

# El Canal de Oferta Agregada en un Modelo de Mecanismos de Transmisión de la Política Monetaria en Colombia.

Jesús Antonio Bejarano Rojas\*

27 de Mayo de 2002

## Abstract

¿Cuál es el efecto de un aumento en la productividad total de los factores (PTF) sobre la inflación? Esta pregunta se responde analíticamente a través de un modelo macroeconómico estimado y calibrado para Colombia. En el cual se desarrollan los mecanismos de transmisión de la política monetaria por el lado de la oferta agregada. Usando el canal de la oferta agregada se muestra el efecto que tienen los choques a la productividad sobre la inflación. Por otro lado se analiza el efecto del choque al componente permanente de la PTF sobre la inflación cuando los salarios son rígidos y cuando son completamente flexibles.

## 1 Introducción

¿Cuál es el efecto de un aumento en la productividad total de los factores sobre la inflación? Esta pregunta se responde analíticamente a través de un modelo macroeconómico estimado y calibrado para Colombia. La respuesta que da este modelo es analítica, ya que los cambios en la inflación en Colombia no son explicados por cambios en la productividad total de los factores. (ver gráfico 1)

Para llevar a cabo la respuesta anterior es necesario desarrollar los mecanismos de transmisión de la política monetaria por el lado de la oferta agregada para estudiar adecuadamente el efecto que tienen los choques cíclicos y permanentes al nivel de la productividad total de los factores sobre la inflación en Colombia. Ya que el Modelo de Mecanismos de Transmisión de la política Monetaria (MMT) utilizado actualmente por el Banco de la República en Colombia no tienen en cuenta el efecto que tienen los diversos choques que se presentan en la economía sobre el producto potencial, lo cual puede causar una mala percepción en el comportamiento de la brecha del producto y por ende una recomendación de política monetaria poco acertada. Una vez desarrollado el canal de oferta agregada, a través de este modelo se logra demostrar el efecto nulo que tienen los choques a la tendencia de la productividad total de los factores sobre la inflación cuando se asume flexibilidad completa en el comportamiento de los salarios de una economía.

El resto de este artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se presentan algunos hechos estilizados y revisiones bibliográficas con respecto a este tema, en la sección 3 se presenta un modelo macroeconómico de pequeña escala estimado y calibrado para Colombia, en la sección 4 se presentan simulaciones que muestran el efecto

---

\*Las opiniones contenidas en este artículo son responsabilidad exclusiva del autor y no comprometen al Banco de la Republica ni a sus directivas. Se agradecen los comentarios y sugerencias de Javier Gómez y Luisa Charry.

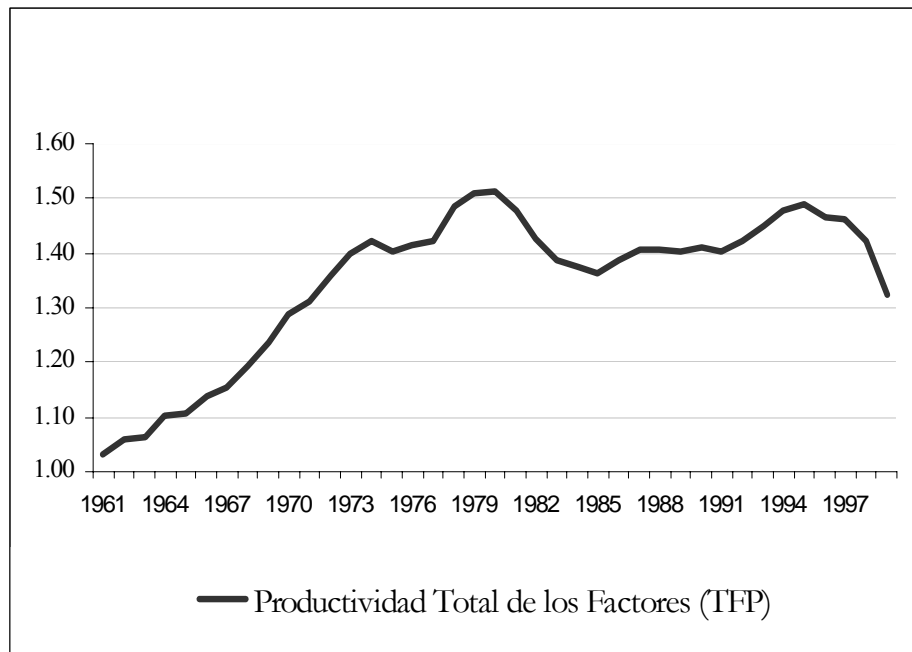


Figure 1: Evolución de la productividad total de los factores

que tienen sobre la inflación choques a : los componentes de la productividad total de los factores, a la fuerza laboral, a la inversión y a la tasa de interés de política monetaria. Finalmente en la sección 4 se presentan las conclusiones de este artículo.

## 2 Principales Hechos Estilizados

Gran parte de la motivación de este trabajo subyace en la mala percepción que tuvieron las autoridades monetarias de los Estados Unidos en el comportamiento de la brecha del producto durante la década de los setenta. Ya que esta mala percepción consistió en que las autoridades monetarias de la FED no tuvieron en cuenta que el aumento en el precio mundial del petróleo causó una reducción en la brecha del producto y que a su vez provocó un notable aumento en los precios de esta economía, siendo este hecho una de las principales causas de la gran inflación que sucedió en Estados Unidos en los años 70.<sup>1</sup> Aunque para el caso colombiano la incidencia sobre la brecha del producto de los diferentes choques que afectan la economía es mayor sobre el PIB de la demanda agregada que sobre el PIB potencial<sup>2</sup>(ver gráfico ), pero esta evidencia histórica no descarta que en un futuro pueda suceder lo contrario.

En el gráfico 2 se puede apreciar cómo se transmite un choque a la tasa de interés por el lado de la oferta. La línea negra continua muestra un aumento en la tasa de interés causado por factores exógenos a la política monetaria durante 1998<sup>3</sup>. La línea discontinua delgada del gráfico (2) muestra que este choque causó una caída en la inversión, la cual

<sup>1</sup>(Orphanides 1999) nota que : "...The evidence points to misperceptions of the economy's productive capacity as the primary underlying cause of the 1970s inflation..."

<sup>2</sup>El PIB potencial es obtenido a partir del canal de oferta agregada

<sup>3</sup>Urrutia (2002) nota que : "Por un aumento en la prima de riesgo de Colombia, aumento la tasa de interés, lo cual también redujo la demanda agregada"

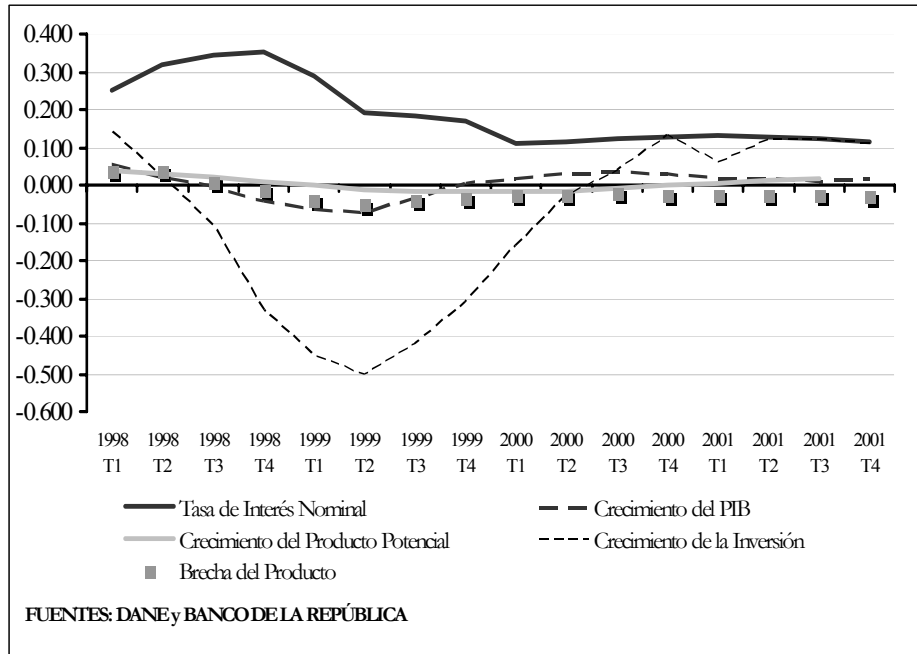


Figure 2: Efecto de un choque exógeno a la tasa de interés nominal

afecto negativamente el crecimiento del capital físico. La reducción en el capital físico se vio reflejada en una caída del producto interno bruto por el lado de la oferta agregada como consecuencia de la caída en el producto potencial ( ver línea gris continua). Por otro lado el gráfico 2 muestra la transmisión de este mismo choque por el lado de la demanda agregada. La línea negra discontinua gruesa muestra el efecto negativo que tuvo el aumento en las tasas de interés sobre el crecimiento del producto interno bruto. Pero como el efecto de este choque es mayor sobre el producto interno bruto que sobre el producto potencial, entonces la brecha del producto se vuelve negativa (ver línea con cuadros grises).

$$\uparrow i \rightarrow \uparrow r \rightarrow \downarrow I \rightarrow \downarrow k \rightarrow \downarrow y^P \rightarrow \downarrow y$$

$$\uparrow i \rightarrow \uparrow r \rightarrow \downarrow y$$

$$\downarrow y > \downarrow y^P \rightarrow z^Y < 0$$

Donde  $i$  es la tasa de interés nominal,  $r$  es la tasa de interés real,  $I$  es la inversión,  $y$  es producto interno bruto,  $y^P$  es el producto potencial y  $z^Y$  es la brecha del producto.

