran que en el estado estacionario no estocástico el costo de ajuste del capital es cero.

Siendo  $\lambda_{T,t}$ ,  $\lambda_{N,t}$  y  $\lambda_{L,t}$  los multiplicadores de Lagrange de las ecuaciones (3), (4) y (5) respectivamente, las condiciones necesarias y suficientes que caracterizan la solución del problema del planificador están dadas por los multiplicadores de lagrange descriptos anteriormente y las asignaciones  $\{c_{N,t}, c_{T,t}, k_{T,t}, k_{N,t}, a_t, l_{T,t}, l_N, L_t\}$  tal que:

$$\beta^t \left[ \left( C_{T,t}^{(1-\mu)} C_{N,t}^\mu \right)^\eta (1 - L_t)^{1-\eta} \right]^{-\sigma} (1 - \mu) \eta C_{T,t}^{(1-\mu)\eta-1} C_{N,t}^{\mu\eta} (1 - L_t)^{1-\eta} = \lambda_{T,t}$$

$$\beta^t \left[ \left( C_{T,t}^{(1-\mu)} C_{N,t}^\mu \right)^\eta (1 - L_t)^{1-\eta} \right]^{-\sigma} \mu \eta C_{T,t}^{(1-\mu)\eta} C_{N,t}^{\mu\eta-1} (1 - L_t)^{1-\eta} = \lambda_{N,t}$$

$$\beta^t \left[ \left( C_{T,t}^{(1-\mu)} C_{N,t}^\mu \right)^\eta (1 - L_t)^{1-\eta} \right]^{-\sigma} (1 - \eta) C_{T,t}^{(1-\mu)\eta} C_{N,t}^{\mu\eta} (1 - L_t)^{-\eta} = \lambda_{L,t}$$

$$\lambda_{N,t} \left[ \alpha^* A_N K_{N,t-1}^{(1-\alpha^*)} N_{N,t}^{(\alpha^*-1)} \right] = \lambda_{L,t}$$



$$\lambda_{T,t} \left[ \alpha^* A_T K_{T,t-1}^{(1-\alpha)} N_{T,t}^{(\alpha-1)} \right] = \lambda_{L,t}$$

$$\lambda_{N,t} \left[ 1 + \phi_N \left( \frac{K_{N,t} - K_{N,t-1}}{K_{N,t-1}} \right) \right] = E_t \left\{ \lambda_{N,t+1} \left[ \phi_N \left( \frac{K_{N,t+1} - K_{N,t}}{K_{N,t}} \right) \left( \frac{K_{N,t+1}}{K_{N,t}} \right) - \frac{\phi_N}{2} \left( \frac{K_{N,t+1} - K_{N,t}}{K_{N,t}} \right)^2 \right] \right\}$$

$$\lambda_{T,t} \left[ 1 + \phi_T \left( \frac{K_{T,t} - K_{T,t-1}}{K_{T,t-1}} \right) \right] = E_t \left\{ \lambda_{T,t+1} \left[ \phi_T \left( \frac{K_{T,t+1} - K_{T,t}}{K_{T,t}} \right) \left( \frac{K_{T,t+1}}{K_{T,t}} \right) - \frac{\phi_T}{2} \left( \frac{K_{T,t+1} - K_{T,t}}{K_{T,t}} \right)^2 \right] \right\}$$

$$\lambda_{T,t} = E_t \left\{ \lambda_{T,t+1} \left[ 1 + r^f + \psi \left( e^{\frac{A-A_T}{\Psi_{SS}}} - 1 \right) \right] \right\}$$

$$L_{T,t} + L_{N,t} = L_t$$

$$C_{N,t} + K_{N,t} - (1 - \delta_N) K_{N,t-1} + \frac{\phi_N}{2} K_{N,t-1} \left( \frac{K_{N,t} - K_{N,t-1}}{K_{N,t-1}} \right)^2 + I_{itaiipu,t} = A_N K_{N,t-1}^{1-\alpha^*} L_{N,t}^{\alpha^*}$$

$$\left[ 1 + r^f + \psi \left( e^{\frac{A-A_T}{\Psi}} - 1 \right) \right] a_{t-1} + A_T K_{T,t-1}^{1-\alpha} L_{T,t}^{\alpha} =$$

$$K_{T,t} - (1 - \delta_T) K_{T,t-1} + \frac{\phi_T}{2} K_{T,t-1} \left( \frac{K_{T,t} - K_{T,t-1}}{K_{T,t-1}} \right)^2 + C_{T,t} + a_t$$

Condiciones de transversalidad

De las condiciones de primer orden obtenemos condiciones intertemporales para el consumo de bienes no transables y para el consumo de bienes transables. También obtenemos condiciones intratemporales entre el consumo de ambos bienes y el ocio, y formamos junto con las restricciones de factibilidad un sistema de ecuaciones no lineales que caracteriza la solución del modelo. Luego de exponer brevemente el estado estacionario no estocástico, se presenta el método ha ser utilizado para resolver este sistema de ecuaciones.