El gráfico 3 muestra los efectos que tiene en la economía colombiana un choque cíclico a la productividad total de los factores, el efecto de este choque se divide en dos etapas: La primera etapa muestra el efecto de un choque sobre la inflación y la segunda etapa muestra la reacción de la autoridad monetaria ante el efecto de este choque sobre la inflación. En el gráfico (3) se puede apreciar la primer etapa del efecto que tiene una desviación de la productividad total de los factores por encima de su tendencia de largo plazo sobre

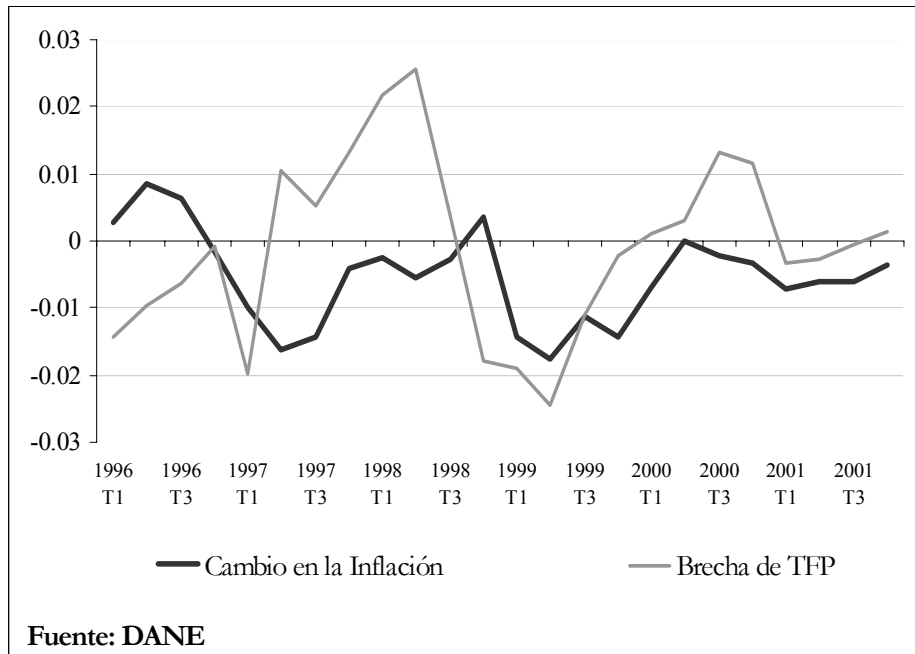


Figure 3: Efecto de un choque cíclico a la productividad total de los factores

el crecimiento de la inflación<sup>4</sup>. Según el gráfico (3), el choque a la productividad total de los factores (ver línea gris) ocurrido entre 1997 y 1998 causó un crecimiento negativo de la inflación, según Ball (2001), porque el efecto de este choque sobre el cambio en el crecimiento de la productividad laboral fue mayor que el cambio en las aspiraciones salariales, las cuales estaban atadas a incrementos en el salario hechos en el pasado.

En la segunda etapa la autoridad monetaria reaccionó disminuyendo la tasa de interés nominal para contrarrestar este choque. Esta reacción causó una caída en la tasa de interés real, cuyo efecto sobre el producto interno bruto y sobre el producto potencial fue:

Por el lado de la demanda agregada, aumentó el producto interno bruto, mientras en el lado de la oferta la caída de la tasa de interés real causó un incremento en la inversión y en el capital físico. Cierta aumento en el capital físico originó un incremento en el crecimiento del producto potencial, el cual provocó un aumento en el crecimiento del producto interno bruto. Finalmente el efecto de la disminución de la tasa de interés fue mayor sobre el producto interno bruto que sobre el producto potencial, entonces la brecha del producto se volvió positiva, para que la inflación no se desviara de su respectiva meta.

Si

$$\uparrow z^A \rightarrow \downarrow \pi \rightarrow \downarrow i \rightarrow \downarrow r$$

Entonces

$$\downarrow r \rightarrow \uparrow y$$

y

<sup>4</sup>La desviación de la productividad total de los factores de su tendencia de largo plazo es estimada bajo el filtro de Hodrick - Prescott.

$$\downarrow r \rightarrow \uparrow I \rightarrow \uparrow k \rightarrow \uparrow y^P \rightarrow \uparrow y$$

Por tanto

$$\uparrow y > \uparrow y^P \rightarrow z^Y > 0 \rightarrow \downarrow \pi$$

Donde  $z^A$  es la desviación de la productividad total de los factores de su tendencia de largo plazo.

Dentro de la literatura económica este tema no ha sido abordado ya que muchos autores se han limitado a exponer trabajos enfocados a explicar las causas del crecimiento de la productividad. Entre otros: (Jorgerson 2000), (Blinder 2000), (Bergoeing2002), (Bosworth1998). Además autores como (Kydland y Prescott 1982) y (Long y Plosser 1983) se habían dedicado a simular choques tecnológicos<sup>5</sup> pero solamente transitorios, puesto que a estos autores les importaba solamente examinar el efecto de diversos choques en la economía sobre el componente cíclico de las diferentes variables macroeconómicas. En trabajos más cercanos (Ball y Moffitt 2001) estudiaron la relación entre el crecimiento de la productividad laboral y el cambio en la inflación, utilizando una curva de phillips con una nueva variable: la brecha entre el crecimiento de la productividad y el crecimiento de las aspiraciones salariales de los trabajadores hechas en el período anterior. Para terminar de examinar un poco la literatura económica internacional, (Taylor1999) demostró que las economías con baja inflación estaban acompañadas con una pérdida de poder de mercado de las firmas ya que a través del *Mark Up*, el cual es un instrumento para medir el poder de mercado de las firmas, un aumento en la productividad de las firmas disminuye el costo marginal de producción, pero si las firmas no tienen poder de mercado tendrán que disminuir sus precios, para evitar salir del mercado.

Para el caso colombiano los trabajos relacionados con este tema, en su gran mayoría se han enfocado a explicar el comportamiento y la evolución de la productividad total de los factores por ejemplo: (Chica 1996). A pesar de esto (Uribe 1994) estudió el efecto que tenía la inflación sobre la productividad total de los factores y por ende sobre el crecimiento económico. Finalmente (Posada y Misas 2000) estudiaron a través de un VAR estructural el efecto que tenían los choques de oferta sobre los términos de intercambio, el producto real, el gasto público real y la base monetaria nominal.

### 3 UN PEQUEÑO MODELO MACROECONÓMICO

El modelo pretende representar los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria por el lado de la oferta. Aunque también tiene en cuenta el lado de la demanda, puesto que el modelo simula los mecanismos de transmisión de la política monetaria con sus respectivos canales de oferta y demanda agregada. para simular los mecanismos de transmisión de la política monetaria con sus respectivos canales de oferta y demanda actuando simultáneamente. Además el modelo incluye un canal de expectativas, ya que durante los últimos años las expectativas de los individuos han jugado un papel muy importante en el comportamiento de la inflación en Colombia. Los canales mencionados funcionan de la siguiente manera:

**Canal de Demanda Agregada:** Un incremento en la tasa de interés de política provoca una desviación de la tasa de interés real de su tendencia de largo plazo. Esta desviación causa una disminución en la tasa de crecimiento y en el nivel del producto.

---

<sup>5</sup>El choque a la productividad total de los factores esta explicado en la mayoría de los casos como una consecuencia del cambio tecnologico.

$$\uparrow i \rightarrow \uparrow r > r^* \rightarrow \downarrow \Delta^4 y \rightarrow \downarrow y$$

**Canal de Oferta Agregada:** Un incremento en la tasa de interés de política provoca una desviación de la tasa de interés real de su tendencia de largo plazo. Esta desviación causa disminución en el crecimiento de la inversión, reduciendo los niveles de inversión, capital y producto potencial. Una caída en el producto potencial causa una caída en el producto interno bruto.

$$\uparrow i \rightarrow \uparrow r > r^* \rightarrow \downarrow \Delta^4 I \rightarrow \downarrow k \rightarrow \downarrow y^P \rightarrow \downarrow y$$

Si el efecto del choque a la tasa de interés de política sobre la demanda agregada es mayor que el efecto sobre la oferta agregada, esto hace que la brecha del producto sea negativa, provocando una caída en la inflación.

$$z^Y < 0 \rightarrow \downarrow \pi$$

**Canal de Expectativas:** Siguiendo a (Gomez y Julio 2000), una disminución en las expectativas de inflación del próximo período causa una disminución en la inflación actual.

### 3.1 Productividad Total de los Factores

La productividad total de los factores presenta un componente cíclico y una tendencia de largo plazo, donde el componente cíclico muestra la desviación de la productividad total de los factores de su tendencia de largo plazo.

Asumiendo que la función de producción de la economía descrita en este modelo es del tipo Cobb-Douglas, la productividad total de los factores es el residuo entre el producto interno bruto y la utilización total de trabajo y del capital de la economía (ver ecuación 2), mientras que la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores es el residuo entre el producto potencial y la utilización total del trabajo de equilibrio (NAIRU) y la utilización total del capital (ver ecuación 3).

#### 3.1.1 Definición

La productividad total de los factores está representada por la siguiente ecuación:

$$A_t = Z_t^A + A^* \quad (1)$$

Donde  $A_t$  es la productividad total de los factores.

$Z_t^A$  es la desviación de la productividad total de los factores de su tendencia de largo plazo.

$A^*$  es la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores.

Siguiendo a Slevin (2001), la productividad total de los factores se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$A_t = y_t - \theta k_t - (1 - \theta)l_t \quad (2)$$

y la tendencia de la productividad total de los factores de largo plazo es:

$$A_t^* = y_t^P - \theta k_t - (1 - \theta)l_t^* \quad (3)$$

## 3.2 Producto Potencial

Como se anotó anteriormente la tecnología de esta economía es del tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala con el fin de simplificar el desarrollo matemático y computacional de este modelo. Sin embargo este modelo puede ser desarrollado utilizando una función de producción con tecnología CES.

Por otro lado el producto potencial está en función del capital físico y de las tendencias de largo plazo de la fuerza laboral y de la productividad total de los factores (ver ecuación 5), lo cual implica que cambios en las tasas de interés afectan el producto potencial a través del capital y la inversión.

### 3.2.1 Definición

El producto potencial está representado por la siguiente ecuación:

$$y_t^P = \gamma + \theta k_t + (1 - \theta)l_t^* + \varepsilon_t^P \quad (4)$$

Donde  $k_t = \log K_t$ , y  $K_t$  es el stock de capital físico.

$l_t^* = \log L_t^*$  y  $L_t^*$  es la tendencia de largo plazo de la fuerza laboral.

$\theta$  = es la participación de la renta del capital en el ingreso nacional.