### 3.1. Estado Estacionario No Estocastico

El estado estacionario no estocástico de las principales variables se detalla a continuación:

*Capital transable y no transable*

$$\frac{K_{N,SS}}{L_{N,SS}} = k_{N,SS} = \left[ \frac{(1 - \alpha^*) A_N}{\frac{1}{\beta} - (1 - \delta_N)} \right]^{\frac{1}{\alpha}}$$

$$\frac{K_{T,SS}}{L_{T,SS}} = k_{T,SS} = \left[ \frac{(1 - \alpha) A_T}{\frac{1}{\beta} - (1 - \delta_T)} \right]^{\frac{1}{\alpha}}$$

*Tasa de interés internacional*

Debe cumplirse que:

$$1 + r^f = \frac{1}{\beta}$$

*Inversión transable y no transable*

$$\begin{aligned} I_{T,SS} &= \delta_T K_{T,SS} \\ I_{N,SS} &= \delta_N K_{N,SS} \end{aligned}$$

*Producto transable y no transable*

$$\begin{aligned} \frac{Y_{N,SS}}{L_{N,SS}} &= y_{N,SS} = A_N \left[ \frac{(1 - \alpha^*) A_N}{\frac{1}{\beta} - (1 - \delta_N)} \right]^{\frac{1 - \alpha^*}{\alpha^*}} \\ \frac{Y_{T,SS}}{L_{T,SS}} &= y_{T,SS} = A_T \left[ \frac{(1 - \alpha) A_T}{\frac{1}{\beta} - (1 - \delta_T)} \right]^{\frac{1 - \alpha}{\alpha}} \end{aligned}$$

*Balanza comercial*

$$TB_t = -r^f ass$$

*Consumo transable y no transable*

$$\begin{aligned} C_{T,SS} &= \frac{(1 - \mu)\eta}{(1 - \eta)} \alpha A_T \left[ \frac{(1 - \alpha) A_T}{\frac{1}{\beta} - (1 - \delta_T)} \right]^{\frac{1 - \alpha}{\alpha}} (1 - L_{SS}) \\ C_{N,SS} &= \frac{\mu\eta}{(1 - \eta)} \alpha^* A_N \left[ \frac{(1 - \alpha^*) A_N}{\frac{1}{\beta} - (1 - \delta_N)} \right]^{\frac{1 - \alpha^*}{\alpha^*}} (1 - L_{SS}) \end{aligned}$$

Es importante mencionar que en el siguiente trabajo no se utilizaron horas de trabajo para cuantificar  $L$ , si no mas bien se utilizó porcentaje de la población económicamente activa sobre la población total. Esta redefinición del trabajo nos permitió calibrar al trabajo no transable y transable con  $L_{N,SS} = 0,33$ ,  $L_{T,SS} = 0,22$  y a  $L_{SS} = 0,55$  respectivamente. Estos datos fueron obtenidos de acuerdo a las series históricas de empleo por sectores del Banco Mundial. Los datos están desagregados únicamente en tres sectores: Servicios (no transable), Industria (transable) y agricultura (transable). En Paraguay no existen datos históricos de horas trabajadas, ni siquiera existe una serie muy larga de los datos presentados, los únicos periodos disponibles son del 1982-1989 y 1997-2003.

### 3.2. Resolviendo el modelo con el método de log-linealización de Uhlig

Para resolver el sistema de ecuaciones no lineales que caracterizan la solución del modelo usaremos el toolkit de Uhlig<sup>2</sup>. El sistema de ecuaciones log-linealizadas se presenta a continuación:

$$\begin{aligned}
 0 &= \tilde{Y}_{N,t} - (1 - \alpha^*)\tilde{K}_{N,t-1} - \alpha^*\tilde{L}_{N,t} \\
 0 &= \tilde{Y}_{T,t} - (1 - \alpha)\tilde{K}_{T,t-1} - \alpha\tilde{L}_{T,t} \\
 0 &= \tilde{K}_{T,t} - (1 - \delta_T)\tilde{K}_{T,t-1} - \delta_T\tilde{I}_{T,t} \\
 0 &= \tilde{K}_{N,t} - (1 - \delta_N)\tilde{K}_{N,t-1} - \delta_N\tilde{I}_{N,t} \\
 0 &= Y_{ssN}\tilde{Y}_{N,t} - C_{ssN}\tilde{C}_{N,t} - I_{ssN}\tilde{I}_{N,t} - I_{ss\_i}\tilde{i}_{i,t} \\
 0 &= Y_{ssT}\tilde{Y}_{T,t} - I_{ssT}\tilde{I}_{T,t} - C_{ssT}\tilde{C}_{T,t} - ass\tilde{a}_t + ass \left[ 1 + r^f - \psi \frac{ass}{Y_{ss}} \right] \tilde{a}_{t-1} \\
 0 &= L_{ss}\tilde{L}_t - L_{ssT}\tilde{L}_{T,t} - L_{ssN}\tilde{L}_{N,t} \\
 0 &= Y_{ss}\tilde{Y}_t - Y_{ssT}\tilde{Y}_{T,t} - Y_{ssN}\tilde{Y}_{N,t} \\
 0 &= \tilde{C}_{T,t} - \frac{L_{ss}}{L_{ss}-1}\tilde{L}_t - (1 - \alpha)\tilde{K}_{T,t-1} - (\alpha - 1)\tilde{L}_{T,t} \\
 0 &= \tilde{C}_{N,t} - \frac{L_{ss}}{L_{ss}-1}\tilde{L}_t - (1 - \alpha^*)\tilde{K}_{N,t-1} - (\alpha^* - 1)\tilde{L}_{N,t} \\
 0 &= P_{N,t} - \tilde{C}_{T,t} + \tilde{C}_{N,t} \\
 0 &= E_t \left\{ \begin{aligned} & [(-\sigma\eta(1 - \mu) + (1 - \mu)\eta - 1)\tilde{C}_{T,t+1} - [(-\sigma\eta(1 - \mu) + (1 - \mu)\eta - 1)\tilde{C}_{T,t} \\ & + (-\sigma\mu\eta + \mu\eta)\tilde{C}_{N,t+1} - (-\sigma\mu\eta + \mu\eta)\tilde{C}_{N,t} + [-\sigma(1 - \eta) + (1 - \eta)] \frac{L_{ss}}{L_{ss}-1}\tilde{L}_{t+1} + \\ & - [-\sigma(1 - \eta) + (1 - \eta)] \frac{L_{ss}}{L_{ss}-1}\tilde{L}_t - \beta \frac{ass}{Y_{ss}}\psi\tilde{a}_t \end{aligned} \right\} \\
 0 &= E_t \left\{ \begin{aligned} & [(-\sigma\eta(1 - \mu) + (1 - \mu)\eta - 1)\tilde{C}_{T,t+1} - [(-\sigma\eta(1 - \mu) + (1 - \mu)\eta - 1)\tilde{C}_{T,t} \\ & + (-\sigma\mu\eta + \mu\eta)\tilde{C}_{N,t+1} - (-\sigma\mu\eta + \mu\eta)\tilde{C}_{N,t} + [-\sigma(1 - \eta) + (1 - \eta)] \frac{L_{ss}}{L_{ss}-1}\tilde{L}_{t+1} + \\ & - [-\sigma(1 - \eta) + (1 - \eta)] \frac{L_{ss}}{L_{ss}-1}\tilde{L}_t + \beta\alpha \left[ \frac{1}{\beta} - (1 - \delta_T) \right] \tilde{L}_{T,t+1} \\ & + \phi_T\beta\tilde{K}_{T,t+1} - \phi_T\tilde{K}_{T,t-1} - \left( \alpha\beta \left[ \frac{1}{\beta} - (1 - \delta_T) \right] + \phi_T + \phi_T\beta \right) \tilde{K}_{T,t} \end{aligned} \right\} \\
 0 &= E_t \left\{ \begin{aligned} & [(-\sigma\eta(1 - \mu) + (1 - \mu)\eta)\tilde{C}_{T,t+1} - [(-\sigma\eta(1 - \mu) + (1 - \mu)\eta)\tilde{C}_{T,t} \\ & + (-\sigma\mu\eta + \mu\eta - 1)\tilde{C}_{N,t+1} - (-\sigma\mu\eta + \mu\eta - 1)\tilde{C}_{N,t} + [-\sigma(1 - \eta) + (1 - \eta)] \frac{L_{ss}}{L_{ss}-1}\tilde{L}_{t+1} \\ & - [-\sigma(1 - \eta) + (1 - \eta)] \frac{L_{ss}}{L_{ss}-1}\tilde{L}_t + \beta\alpha^* \left[ \frac{1}{\beta} - (1 - \delta_N) \right] \tilde{L}_{N,t+1} \\ & + \phi_N\beta\tilde{K}_{N,t+1} - \phi_N\tilde{K}_{N,t-1} - \left( \alpha^*\beta \left[ \frac{1}{\beta} - (1 - \delta_N) \right] + \phi_N + \phi_N\beta \right) \tilde{K}_{N,t} \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$