Sustituyendo (3) en (4) se obtiene:

$$y_t^P = \theta k_t + (1 - \theta)l_t^* + A^* \quad (5)$$

### 3.2.2 Estimación y Fijación de Parámetros

Debido a que las estimaciones econométricas realizadas de los parámetros de (5) presentaban autocorrelación en el término de error, se optó por fijar estos parámetros con base en las cuentas nacionales del DANE, las cuales muestran que durante los últimos 35 años en promedio la renta del capital equivale aproximadamente al 60% del ingreso nacional y los salarios al 40%. Sustituyendo estos valores en la ecuación (5) se obtiene:

$$y_t^P = 0.6k_t + 0.4l_t^* + A^* \quad (6)$$

## 3.3 Ecuación de Acumulación del Capital

Asumiendo la ecuación de acumulación del capital propuesta por (Hercowitz y Sampton 1991), se puede entender claramente como la política monetaria afecta el capital a través de la inversión realizada en el periodo anterior.

### 3.3.1 Definición

La ecuación de acumulación de capital propuesta por (Hercowitz y Sampton 1991) es:

$$K_{t+1} = K_t^{1-\delta} I_t^\delta \quad (7)$$

Donde  $I_t$  es la formación bruta de capital fijo.

$\delta$  es la depreciación del capital físico.

### 3.3.2 Fijación de Parámetros

El único parámetro que tiene la ecuación (7) es la depreciación del capital el cual fue tomado de Gomez(2000). Expresando (7) en logaritmos se obtiene<sup>6</sup>:

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + \delta \log I_t \quad (8)$$

Donde  $k_t = \log K_t$

$\delta = 0.012$  porque la frecuencia de los datos es trimestral.

## 3.4 Inversión

La inversión se modela a partir de un mecanismo de corrección de errores en el que la dinámica de corto plazo captura el efecto de choques transitorios sobre la inversión y la de largo plazo captura el efecto de los choques permanentes.

### 3.4.1 Definición

El comportamiento del crecimiento de la inversión está representado por la siguiente ecuación:

$$\Delta_4 \log I_t = \eta_1 \Delta \log I_{t-1} + \eta_2 z_t^K + \eta_3 (r_t - r_t^*) + \eta_4 z_{t-4}^I + \varepsilon_t^I \quad (9)$$

Donde  $\Delta_4 \log I_t = \log I_t - \log I_{t-4}$  es el cambio anual en la inversión.

$z_t^K = k_t - k_t^*$  es la desviación del capital de su tendencia de largo plazo<sup>7</sup>.

$z_t^I = y_t - k_t - r$  es el largo plazo de la inversión.

$r_t - r_t^*$  es la desviación de la tasa de interés real de su tendencia de largo plazo.

### 3.4.2 Estimación y Fijación de Parámetros

Los parámetros de la ecuación (9) fueron estimados por el *método generalizado de momentos con variables instrumentales (GMM-IV)*, cuyos instrumentos son:  $\sum \{\Delta_4 \log I_{t-i}\}_{i=1}^4$ ,  $z_t^K$ ,  $r_{t-1} - r_{t-1}^*$ ,  $\pi_{t+1}^*$ . Finalmente esta estimación arrojó los siguientes resultados expresados en la ecuación (10) :

$$\Delta_4 \log I_t = \underset{(22.915)}{0.746} \Delta_4 \log I_{t-1} + \underset{(2.757)}{1.12} z_t^K - \underset{(-5.489)}{1.26} (r_t - r_t^*) + \underset{(-8.850)}{-0.144} z_{t-4}^I + \varepsilon_t^I \quad (10)$$

Método de Estimación: GMM-IV.

Periodo de Muestra: 1990:1- 2001:3

R-Cuadrado: 0.941

Error estándar de la estimación 0.0457

La prueba Ljung-Box Q no muestra ninguna evidencia de correlación serial hasta el orden 36

Nivel de significancia para el estadístico JB: 0.853

Nivel de significancia del estadístico J: 0.05<sup>8</sup>

<sup>6</sup>En este modelo no se asumió la ecuación clásica de acumulación de capital, porque esta ecuación no tiene incluido los costos de ajuste y por motivos computacionales no fue conveniente incluirla en este modelo.

<sup>7</sup>La desviación del capital de su tendencia de largo plazo fue estimada usando el filtro de Hodrick - Prescott.

<sup>8</sup>Con un nivel de confianza del 90% , existen evidencias para comprobar que los instrumentos utilizados no están sobreidentificando los parámetros estimados.



Donde  $\pi_t^*$  es la meta de inflación propuesta por la autoridad monetaria.

Sin embargo al correr el modelo, surgió la necesidad de calibrar el coeficiente asociado a  $\Delta \log I_{t-1}$  debido a que el coeficiente estimado causaba bastantes oscilaciones en los ejercicios de simulación. Por tanto dicho coeficiente fue fijado con un valor de 0.546.

### 3.5 Demanda Agregada

A diferencia del modelo de mecanismos de transmisión de política monetaria propuesto por (Gómez y Julio 2001) la ecuación de demanda agregada no está determinada por la brecha del producto sino por el cambio en el crecimiento del producto interno bruto porque el producto potencial de este modelo es endógeno. Además asume que se cumple la hipótesis de consumo permanente propuesta por (Friedman1957) y que el ahorro es igual a la inversión, lo cual permite mostrar claramente la interdependencia existente entre la oferta y la demanda en el modelo.

#### 3.5.1 Definición

La curva de demanda agregada propuesta en el modelo esta definida por la siguiente ecuación:

$$\Delta_4 y_t = \beta_1(r_t - r_t^*) + \Delta_4 y_t^P + \beta_2 z_{t-1}^T + z_{t-4}^D + \varepsilon_t^y \quad (11)$$

Donde  $\Delta_4 y_t = y_t - y_{t-4}$  es el crecimiento anual del producto interno bruto.

$\Delta_4 y_t^P = y_t^P - y_{t-4}^P$  es el crecimiento anual del producto potencial.

$r_t$  es la tasa de interés real,  $r_t^*$  es la tasa de interés real de largo plazo.

$z_t^T$  es la desviación de los términos de intercambio de su tendencia de largo plazo<sup>9</sup>.

$z_t^D$  es el largo plazo de la demanda agregada<sup>10</sup>.

#### 3.5.2 Estimación y Fijación de Parámetros

Los parámetros de la ecuación (11) fueron estimados por el *método generalizado de momentos con variables instrumentales (GMM-IV)*, cuyos instrumentos son:  $\Delta_4 y_t^P$ ,  $r_{t-1} - r_{t-1}^*$ ,  $z_{t-4}^Y$ ,  $z_{t-1}^A$ ,  $z_{t-1}^D$ . Finalmente esta estimación arrojó los siguientes resultados expresados en la ecuación (12) :

$$\Delta_4 y_t = \underset{(-11.20)}{-0.375}(r_t - r_t^*) + \Delta_4 y_t^P \underset{(-3.979)}{-0.249} z_{t-1}^T + \underset{(2.676)}{0.102} z_{t-4}^D + \varepsilon_t^y \quad (12)$$

Método de Estimación: GMM-IV.

Periodo de Muestra: 1990:1- 2001:3

R-Cuadrado: 0.756

Error estándar de la estimación 0.0162

La prueba Ljung-Box Q no muestra ninguna evidencia de

correlación serial hasta el orden 36

Nivel de significancia del estadístico Jarque Bera: 0.498

Nivel de significancia del estadístico J: 0.07<sup>11</sup>

<sup>9</sup>La desviación de la tendencia de largo plazo de los terminos de intercambio fue estimada usando el filtro de Hodrick - Prescott.

<sup>10</sup>Ver en la sección 2.8

<sup>11</sup>Con un nivel de confianza del 90% , existen evidencias para comprobar que los instrumentos utilizados no estan sobreidentificando los parametros estimados.

### 3.6 La curva de Phillips

La curva de Phillips de este modelo es muy similar a la propuesta por Gómez, Uribe y Vargas (2002). Pero a diferencia de esta última, la curva propuesta acá tiene en cuenta el efecto que ejercen los choques cíclicos a la productividad total de los factores sobre la inflación en el corto plazo.

#### 3.6.1 Definición

La curva de Phillips está dada por la siguiente ecuación:

$$\pi_t^B = \alpha_1 \pi_{t-1}^B + \alpha_2 \pi_{t+1|t}^B + (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \pi_{t-2}^M + \alpha_3 z_{t-1}^A + \alpha_4 z_{t-1}^Y + \alpha_5 z_{t-4}^P + \varepsilon_t^\pi \quad (13)$$

Donde:  $\pi_t^B = \log P_t^B - \log P_{t-4}^B$  es la inflación sin alimentos,  $P_t^B$  es el promedio geométrico del IPC sin alimentos para cada trimestre.

$\pi_t^M$  es la inflación del precio de los importados.

$z_t^A$  es la desviación de la productividad total de los factores de su tendencia de largo plazo.

$z_t^Y = y_t - y_t^P$  es la brecha del producto,  $y_t$  es el logaritmo producto interno bruto observado e  $y_t^P$  es el

logaritmo del producto potencial.

$z_t^P$  es el largo plazo de la curva de Phillips<sup>12</sup>.

#### 3.6.2 Estimación y Fijación de Parámetros

La ecuación (13) fue estimada el *método generalizado de momentos con variables instrumentales (GMM-IV)*, por ya que esta ecuación presenta una variable no observada como lo son las expectativas de inflación<sup>13</sup> ( $\pi_{t+1|t}^B$ ).

$$\begin{aligned} \pi_t^B = & 0.573 \pi_{t-1}^B + 0.393 \pi_{t+1|t}^B + (1 - 0.573 - 0.393) \pi_{t-2}^M & (14) \\ & \begin{matrix} (7.611) & (4.863) \\ -0.157 z_{t-1}^A & + 0.11 z_{t-1}^Y & + 0.05 z_{t-4}^P + \varepsilon_t^\pi \\ & (-3.478) & (4.125) & (1.157) \end{matrix} \end{aligned}$$

Método de Estimación: GMM-IV.

Periodo de Muestra: 1990:1- 2001:4

R-Cuadrado: 0.996

Error estándar de la estimación 0.0039

La prueba Ljung-Box Q no muestra ninguna evidencia de correlación serial hasta el orden 36

Nivel de significancia del estadístico Jarque Bera: 0.268

Nivel de significancia del estadístico J: 0.07<sup>14</sup>

Los instrumentos utilizados para aproximar  $\pi_{t+1|t}^B$  fueron los siguientes:  $\pi_{t-1}^B$ ,  $\pi_{t-2}^M$ ,  $z_{t-1}^A$ ,  $z_{t-1}^Y$ ,  $z_{t-4}^P$ ,  $\pi_{t+1}^*$ ,  $z_{t-4}^Y$  y  $A^*$ .

Por otro lado la velocidad de ajuste del vector de largo plazo fue fijado en -0.5 debido a que no era significativo dentro de la estimación.

<sup>12</sup>Ver en la sección 2.8

<sup>13</sup>Debido a que los datos obtenidos en la encuesta de expectativas del Banco de la Republica no son suficientes, entonces se puede asumir esta variable como no observada.

<sup>14</sup>Con un nivel de confianza del 90% , existen evidencias para comprobar que los instrumentos utilizados no estan sobreidentificando los parametros estimados.

## 3.7 Salarios

En este modelo se presentan dos escenarios: Uno en el cual los salarios son totalmente flexibles y otro en el cual presentan cierto grado de rigidez. La importancia de estos escenarios se ve reflejada en el efecto sobre la inflación que tienen los diferentes choques permanentes a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores.

### 3.7.1 Salarios Nominales de Taylor

Los Salarios Nominales de Taylor tienen como función dentro del modelo demostrar el rezago que presenta el crecimiento de los salarios nominales en alcanzar el crecimiento de la productividad laboral ante choques a la productividad total de los factores.

**3.7.1.1 Definición** Las ecuaciones (15) y (16) representan el sistema de Salarios Nominales de Taylor, propuesto por (Gómez, Uribe y Vargas 2002) para Colombia.

$$w_t = \phi_1 w_t^C + \phi_2 w_{t-1}^C + \phi_3 w_{t-2}^C + (1 - \phi_1 - \phi_2 - \phi_3) w_{t-3}^C + \varepsilon_t^W \quad (15)$$

$$w_t^C = \sum_{i=1}^3 \eta_i v_{t+i|t} + \alpha_1 z_{t-1}^Y + \alpha_2 z_{t-4}^W \quad (16)$$

Donde  $w_t = \log W_t$ , es el logaritmo del salario nominal.

$w_t^C = \log W_t^C$ , es logaritmo del salario de contrato.

$v_t = \log V_t$ , es el logaritmo del valor de la productividad laboral.

$z_t^W$ , es el largo plazo de los salarios.

**3.7.1.2 Estimación y Fijación** Debido a la falta de datos de salarios de contrato fue necesario fijar los valores de los parámetros de las ecuaciones (15) y (16), tomando los parámetros fijados por (Gómez, Uribe y Vargas 2002). Cuyo valor significa que las empresas ajustan los salarios cuatro veces al año. Por tanto al remplazar en las ecuaciones anteriores estos valores fijados se obtiene el siguiente sistema:

$$w_t = 0.25 w_t^C + 0.25 w_{t-1}^C + 0.25 w_{t-2}^C + 0.25 w_{t-3}^C + \varepsilon_t^W \quad (17)$$

$$w_t^C = \sum_{i=0}^3 0.25 v_{t+i|t} + 0.05 z_{t-1}^Y - 0.02 z_{t-4}^W \quad (18)$$

### 3.7.2 Salarios Totalmente Flexibles

Los salarios totalmente flexibles tienen como función dentro del modelo demostrar que el crecimiento de los salarios nominales es igual y contemporáneo al crecimiento de la productividad laboral ante choques a la productividad total de los factores.

**3.7.2.1 Definición** La ecuación (19) representa el comportamiento de los salarios cuando éstos son totalmente flexibles.

$$w_t = v_t \quad (19)$$

**3.7.2.2 Resultados** Esta ecuación muestra que los salarios nominales crecen a la misma tasa a la cual crece la productividad del trabajo. Lo cual implica que un choque en la productividad del trabajo no afecta el nivel de precios<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> $P_1 = \frac{W_1}{[f_{TRABAJO}]_1} = \frac{W_0(1+g)}{[f_{TRABAJO}]_0(1+g)} = P_0$

### 3.8 Largo Plazo

Para garantizar la neutralidad de este modelo, es necesario incluir por lo menos un vector de cointegración para cada una de las ecuaciones estimadas: inversión, demanda agregada y curva de Phillips. Estos vectores de cointegración, son construidos a partir de la teoría microeconómica, lo cual se demuestra detalladamente en el apéndice de este artículo.

#### 3.8.1 Curva de Phillips

En el largo plazo el margen de ganancia ( $Mark - Up$ ) de las firmas deber ser cero<sup>16</sup> para garantizar la neutralidad del modelo, es decir que cambios en las variables nominales, no tengan efectos sobre las variables reales. Por tanto el largo plazo de la curva de phillips de este modelo esta representado por la siguiente ecuación<sup>17</sup>:

$$z_t^P = w_t - v_t + \phi_P \quad (20)$$

Donde:

$$v_t = p_t^B + y_t - l_t \quad (21)$$

$v_t$  es el valor de la productividad laboral,  $p_t^B$  es el nivel de precios sin alimentos,  $l_t = \log L_t^O$ ,  $L_t^O$  representa la población ocupada.

$\phi_P$  representa la constante del vector de cointegración de la curva de phillips.

#### 3.8.2 Demanda Agregada

En el largo plazo el producto interno bruto debe converger al producto potencial y la tasa de interés real también debe converger a su tendencia de largo plazo.

$$z_t^D = y_t - y_t^P + r_t - r_t^* \quad (22)$$

#### 3.8.3 Inversión

Al igual que en la curva de Phillips, en el largo plazo el margen de ganancia de las firmas debe ser cero para garantizar la neutralidad del modelo. Sin embargo a diferencia de la curva de phillips el largo plazo se define como la convergencia del producto marginal del capital al costo real de utilización del capital<sup>18</sup>. Igualmente se asume que en el largo plazo el capital se mantiene constante<sup>19</sup>. Entonces el largo plazo de la inversión esta definido por la siguiente ecuación<sup>20</sup>:

$$z_t^K = \log I_t - k_{t-1} + \alpha(r_t + k_t - y_t) \quad (23)$$

---

$\Rightarrow \pi_t = 0$ .

Donde  $f_{TRABAJO}$  es la productividad del trabajo.  $g$  es la tasa a cual crecen la productividad del trabajo y los salarios nominales.

<sup>16</sup>Ya que la función de producción de este modelo presenta rendimientos constantes a escala.

<sup>17</sup>En el apéndice se demostrará detalladamente porque la ecuación (20) representa el vector de largo plazo de la curva de Phillips.

<sup>18</sup>Por simplicidad se asume la tasa de interés real como el costo real de utilización del capital.

<sup>19</sup>Ver el modelo macroeconómico del Banco de Inglaterra (1999)

<sup>20</sup>En el apéndice se demostrará detalladamente porque la ecuación (23) representa el vector de largo plazo de la ecuación de inversión.

### 3.8.4 Salarios

En el largo plazo los salarios son totalmente flexibles, por tanto el salario nominal debe ser igual al valor de la productividad laboral en el largo plazo.

$$z_t^W = w_t - p_t^B - l_t^O + y_t - \phi_P \quad (24)$$

Sustituyendo (24) en (20) se obtiene la siguiente relación:

$$z_t^P = -z_t^W \quad (25)$$

## 3.9 Regla de Política Monetaria

La regla de política monetaria juega un papel fundamental en el estudio de los choques a la productividad. Ya que el efecto en términos de tasa de sacrificio de la reacción de la autoridad monetaria puede ser diferente si el choque a la productividad total de los factores es positivo que si el choque a la productividad total de los factores es negativo. Entonces para sustentar esta afirmación es necesario utilizar dos reglas de política monetaria. Utilizando la primer regla de política, la autoridad monetaria reacciona solamente cuando la inflación se desvía de su respectiva meta. Mientras que, utilizando la segunda regla de política, la autoridad monetaria reacciona cuando la inflación se desvía de su respectiva meta y cuando la brecha del producto es diferente de cero. A la primer regla de política (ver ecuación 26) se le llamará regla de política *fuerte* y a la segunda regla de política (ver ecuación 27) se le llamará *amortiguada* porque al reaccionar ante las desviaciones de la inflación de su meta y las desviaciones del producto interno bruto del producto potencial, la autoridad monetaria esta disminuyendo de manera anticipada las desviaciones de la inflación esperada en cuatro trimestres de su respectiva meta. Esta medida evita un movimiento brusco en las tasas de interés.

### 3.9.1 Definición

Regla de política *fuerte*:

$$i_t = r_t^* + \pi_t^B + \gamma(\pi_{t+4|t}^B - \pi_{t+4}^*) \quad (26)$$

Regla de política *amortiguada*:

$$i_t = r_t^* + \pi_t^B + \gamma(\pi_{t+4|t}^B - \pi_{t+4}^*) + \eta y_t \quad (27)$$

Donde  $i_t$  es la tasa de interés nominal de los CDT a 90 días<sup>21</sup>.

$r_t^*$  es la tasa de interés real de largo plazo.

$\pi_{t+4|t}^B$  es el pronóstico de inflación para cuatro periodos adelante.

$\pi_{t+4}^*$  es la meta de inflación cuatro periodos adelante.

$\gamma$  es la velocidad de reacción

de la política monetaria ante desviaciones del pronóstico de inflación de la meta.

$\eta$  es la velocidad de reacción

de la política monetaria ante desviaciones del producto interno bruto del producto potencial.

Los parámetros  $\gamma$  y  $\eta$  son calibrados.

<sup>21</sup>En este modelo se asume que la tasa de interés nominal es la misma tasa de política monetaria.

### 3.10 Identidades

Las siguientes identidades son importantes dentro de este modelo porque permiten vincular entre si las ecuaciones definidas anteriormente.

Ecuación de Fisher:

$$r_t = i_t - \pi_t \quad (28)$$

Crecimiento del Producto Potencial:

$$\Delta_4 y_t^P = y_t^P - y_{t-4}^P \quad (29)$$

Logaritmo del Producto Interno Bruto:

$$y_t = \Delta_4 y_t + y_{t-4} \quad (30)$$

Logaritmo de la Inversión:

$$\text{Log } I_t = \Delta_4 \text{Log } I_t + \text{Log } I_{t-4} \quad (31)$$

Logaritmo de los Precios:

$$p_t^B = \Delta_4 p_t^B + p_{t-4}^B \quad (32)$$

## 4 CHOQUES QUE AFECTAN LA INFLACIÓN Y REACCIÓN DE LA AUTORIDAD MONETARIA

Con base en el modelo expuesto en la sección anterior se van a analizar los principales choques que afectan la inflación. Un choque a la tasa de interés de política, una desviación transitoria de la productividad total de los factores por encima de su tendencia de largo plazo, un choque positivo y permanente a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores en presencia de salarios rígidos, este mismo choque pero en presencia de salarios completamente flexibles y por ultimo un choque negativo y permanente a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores en presencia de salarios rígidos:

### 4.1 Un Choque a la Tasa de Interés de Política

La importancia del choque a la tasa de interés de política dentro de este modelo subyace en analizar los mecanismos de transmisión de la política monetaria por el lado de la oferta y por el lado de la demanda.