Ademas del proceso exógeno  $\tilde{I}_{i,t} = \rho\tilde{I}_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$ . Con el sistema log-linealizado se procede a calcular cada una de las matrices que se describen a continuación:

<sup>2</sup>Para más información sobre el método a ser utilizado para resolver el modelo leer *.A toolkit for analyzing nonlinear dynamic stochastic models easily. G. Uhlig. Tilburg University, Center for Economic Research. 1997"*

$$\begin{aligned}
 0 &= Ax_t + Bx_{t-1} + Cy_t + Dz_t \\
 0 &= E_t\{Fx_{t+1} + Gx_t + Hx_{t-1} + Jy_{t+1} + Ky_t + Lz_{t+1} + Mz_t\} \\
 z_t &= Nz_{t-1} + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Donde las variables de estado son  $x_t = \{\tilde{K}_{T,t}, \tilde{K}_{N,t}, \tilde{a}_t\}$ , las variables endógenas de salto son  $y_t = \{\tilde{Y}_{N,t}, \tilde{Y}_{T,t}, \tilde{C}_{N,t}, \tilde{C}_{T,t}, \tilde{L}_{N,t}, \tilde{L}_{T,t}, \tilde{I}_{T,t}, \tilde{I}_{N,t}, \tilde{Y}_t, \tilde{L}_t, P_{N,t}\}$  y la variable exógena es  $z_t = \{\tilde{I}_{i,t}\}$ . Como se pudo observar en el sistema de ecuaciones log-linealizados, se incluyen ecuaciones adicionales con el propósito de contrastar los ciclos generados por el modelo y los datos empíricos en estas variables. Una de las variables de interés es el tipo de cambio real. Esta variable se construye utilizando la tasa marginal de sustitución entre los bienes no transables y los bienes transables, es decir,  $P_{N,t} = \frac{\lambda_{N,t}}{\lambda_{T,t}}$ . Contrastar los senderos generados por el modelo para el tipo de cambio real es sumamente importante debido a que una de las principales características de los datos empíricos en los años 1975-1982 ha sido la gran apreciación del tipo de cambio real.

## 4. Calibración

Los parámetros se calibraron usando datos anuales obtenidos de las Cuentas Nacionales Históricas del Paraguay. Los parámetros del modelo se eligen de manera a que el mismo reproduzca las características de largo plazo de la economía. En general, la calibración realizada sigue la línea de Pegs and Pain de **S. Schmitt-Grohé and M. Uribe** y de las Notas de Clase de Macroeconomía 3 del Prof. **Andres Neumeyer**. Los parámetros calibrados se describen a continuación:

### *Tasa de interés Internacional*

La tasa de interés internacional utilizada corresponde al promedio de la *Market yield on U.S Treasury Securities at 3 month constant maturity*. El promedio anual real es del 5%

### *Factor de descuento*

El factor de descuento puede ser calculado a partir de la ecuación de Euler en estado estacionario. De esta forma el factor de descuento se obtiene de la siguiente forma:

$$\beta = \frac{1}{1 + rf} = 0,95$$

### *Depreciación*

La tasa de depreciación del capital transable y del no transable lo calibramos de acuerdo a la vida útil de las maquinarias y equipos igual a 10 años y a las construcciones, estructuras y otros, igual a 25 años

*Elasticidad de sustitución intertemporal, Participación del consumo no transable en el consumo total y la participación del ocio*

La elasticidad de sustitución intertemporal y la participación del consumo no transable se calibró siguiendo a las notas de Open Economy Macroeconomics y de pegs and pain de **Martín Uribe**

$$\begin{aligned}\sigma &= 2 \\ \mu &= 0,74\end{aligned}$$

El parámetro  $(1 - \eta)$  se calibró considerando que representa el peso del ocio dentro del commodity compuesto en las preferencias. Utilizando las condiciones de primer orden, es decir, la tasa marginal de sustitución entre el consumo y el ocio, se obtiene un  $\eta = 0,6$