#### 4.1.1 Un choque transitorio a la tasa de interés de política

Un aumento transitorio de la tasa de interés de política, causa un aumento en la tasa de interés real (ver ecuación 28), este incremento hace que la tasa de interés real se desvíe de su tendencia de largo plazo, desencadenando dos efectos: Primero una disminución en el crecimiento (12) y en el nivel del producto interno bruto (30). Segundo, una disminución en el crecimiento de la inversión (9) que a su vez reduce el nivel de inversión (31). Una disminución en la inversión causa una disminución en el nivel de capital (8), acompañada con una disminución del producto potencial (5) y en su tasa de crecimiento (29). Una caída en la tasa de crecimiento del producto potencial provoca una disminución en la tasa de crecimiento del producto interno bruto (12) en una misma proporción (Ver Friedman 1957). Entonces el efecto de este choque sobre el producto interno bruto es mayor

que el efecto sobre el producto potencial. Una brecha del producto negativa causa una disminución en la inflación (14).

Si

$$\uparrow i_t \rightarrow \uparrow r_t$$

Entonces

$$\uparrow r_t \rightarrow \downarrow \Delta_4 y_{t+1} \rightarrow \downarrow y_{t+1}$$

y

$$\uparrow r_t \rightarrow \downarrow \Delta_4 \log I_t \rightarrow \downarrow \log I_t \rightarrow \downarrow k_{t+1} \rightarrow \downarrow y_{t+1}^P \downarrow \Delta_4 y_{t+1}^P \rightarrow \downarrow y_{t+1}$$

Por tanto

$$\downarrow y_{t+1} > \downarrow y_{t+1}^P \rightarrow z_{t+1}^Y < 0 \rightarrow \downarrow \pi_{t+1}$$

## 4.2 Un Choque a la Productividad Total de los Factores (PTF)

La productividad total de los factores tiene dos componentes, el primero es el componente cíclico o transitorio y el segundo es el componente de tendencia o largo plazo.

### 4.2.1 Choque Transitorio

El resultado de este choque es favorable para el modelo desarrollado en este artículo, ya que confirma una vez mas la neutralidad de la política monetaria sobre las variables reales en el largo plazo. El choque transitorio a la productividad total de los factores se divide en dos etapas: la primera etapa muestra el efecto de un choque sobre la inflación y la segunda etapa muestra la reacción de la autoridad monetaria ante el efecto de este choque sobre la inflación.

### 4.2.2 Una desviación transitoria de la productividad total de los factores por encima de su tendencia de largo plazo

**Primera Etapa:** Una desviación del 1% de la productividad total de los factores de su tendencia de largo plazo provoca una disminución en la inflación (14) por debajo de la meta. **Segunda Etapa:** Una inflación esperada por debajo de su respectiva meta hace que la autoridad monetaria reaccione disminuyendo la tasa de interés de política (26) que a su vez causa una desviación de la tasa de interés real de su tendencia de largo plazo (28). Una tasa de interés real por debajo de su tendencia de largo plazo tiene dos efectos: Primero un aumento en la tasa de crecimiento (12) y en el nivel (30) del producto interno bruto. Segundo un incremento en la tasa de crecimiento de la inversión (10) que a su vez aumenta el nivel de inversión (31). Un aumento en el nivel de inversión provoca un aumento en el nivel del capital (8) y consecutivamente en el nivel (6) y en la tasa de crecimiento (29) del producto potencial. Un incremento en la tasa de crecimiento del producto potencial aumenta el crecimiento y el nivel del producto interno bruto (12), sin embargo el efecto de la caída en la tasa de interés real, tiene un mayor efecto sobre el producto interno bruto que sobre el producto potencial porque la elasticidad estimada del crecimiento del producto interno bruto con respecto a la desviación de la tasa de interés real de su tendencia es muy alta (ver parámetro  $\beta_1$  de la ecuación 11) y porque el producto interno bruto depende del comportamiento del producto potencial. Entonces como consecuencia del choque a la tasa de interés de política, la brecha del producto se

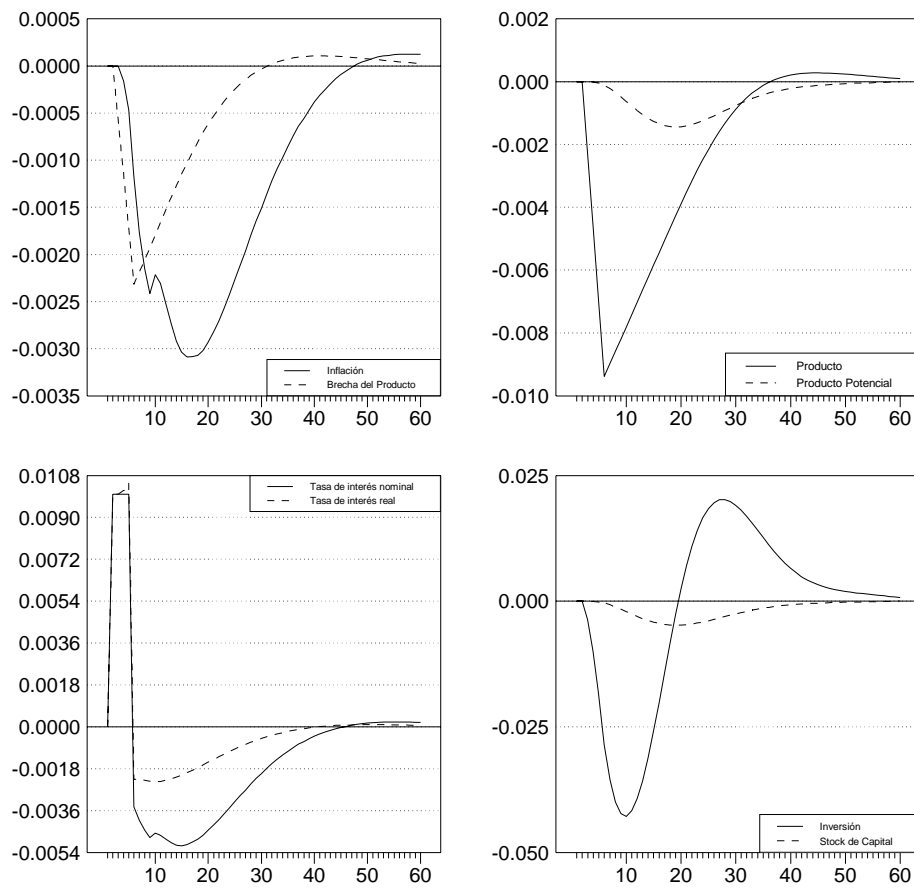


Figure 4: Un choque de 1% a la Tasa de Interés de Política



vuelve positiva, causando un aumento en la inflación (14), de modo tal que esta converja a la meta establecida por la autoridad monetaria (ver gráfico 5)

Si

$$\uparrow z_t^A \rightarrow \downarrow \pi_t < \pi_t^*$$

Entonces

$$\downarrow \dot{i}_t \rightarrow \downarrow r_t \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_{t+1} \rightarrow \uparrow y_{t+1}$$

y

$$\downarrow r_t \rightarrow \uparrow \Delta_4 \log I_t \rightarrow \uparrow \log I_t \rightarrow \uparrow k_{t+1} \rightarrow \uparrow y_{t+1}^P \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_{t+1}^P \rightarrow \uparrow y_{t+1}$$

Por tanto,

$$\uparrow y_{t+1} > \uparrow y_{t+1}^P \rightarrow z_{t+1}^Y > 0 \rightarrow \uparrow \pi_{t+1}$$

### 4.2.3 Choque Permanente

Para analizar los efectos de este choque sobre la inflación se van a tener en cuenta dos escenarios: Un escenario en presencia de salarios rígidos y otro escenario en presencia de salarios completamente flexibles. Ya que entre mas flexibles sean los precios en una economía, menor será el efecto de los choques permanentes a la productividad total de los factores sobre la inflación.

**4.2.3.1 Escenario con Salarios Rígidos** Cuando se asumen rigideces en los salarios, un choque a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores, tiene efectos sobre la inflación como consecuencia del lento ajuste que presentan los salarios nominales en alcanzar la productividad laboral (ver el último cuadro inferior derecho de los gráficos 5 y 6), ya que al crecer mas rápido la productividad laboral que los salarios, entonces el costo marginal de producción será menor, induciendo a los productores a vender a precios más bajos para mantener o aumentar su poder en el mercado.

Un choque positivo y permanente a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores, aumenta el producto potencial (5) y su tasa de crecimiento (29). La cual tiene un efecto positivo sobre la tasa de crecimiento (12) y el nivel (30) del producto interno bruto. Un aumento del producto interno bruto, causa un incremento en el valor de la productividad del trabajo (21)<sup>22</sup>. Un crecimiento positivo en la productividad laboral, causa un incremento en los salarios nominales (18). Sin embargo, en presencia de salarios rígidos, el aumento en la productividad del trabajo es mayor que el aumento en los salarios nominales, lo cual causa una reducción en la inflación (20) y (14).

Esta reducción en la inflación, hace que esta se sitúe por debajo de la meta, causando una disminución la tasa de interés de política que a su vez(26), provoca una reducción en la tasa de interés real (28). Una tasa de interés real por debajo de su tendencia de largo plazo, causa dos efectos: Primero un aumento en la tasa de crecimiento (12) y en el nivel (30) del producto interno bruto. En segundo lugar causa un incremento en la tasa de crecimiento (10) y en el nivel (31) de la inversión. Un aumento en el nivel de inversión provoca un aumento en el nivel del capital (8) y consecutivamente en el nivel (6) y en la tasa de crecimiento (29) del producto potencial. Un incremento en la tasa de crecimiento del producto potencial causa un incremento en el producto interno bruto (12), sin embargo el efecto de la caída en la tasa de interés real, tiene un mayor efecto

<sup>22</sup>En este modelo la productividad del trabajo esta definida como producto por trabajador, debido a que la función de producción definida en este modelo es de tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala.

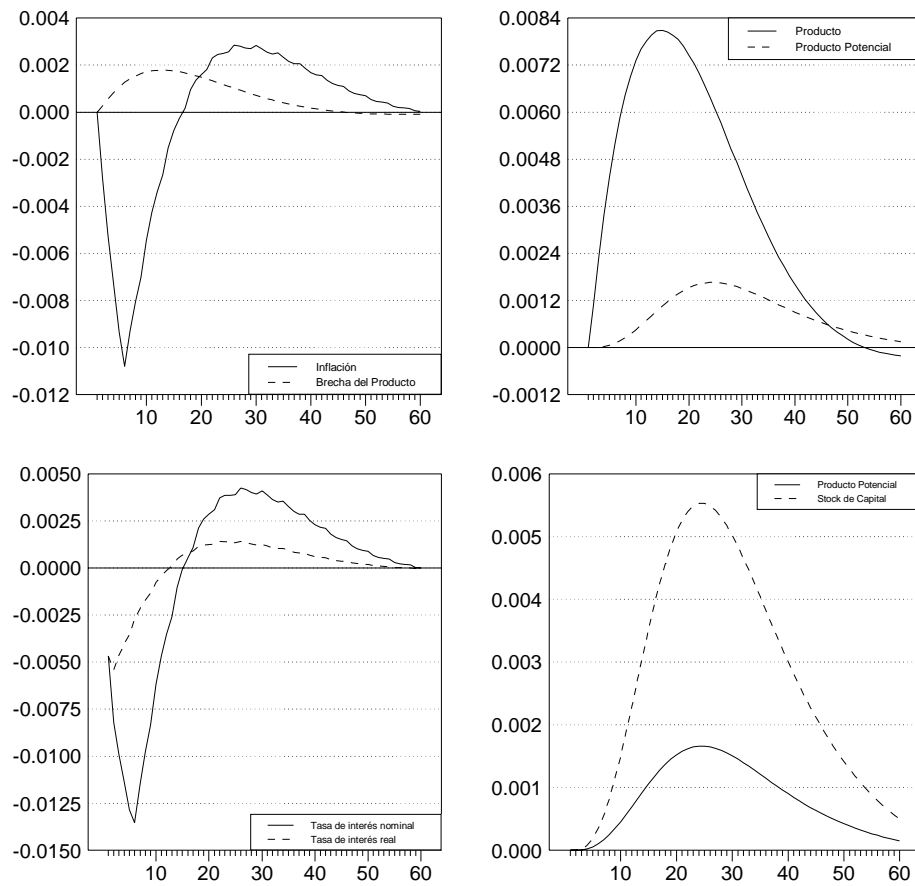


Figure 5: Una desviación transitoria de la productividad total de los factores de su tendencia

sobre el producto interno bruto que sobre el producto potencial. Entonces este resultado hace que la brecha del producto sea positiva, causando un aumento en la inflación (14) de modo tal que la inflación converja hacia la meta establecida por la autoridad monetaria (ver gráfico 6).

Tenemos entonces que:

$$\uparrow A_t^* \rightarrow \uparrow y_t^P \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_t^P \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_t \rightarrow \uparrow v_t \rightarrow \uparrow w_t$$

Pero en presencia de salarios rígidos:

$$\uparrow v_t > \uparrow w_t \rightarrow \downarrow z_t^P \rightarrow \downarrow \pi_t^B \rightarrow \downarrow p_t^B$$

Entonces

$$\downarrow r_t \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_{t+1} \rightarrow \uparrow y_{t+1}$$

y

$$\downarrow r_t \rightarrow \uparrow \Delta_4 \log I_t \rightarrow \uparrow \log I_t \rightarrow \uparrow k_{t+1} \rightarrow \uparrow y_{t+1}^P \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_{t+1}^P \rightarrow \uparrow y_{t+1}$$

Por tanto

$$\uparrow y_{t+1} > \uparrow y_{t+1}^P \rightarrow z_{t+1}^Y > 0 \rightarrow \uparrow \pi_{t+1}$$

**4.2.3.2 Escenario con Salarios Completamente Flexibles** La importancia del análisis del choque a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores choque en el modelo prevalece en que como los salarios nominales son totalmente flexibles, un choque a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores no tiene efectos sobre la inflación, ya que a diferencia del escenario anterior los salarios nominales bajo este escenario se ajustan inmediatamente a la productividad total de los factores (ver gráfico 7) y la magnitud del efecto del choque a la tendencia de la productividad sobre el crecimiento de la productividad y el salario es la misma .

Un choque positivo y permanente a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores, aumenta el nivel (5) y la tasa de crecimiento del producto potencial (29), causando un aumento en la tasa de crecimiento (12) y en el nivel (30) del producto interno bruto. Un incremento del producto interno bruto, provoca un aumento en el valor de la productividad del trabajo (21). Un aumento en la productividad laboral causa un incremento en los salarios nominales (18). Bajo este escenario el aumento en el valor de la productividad del trabajo es igual al aumento en los salarios nominales, por tanto este choque no tiene ningún efecto sobre la inflación (20) y (14)

Si

$$\uparrow A_t^* \rightarrow \uparrow y_t^P \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_t^P \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_t \rightarrow \uparrow v_t \rightarrow \uparrow w_t$$

Pero en presencia de salarios totalmente flexibles:

$$\uparrow v_t = \uparrow w_t \rightarrow \Delta z_t^P = \Delta \pi_t^B = \Delta p_t^B = 0$$

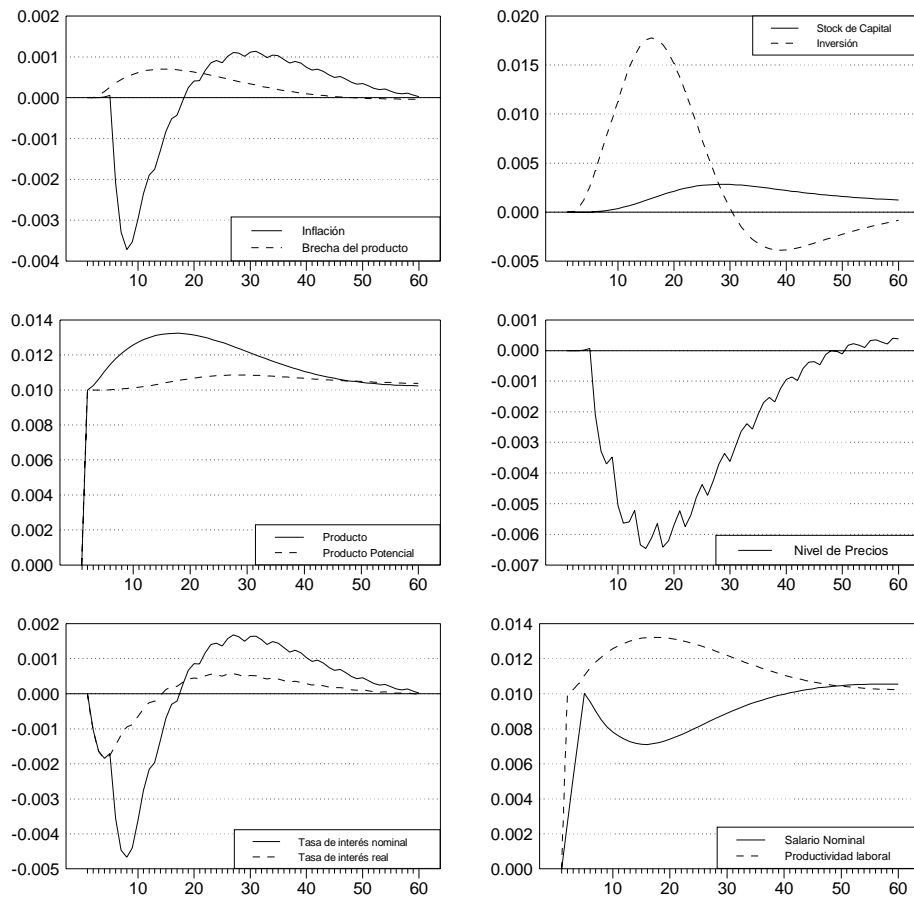


Figure 6: Un choque positivo a la tendencia de la PTF cuando los salarios son rígidos

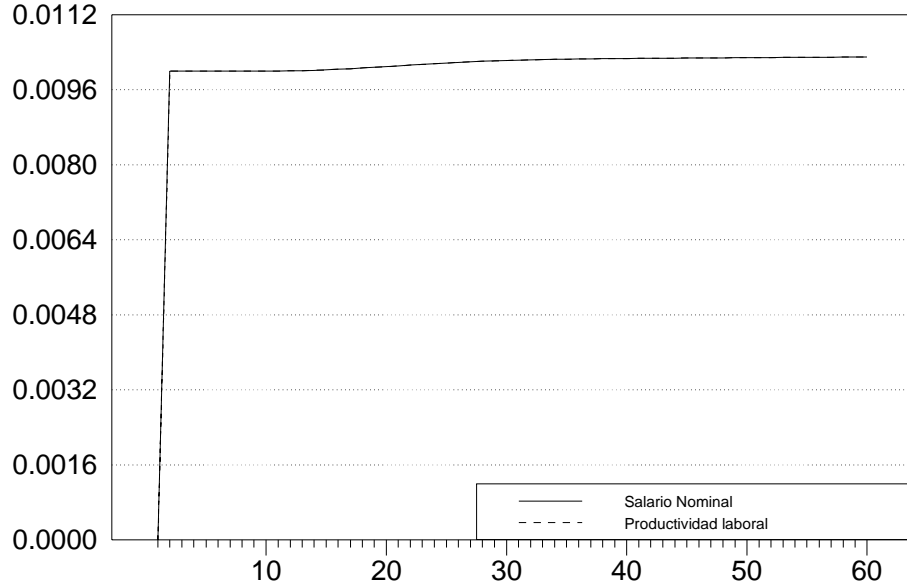


Figure 7: Un choque permanente a la tendencia de la PTF cuando los salarios son flexibles