#### *Activos netos*

Los activos netos se calcularon de manera que sea consistente con el promedio histórico del ratio de exportaciones netas sobre producto. La tasa de interés utilizada para dividir este ratio es la tasa de interés internacional. Este parámetro se calibro de esta forma por la ausencia de datos de la Posición de Inversión Internacional Neta.

$$\frac{a_t}{Y} = -\frac{TB}{Y} \frac{1}{r^f} = 1,3$$

#### *Costo de ajuste del capital y de tenencia de activos*

Los parámetros del costos de ajuste del capital transable y no transable se calibraron de manera que la volatilidad relativa de las inversiones en cada sector sea igual a la volatilidad relativa de los datos. El parametro del costo de la tenencia de activos se calibró buscando el valor mas pequeño tal que el modelo sea estacionario.

Es importante destacar que la calibración de estos parámetros ha sido una tarea muy complicada, pero se utilizaron valores que son los más próximos a los valores reales que se buscaba calibrar de acuerdo a los criterios mencionados anteriormente.

$$\begin{aligned}\phi_T &= 1,09 \\ \phi_N &= 1,94 \\ \psi &= 0,74\end{aligned}$$

#### *Participación del trabajo en la producción del sector transable y no transable*

La participación del factor trabajo en la producción del bien no transable se calibró de acuerdo al trabajo de pegs and pain de **Martín Uribe** Mientras que la participación del factor trabajo en la producción del bien transable se calibró de acuerdo a las notas de Open Economy Macroeconomics de **Martín Uribe**. Es importante mencionar que se calibró de esta forma estos parametros debido a que no se contaban con datos de las remuneraciones a los asalariados desagregado por sectores.

$$\begin{aligned}\alpha_N^* &= 0,74 \\ \alpha_T &= 0,65\end{aligned}$$

*Proceso exógeno*

La estimación de la persistencia de los shocks  $\rho$  y la serie de residuos estimados  $\tilde{\varepsilon}$  se obtuvieron de la estimación de una regresión Autoregresiva de orden 1 sobre la serie de inversión realizada por Itaipu previamente filtrada con el filtro Hodrick-Prescott.

$$\tilde{I}_{i,t} = \rho \tilde{I}_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$$

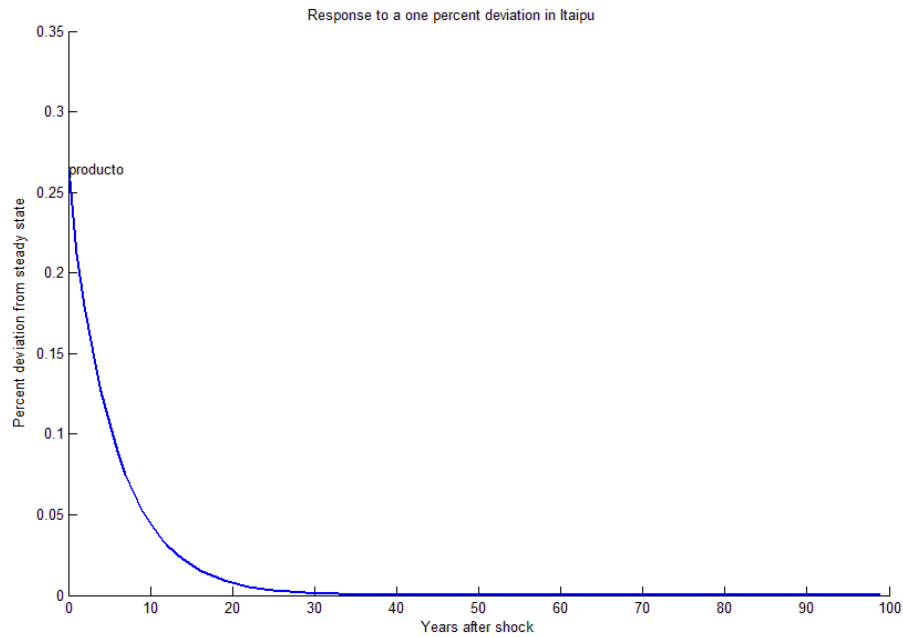
Donde  $\rho = 0,84$  y  $\sigma_I = 0,09$  respectivamente. Es importante recordar que existen varias formas de introducir los shocks al modelo. Como se explico anteriormente, en este trabajo se opto por realizarlo de esta forma, principalmente, debido a su simplicidad y sencillez.