### 4.3 Un Choque Permanente a la Fuerza Laboral

Este choque muestra el efecto que tiene sobre la inflación un aumento permanente en la fuerza laboral, lo cual muestra que un aumento en la población económicamente activa PEA en una economía con salarios rígidos puede causar un exceso de oferta laboral, porque los salarios están creciendo por encima de la productividad laboral, incentivando a las empresas a reducir su demanda de trabajo. Este exceso de oferta laboral causa un aumento en el producto potencial por encima del producto interno bruto. De tal forma que la brecha del producto se vuelve negativa causando una disminución en la inflación por debajo de la meta. Al estar la inflación por debajo de la meta, la autoridad monetaria reacciona disminuyendo las tasas de interés, causando una caída en el producto interno bruto y un aumento en el producto potencial al aumentar la inversión. Pero como el efecto de la tasa de interés real sobre el producto interno bruto es mayor que el efecto sobre el producto potencial, entonces la brecha del producto se va cerrando hasta que la inflación se vuelva a situar en la meta. (ver gráfico 39)

Tenemos entonces que:

$$\uparrow l_t^* \rightarrow \uparrow y_t^P \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_t^P \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_t \rightarrow \uparrow v_t \rightarrow \uparrow w_t$$

$$\uparrow l_t^* \rightarrow \downarrow v_t$$

Pero en presencia de salarios rígidos:

$$\uparrow w_t > \uparrow v_t \rightarrow (\downarrow z_t^Y < 0; \downarrow z_t^P) \rightarrow \downarrow \pi_t^B \rightarrow \downarrow p_t^B$$

Entonces

$$\downarrow r_t \rightarrow \uparrow \Delta_4 y_{t+1} \rightarrow \uparrow y_{t+1}$$

y

$$\downarrow r_t \rightarrow \uparrow \Delta_4 \log I_t \rightarrow \uparrow \log I_t \rightarrow \uparrow k_{t+1} \rightarrow \uparrow y_{t+1}^P \uparrow \Delta_4 y_{t+1}^P \rightarrow \uparrow y_{t+1}$$

Por tanto

$$\uparrow y_{t+1} > \uparrow y_{t+1}^P \rightarrow z_{t+1}^Y > 0 \rightarrow \uparrow \pi_{t+1} = \pi_t^*$$

#### 4.4 La Relación entre la Regla de Política y la Tasa de Sacrificio

A través de un choque negativo a la productividad total de los factores se pretende argumentar cuando es ventajoso en términos de tasa de sacrificio ejercer una política monetaria agresiva y cuando no. El resultado de este choque muestra que la autoridad monetaria debe reaccionar agresivamente, usando la regla de política *fuerte* cuando los diferentes choques presentes en la economía disminuyan la inflación por debajo de la meta. En caso contrario la autoridad monetaria debe reaccionar moderadamente, usando la regla de política *amortiguada*.

Un choque negativo y permanente a la tendencia de largo plazo de la productividad total de los factores reduce el producto potencial (5) y su tasa de crecimiento (29). Esto causa una caída en la tasa de crecimiento (12) y en el nivel (30) del producto interno bruto. Una disminución del producto interno bruto, causa una reducción en el valor de la productividad del trabajo (21). Una caída en la productividad laboral causa una disminución en los salarios nominales (18). Sin embargo en presencia de salarios rígidos la caída en la productividad del trabajo es mayor que la caída en los salarios nominales, causando un aumento en la inflación (20) y (12), el cual se ve reflejado en un nivel de precios más alto (32). No obstante en una economía bajo *inflation targeting*, la autoridad monetaria reacciona aumentando la tasa de interés de política (26) y la tasa de interés real (28). Una tasa de interés real por encima de su tendencia de largo plazo, causa dos efectos: Primero una reducción en la tasa de crecimiento del producto interno bruto (12) y en su nivel (30). Segundo causa una disminución en la tasa de crecimiento (10) y en el nivel (31) de la inversión. Una caída en el nivel de inversión provoca una reducción en el nivel del capital (8) y consecutivamente en el nivel (6) y en la tasa de crecimiento (29) del producto potencial. Una disminución en la tasa de crecimiento del producto potencial causa una caída en el producto interno bruto (12), sin embargo la reacción de la autoridad monetaria tiene un mayor efecto sobre el producto interno bruto que sobre el producto potencial. Entonces este resultado hace que la brecha del producto sea negativa, causando una disminución en la inflación (14) de modo tal que ésta tienda hacia la meta establecida por la autoridad monetaria (ver gráfico 6).

Si

$$\downarrow A_t^* \rightarrow \downarrow y_t^P \rightarrow \downarrow \Delta_4 y_t^P \rightarrow \downarrow \Delta_4 y_t \rightarrow \downarrow v_t \rightarrow \downarrow w_t$$

Pero en presencia de salarios rígidos:

$$\downarrow v_t > \downarrow w_t \rightarrow \uparrow z_t^P \rightarrow \uparrow \pi_t^B < \pi_t^*, \uparrow p_t^B$$

Entonces

$$\uparrow r_t \rightarrow \downarrow \Delta_4 y_{t+1} \rightarrow \downarrow y_{t+1}$$

y

$$\uparrow r_t \rightarrow \downarrow \Delta_4 \log I_t \rightarrow \downarrow \log I_t \rightarrow \downarrow k_{t+1} \rightarrow \downarrow y_{t+1}^P \downarrow \Delta_4 y_{t+1}^P \rightarrow \downarrow y_{t+1}$$

Por tanto

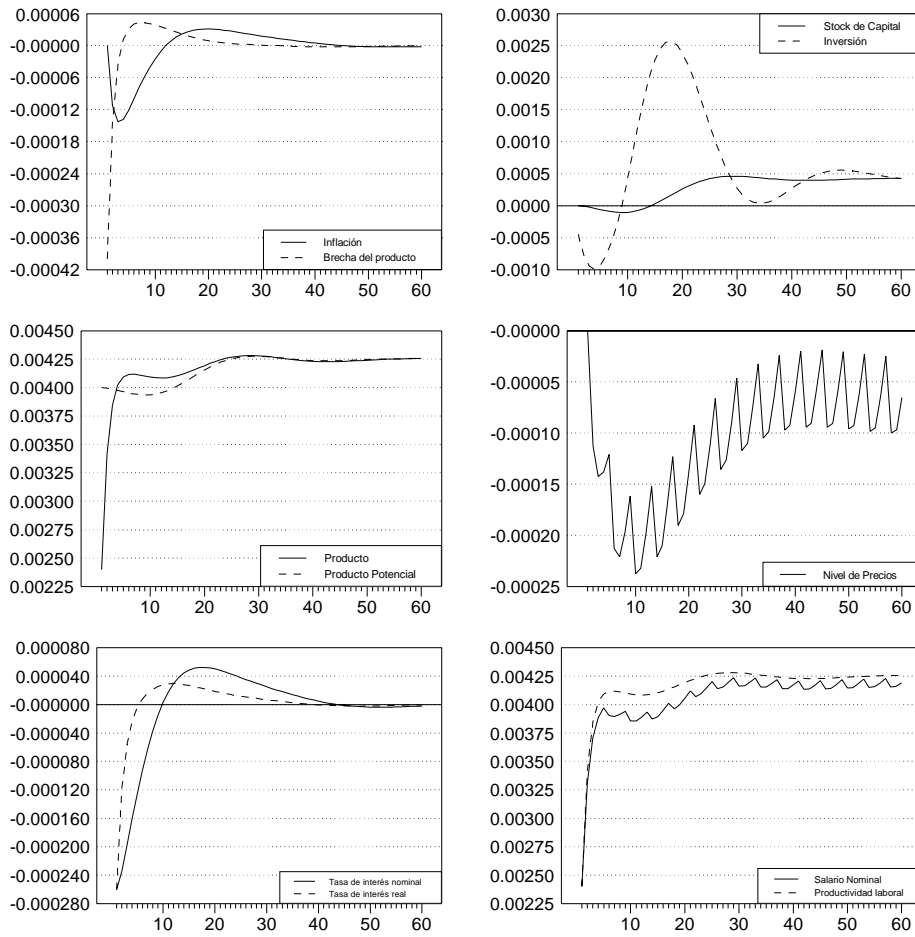


Figure 8: Un aumento permanente del 1% en la fuerza laboral

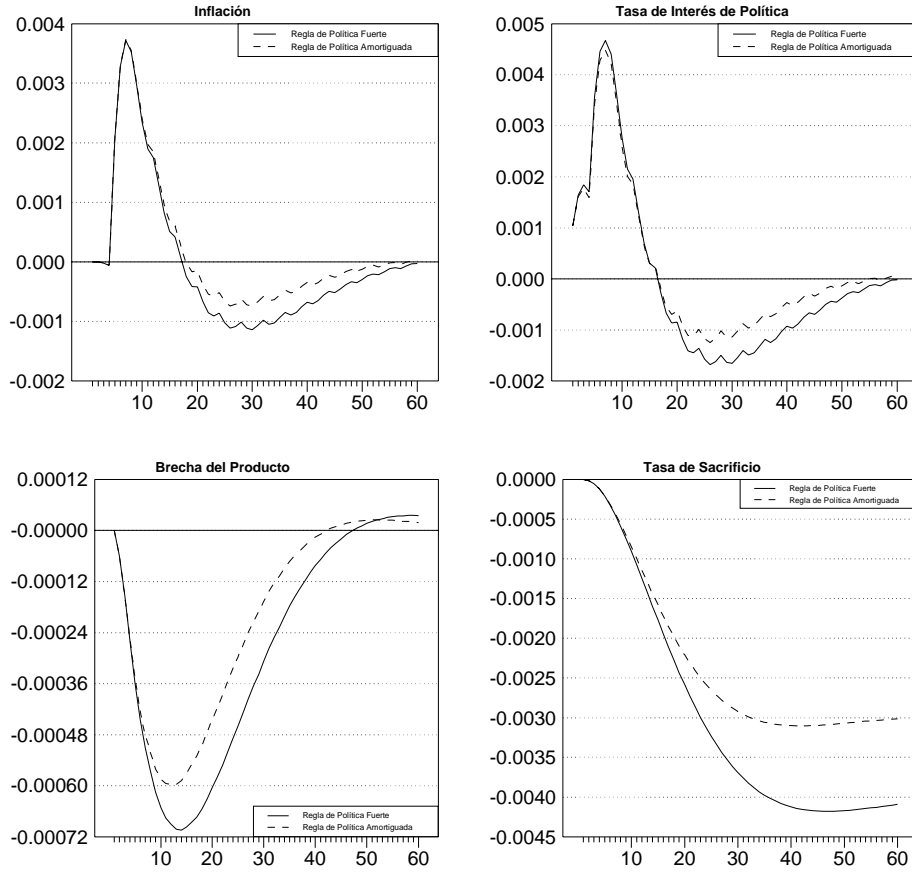


Figure 9: Un choque negativo a la tendencia de la productividad total de los factores

$$\downarrow y_{t+1} > \downarrow y_{t+1}^P \rightarrow z_{t+1}^Y < 0 \rightarrow \downarrow \pi_{t+1}$$

Si la autoridad monetaria reacciona ante este choque, utilizando la regla de política *fuerte* (26), la tasa de sacrificio es mayor que si hubiese utilizado una regla de política *amortiguada* como la expuesta en la ecuación (27), ya que al utilizar la segunda regla, la autoridad monetaria no solamente va a minimizar la pérdida de bienestar por desviaciones de la inflación de la meta, sino que también tendrá en cuenta en las desviaciones del producto interno bruto del producto potencial dentro de su problema de minimización (ver panel inferior del gráfico 9). Pero si el choque a la tendencia de la productividad total de los factores hubiese sido en sentido contrario, entonces la regla de política *amortiguada* no hubiese sido favorable porque esta regla hubiese presentado una menor ganancia en términos de producto que la regla de política fuerte.