## 5. Resultados

El experimento realizado en el presente trabajo consiste en verificar el impacto en el ciclo del producto de las inversiones realizadas para la construcción de la represa de Itaipú. Adicionalmente, se busca explicar que fracción del ciclo de las principales variables macroeconómicas puede ser explicado por un modelo neoclásico de crecimiento para una pequeña economía abierta con dos sectores de producción (el transable y el no transable), en donde las inversiones realizadas en el sector no transable por Itaipú son la única fuente de incertidumbre. Por lo tanto, en primer lugar se presenta las funciones de impulso-respuesta para el caso del producto. Además, a partir de los datos de las inversiones realizadas en Itaipú, (ver gráfico 3) se estimó  $\tilde{I}_{i,t} = \rho \tilde{I}_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$ , en donde  $\tilde{I}_{i,t}$  es la serie del logaritmo de la inversión de Itaipú sin tendencia, luego se alimento al modelo con el residuo de esta regresión (en Uhlig) y se procedió a simular el comportamiento del ciclo de las principales variables.

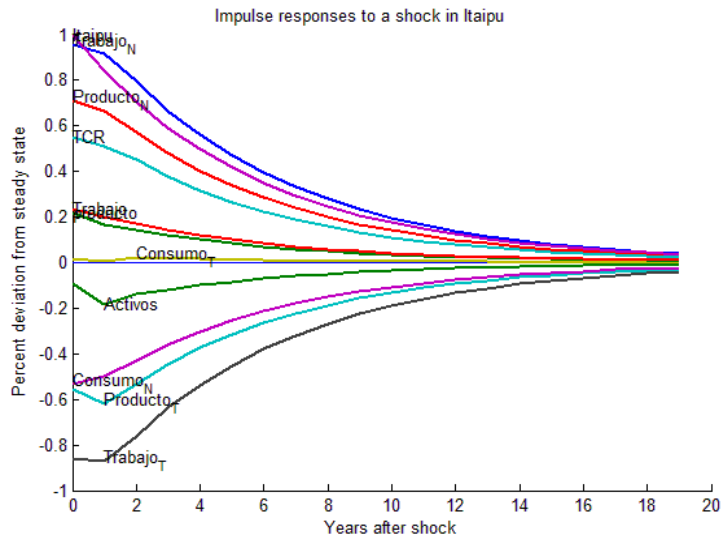
El impacto en el ciclo del producto de las inversiones realizadas para la construcción de la represa de Itaipú se pueden observar en el siguiente gráfico. El impacto en el producto es positivo y el desvío porcentual con respecto al estado estacionario en el primer año es de 0.27. El impacto de las inversiones es mitigado en gran parte por la caída del producto transable, el cual, sufre un impacto negativo explicado principalmente por la fuerte caída en el empleo de los transables (y aumento del empleo no transable), este efecto se puede observar en el gráfico 7.

Gráfico 6. Respuesta del Producto a un shock de Itaipú



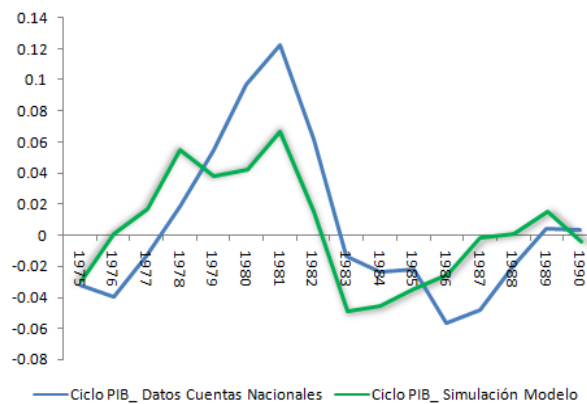
El presente gráfico nos permite entender mejor el impacto sobre el producto de las inversiones realizadas en Itaipú. Tal como se describe en el párrafo anterior, el trabajo en el sector no transable aumenta ante el shock y por lo tanto, también lo hace el producto no transable; mientras que el producto transable y el empleo del sector transable caen. Otro de los efectos importantes es la apreciación del tipo de cambio real. Es importante mencionar que todas las variables están logaritmizadas y sin tendencia. A continuación reproducimos los resultados de las simulaciones.

Gráfico 7. Impulso respuesta a un shock de Itaipú



Adicionalmente, se presentan las simulaciones obtenidas por el modelo para las variables consideradas de mayor interes. En el gráfico 8, se presentan los datos simulados del modelo y los datos obtenidos de Cuentas Nacionales para el ciclo del producto.

Gráfico 8. Ciclos del Producto  
(desviación con respecto a su tendencia)

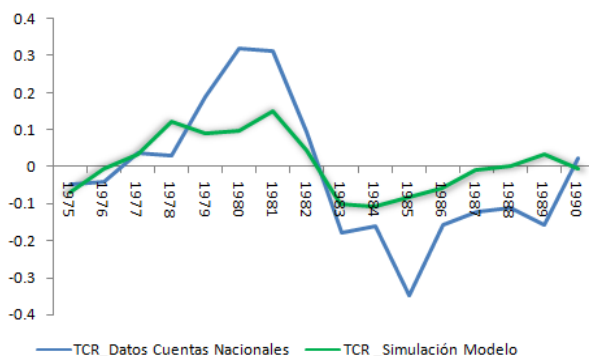


La simulación realizada por el modelo para el ciclo del Producto se ajusta bien tanto para explicar el crecimiento provocado por las inversiones de Itaipú,



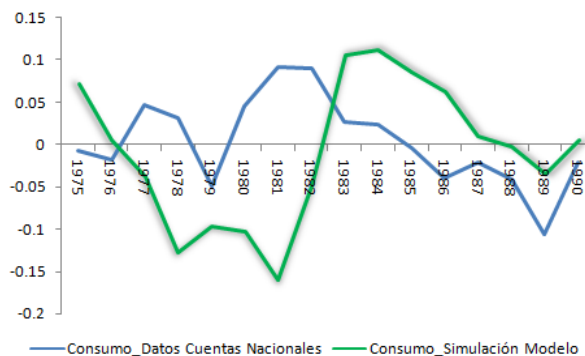
como para explicar la fuerte caída en el ciclo del Producto originado por la disminución abrupta de las inversiones experimentada a partir de 1979. Es importante mencionar que en el año 1981, aproximadamente el 62,5 % de la desviación del producto con respecto a su tendencia es atribuida al shock de Itaipú.

Gráfico 7. Tipo de Cambio Real  
(desviación con respecto a su tendencia)



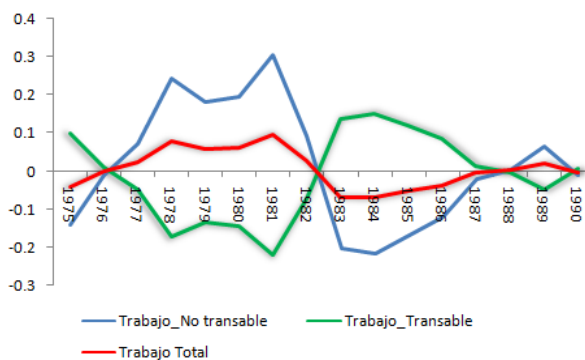
El tipo de cambio real del modelo replica bien los movimientos de los datos. Como se observa en el gráfico 7, el modelo predice una apreciación del tipo de cambio real en el periodo en el que se realizan las inversiones de Itaipú y una depreciación ante el freno de las inversiones realizadas desde 1979. Con respecto al ciclo del consumo, como se observa en el gráfico 7, el modelo no genera los senderos adecuados. El modelo básicamente predice que el consumo debe caer en los años en los que las inversiones de Itaipú crecen y debe aumentar en los años donde las inversiones de Itaipú caen. El modelo predice un aumento del consumo para los años 1983-1984 muy similar al consumo experimentado en los años 1981-1982.

Gráfico 7. Ciclo del Consumo  
(desviación con respecto a su tendencia)



Los resultados de las simulaciones para el empleo se presentan a continuación. El modelo predice un aumento del empleo en el periodo que dura la inversión de Itaipú y una sustitución de trabajo transable por no transable. En el periodo analizado no se cuenta con datos suficientes para comprobar si los datos simulados reproducen correctamente los datos reales, pero los pocos datos disponibles muestran que la población económicamente activa tiene un crecimiento del 1% en el periodo 1978-1982, para luego descender nuevamente en la misma cuantía.