## 5 Conclusiones



Análiticamente se ha logrado mostrar los mecanismos de transmisión de la política monetaria a través de los canales de oferta y demanda agregada.

Para ello se simularon choques transitorios y permanentes a la productividad total de los factores, choques a la tasa de interés de política y choques permanentes a la fuerza laboral.

De los choques anteriores se encontró que el efecto sobre la inflación de movimientos permanentes en productividad total de los factores son menores cuando hay una mayor flexibilidad en los salarios nominales. Por otro lado se demostró que la agresividad de la política monetaria depende del efecto que tienen los choques sobre la inflación. Ya que si un choque aumenta la inflación por encima de la meta, la autoridad debe aumentar moderadamente las tasas de interés causando una disminución en el producto pero con una tasa de sacrificio menor que si hubiese ejercido una política monetaria agresiva. Pero si el efecto de los choques sobre la inflación hubiesen sido en sentido contrario, la reacción de la autoridad monetaria debe ser agresiva, porque ante este choque la autoridad monetaria debe bajar las tasas de interés, lo cual aumenta el producto y genera ganancias en términos de sacrificio que si se hubiese ejercido una política monetaria moderada.

Por tanto hay que tener en cuenta que cuando una economía esta en recesión la regla de política fuerte es la más acertada para reactivar la economía y evitar que la inflación sobre cumpla la meta, debido al amplio efecto que tiene esta regla sobre la brecha del producto.

Finalmente este modelo puede complementarse con el Modelo de Mecanismos de Transmisión de la Política Monetaria (MMT) que actualmente utiliza el Banco de La República para el pronóstico central de inflación en Colombia. La razón subyace en que la lógica de transmisión de la política monetaria en cierta parte es la misma en ambos modelos, pero el MMT presenta una economía abierta sin el canal de transmisión de oferta agregada. Entonces al incluir este canal dentro del MMT se puede garantizar una mejor dinámica del comportamiento de la brecha del producto y lograr así una más acertada recomendación de política monetaria.

## References

- [1] Andersen, Torben (1998). “Staggered Wage-Setting and Output Persistence.” Working Paper, University of Aarhus, Denmark.
- [2] Ball, Laurence y Robert Moffit (2001). “Productivity Growth and The Phillips Curve.” *NBER working paper series 8421*.
- [3] Bergoing, Raphael; Kehoe, Patrick; Kehoe, Timothy J y Raimundo Soto (2002). “Policy Driven Productivity in Chile and Mexico in the 1980s and 1990s”.
- [4] Friedman, Milton (1957). “A Theory of the Consumption Function.” Princeton University Press.
- [5] Gali, Jordi y David Lopez (2000). “A New Phillips Curve for Spain.” Paper presentado en el XIII Simposio de Moneda y Crédito, Bank for International Settlements.
- [6] Gómez, Javier y Juan Manuel Julio (2000). “Transmission Mechanisms and Inflation Targeting: The Case of Colombia’s Disinflation.” Borradores Semanales de Economía No. 168. Banco de la República.
- [7] Gómez, Javier, José D. Uribe, José y Hernando Vargas (2002). “The Implementation of Inflation Targeting in Colombia.” Borradores Semanales de Economía No. 202. Banco de la República.

- [8]Hercowitz, Z y M. Sampton (1991). “Output Growth, the Real Wage and Employment Fluctuations.” *American Economic Review*, 81, pp 1215-1237.
- [9]Jorgeson, Dale y Kevin Stiroh (2000). “Raising the Speed Limit: US Economic Growth in the Information Age”. Brookings Papers on Economic Activity.
- [10]Long, John B y Charles Plosser (1983) “Real Business Cycles.” *Journal of Political Economy*, 91, pp 39-69.
- [11]Misas, Martha y Carlos E. Posada (2000). “Crecimiento y Ciclos Económicos en Colombia en el siglo XX: el aporte de un VAR estructural.” Borradores Semanales de Economía No. 155. Banco de la República.
- [12]Orphanides, Athanasios (1999). “The Quest for Prosperity Without Inflation.” Board of Governors of the Federal Reserve System.
- [13]Rotemberg, Julio y Michael Woodford (1999) “The Cyclical Behavior of Prices and Costs.” *Handbook of Macroeconomics*, Vol 1, pp 1051-1135.
- [14]Silbelberg, Eugene (2000). “The Structure of Economics.” A Mathematical Analysis. Mc Graw Hill, Third Edition.
- [15]Slevin, Geraldine (2001). “Potential Output and The Output Gap in Ireland.” Central Bank of Ireland Technical Paper Series.
- [16]Uribe, José Darío (1994). “Inflación y Crecimiento Económico en Colombia: 1951-1992.” Borradores Semanales de Economía. No. 1 Banco de la República.
- [17]Urrutia, Miguel (2002) “Una Visión Alternativa: La Política Monetaria y Cambiaria en la Última Década” Borradores Semanales de Economía. No. 207 Banco de la República.
- [18]Taylor, John B (1998). “An Historical Analysis of Monetary Policy Rules.” *NBER working paper series 6768*.

## Apéndice 1. Derivación del Largo Plazo de la Curva de -Phillips

El problema del productor es:

$$\max \Pi = PY - rK - wL \quad (33)$$

donde  $Y = f(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha}$

Donde  $\Pi$ , son los beneficios del productor y  $P$ , es el precio del producto. La condición de optimalidad del productor es:

$$\frac{w}{r} = \frac{f_L}{f_K} \quad (34)$$

La función de producción  $f(K, L)$  presenta rendimientos constantes a escala, entonces en el largo plazo (en equilibrio) el beneficio de las firmas debe ser igual a cero. Por tanto el *Mark Up* de las firmas debe ser igual a cero en el largo plazo:

$$P = C'(Y) \quad (35)$$

Por dualidad, en el óptimo es equivalente para el productor minimizar los costos que maximizar beneficios. Lo cual permite obtener esta interesante relación<sup>23</sup>:

$$\lambda^* = \frac{w}{f_L} = \frac{r}{f_K} = C'(Y) \quad (36)$$

Sustituyendo (36) en (35) se obtiene:

$$P = \frac{wL}{(1-\alpha)Y} \quad (37)$$

Tomando logaritmos a ambos lados de la ecuación (37):

$$p = w - l + y + (1 - \alpha) \quad (38)$$

Donde  $p = \log P$ ,  $l = \log L$ ,  $y = \log Y$

## Apéndice 2. Derivación de la Ecuación de Acumulación de Capital con Costos de Ajuste

Seguendo a Hercowitz y Sampton(1991) y Andersen(1998), puede demostrarse que la ecuación clásica de acumulación de inventarios:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (39)$$

Se puede expresar como:

$$\log K_{t+1} = (1 - \delta) \log K_t + \delta \log I_t \quad (40)$$

Entonces, tomando logaritmos a ambos lados de (39)

$$\log K_{t+1} = \log [(1 - \delta)K_t + I_t] \quad (41)$$

Se define la siguiente ecuación:

$$Z_t = \frac{I_t}{(1 - \delta)K_t} \quad (42)$$

Sustituyendo (42) en (41) :

$$\begin{aligned} \log K_{t+1} &= \log [(1 - \delta)K_t + Z_t(1 - \delta)K_t] \\ \log K_{t+1} &= \log [(1 - \delta)(1 + Z_t)K_t] \\ \log K_{t+1} &= \log(1 - \delta) + \log K_t + \log(1 + Z_t) \end{aligned} \quad (43)$$

Linealizando  $\log(1 + Z_t)$  alrededor de su estado estacionario  $\bar{Z}$  :

$$\log(1 + Z_t) \simeq \log(1 + \bar{Z}) + \left[ \frac{\partial \log(1 + Z_t)}{\partial \log Z_t} \right]_{Z_t=\bar{Z}} [\log Z_t] = \left[ \frac{\bar{Z}}{1 + \bar{Z}} \right] \log Z_t \quad (44)$$

En el estado estacionario  $K_t = K_{t-1} = K$  . Remplazando esta igualdad

<sup>23</sup>Ver Silbelberg (2000), pagina 205.

en (39) se tiene:

$$\delta K = I \quad (45)$$

Entonces:

$$\bar{Z} = \frac{I}{(1-\delta)K} = \frac{\delta}{1-\delta} \quad (46)$$

Remplazando (46) en (44)

$$\log(1 + Z_t) \simeq -\log(1 - \delta) + \delta \log Z_t \quad (47)$$

Sustituyendo (47) en (43)

$$\log K_{t+1} = \log(1 - \delta) + \log K_t - \log(1 - \delta) + \delta \log Z_t \quad (48)$$

y (42) en (48)

$$\log K_{t+1} = \log K_t + \delta [\log I_t - \log(1 - \delta) - \log K_t] \quad (49)$$

donde

$$\log K_{t+1} = (1 - \delta) \log K_t + \delta I_t - \delta \log(1 - \delta) \quad (50)$$

Para valores pequeños de  $\delta$ , se puede aproximar  $-\delta \log(1 - \delta) \approx 0$   
Y finalmente se obtiene:

$$\log K_{t+1} = (1 - \delta) \log K_t + \delta \log I_t \quad (51)$$