Gráfico 7. Ciclos del Trabajo  
(desviación con respecto a su tendencia)



Las simulaciones para las variables que no se presentan no se ajustan a los datos reales para el periodo analizado. Una de las causas es que en ese periodo la extensión de las fronteras agrícolas, especialmente a los que se refiere al cultivo

de la soja y el algodón tuvo un rol muy importante para explicar el crecimiento del país. También se debe considerar que no se han tenido en cuenta los shocks a los precios de los principales productos de exportación que afecto al país en el periodo considerado. Por último, el gobierno también es importante modelar, debido al gran aumento del gasto realizado con el dinero proveniente de Itaipú por la utilización del Río Paraná.

## 6. Conclusión

El presente trabajo fue realizado con la principal motivación cuantificar el impacto del "shock" de las inversiones realizadas (en el sector no transable) para la construcción de la represa Hidroeléctrica de Itaipu en el ciclo del producto y adicionalmente, sobre los ciclos de las principales variables macroeconómicas.

El modelo utilizado para cuantificar el impacto y reproducir el movimiento de las variables en los datos es un modelo neoclásico de crecimiento para una pequeña economía abierta con dos sectores de producción (el transable y el no transable) en donde las inversiones realizadas en el sector no transable por Itaipú son la única fuente de incertidumbre.

El impacto en el producto es positivo y el desvío porcentual con respecto al estado estacionario en el primer año es de 0.27. El impacto de las inversiones es mitigado en gran parte por la caída del producto transable, el cual, sufre un impacto negativo explicado principalmente por la fuerte caída en el empleo de los transables (y aumento del empleo no transable),

Como se pudo observar en los resultados presentados, el modelo explica relativamente bien el ciclo del producto, el tipo de cambio real y el empleo total. Sin embargo, las simulaciones de las demás variables no explican correctamente el movimiento de las variables en los datos. Una característica del modelo es su sensibilidad a las tasas de depreciación de ambos capitales. Los resultados son mucho más precisos y simulan bastante bien los movimientos de las variables en los datos cuando mayor es la tasa de depreciación del capital no transable.

## Referencias

- [1] Emerging Market Business Cycles: The cycle is the trend. **M. Aguiar and G. Gopinath**. *National Bureau of Economic Research* - 2004
- [2] Habit Persistence and Asset Returns in an Exchange Economy. **M. Boldrin, L. Christiano and J. Fisher**. *The American Economic Review* - 2001.
- [3] Frontier of Business Cycles. **T. Cooley**. *Princeton University Press* - 1995
- [4] Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. **L. Christiano, M. Eichenbaum and C. Evans**, *JPE* 2004.

- [5] New Perspectives on depreciation shocks as a source of business cycles fluctuations. **F. Furlanetto and M Seneca**. *Working Paper - Norges Bank - 2011*.
- [6] Interest Rate on business cycles. **L. Gopinah**, *Journal of monetary and Banking*.
- [7] Indivisible Labor and the Business cycles. **G. Hansen**. *Journal of Monetary Economics 1985*.
- [8] Business Cycles Implications of the Internal Habit Formation. **T. Kano and J. Nason**. *Federal Reserve Bank of Atlanta. 2009*.
- [9] RBCs and DSGEs: The computational approach to business cycle theory and evidence. **Ö. Karagedikli, T. Matheson, C Smith and S. Vahey**. *Working Paper - Norges Bank - 2008*.
- [10] Time to build, and aggregate fluctuations. **F. Kydland and E. Prescott**. *Econométrica - 1982*.
- [11] Argentina's lost decade. **F. Kydland and C. Zarazaga**. *Review of Economic Dynamics - 2001*.
- [12] The ABC's of RBCs. **G. McCandless**. *Harvard Univeristy Press - 2008*.
- [13] The Equity Premium: A Puzzle. **Mehra, R. and Prescott E.** *Journal of Monetary Economics. 1985*.
- [14] Business Cycles in Emerging Economies: The rol of interest rate. **P.A. Neumeyer and F. Perry**. *Journal of Monetary Economics - 2004*
- [15] Notas de Clase de Macroeconomia 3. **P.A. Neumeyer**. *Universidad Torcuato Di tella*.
- [16] Indivisible Labor, Lotteries and Equilibrium. **R. Rogerson**. *Journal of Monetary Economics 1988*.
- [17] A toolkit for analyzing nonlinear dynamic stochastic models easily. **G. Uhlig**. *Tilburg University, Center for Economic Research. 1997*.
- [18] Notas de Clase. Macroeconomia. **M. Uribe**, *Duke University*.
- [19] Closing small open economy models. **S. Schmitt-Grohé and M. Uribe**, *Journal of international economics*.
- [20] Itaipú y Crecimiento Económico de Paraguay. **Bernardo Rojas**, *Banco Central del Paraguay*.