

# Relación Dinámica entre Tasa de Interés y Tipo de Cambio: Un Modelo de Simulación para Chile <sup>xx</sup>

Pamela Mellado Morales  
Banco Central de Chile

Abril 1999

## Abstract

Este trabajo presenta una simulación de la relación existente entre tasa de interés, tipo de cambio y activos externos netos para una economía abierta con sustituibilidad imperfecta de activos. Esto a través de un modelo dinámico simple que describe la relación temporal entre estas variables. Los principales resultados indican que una OMA contractiva permanente produce, en el largo plazo, una apreciación de la moneda doméstica y una disminución de los activos externos netos. Si la OMA es transitoria, el tipo de cambio se aprecia en el lapso de tiempo que tarda la economía en volver al estado estacionario inicial. Se observa además que los efectos financieros de la política monetaria sobrepasan a los reales. En ambos casos se produce una sobre-reacción inicial del tipo de cambio, la que es mayor cuando la OMA es permanente.

## 1 Introducción

El objetivo fundamental de la política monetaria en Chile es controlar el nivel de inflación, manteniendo la estabilidad macroeconómica. Para alcanzar este objetivo, la autoridad ha adoptado la tasa de interés real como su principal herramienta de

---

<sup>xx</sup> Agradezco los valiosos comentarios de Rodrigo Valdés y Klaus Schmidt Hebel, sin los cuales este trabajo no habría podido realizarse. Agradezco también los comentarios recibidos en un Seminario Interno del Banco Central de Chile. Este trabajo no representa de ninguna forma el pensamiento del Banco Central de Chile o de sus Consejeros.

Referencia de Investigación Económica Banco Central de Chile E-mail: pmellado@conduc.bcentral.cl

política. Luego, resulta fundamental contar con una herramienta que permita cuantificar los efectos dinámicos producidos por diversas opciones de política. En particular, será de gran utilidad cuantificar los efectos sobre la trayectoria de las variables en el tiempo y conocer cuánto se demora la economía en converger a su nivel de equilibrio de largo plazo.

Si se considera la relación entre tasa de interés y tipo de cambio, la literatura económica reconoce una relación inversa entre ambas cuando la economía es abierta e integrada al resto del mundo. Al existir movilidad de capitales, un aumento en la tasa de interés provocaría una acumulación de activos externos y una apreciación cambiaria tal que sea posible volver a alcanzar la condición de arbitraje internacional de tasas de interés. Diversos estudios que analizan económicamente la evidencia empírica concluyen, sin embargo, que no es posible respaldar esta relación teórica. En este sentido, el trabajo que a continuación se presenta tiene por objeto proveer de una herramienta alternativa a la económica en el estudio de relación entre tasa de interés y tipo de cambio, que consiste en simular un modelo económico que describa los hechos estilizados de una economía como la chilena. La hipótesis presentada es que existe un efecto dinámico negativo de la tasa de interés sobre el tipo de cambio.

El modelo propuesto en este trabajo es un simple condoscuaciones dinámicas. Dado que esta constituye la primera aproximación a esta metodología, el modelo es posteriormente linealizado en torno al estado estacionario, de modo de permitir su solución analítica y su posterior simulación. Del ejercicio se concluye que los efectos transitorios asociados a la política monetaria contractiva prevalecen sobre los reales. Es decir, el menor costo asociado a la política, y por lo tanto el menor déficit en cuenta corriente y los mayores activos internacionales netos se ve sobrepasado por el efecto del aumento en los pasivos intermedios netos producto de la mayor tasa de interés doméstica.

El trabajo está organizado como sigue. La sección 2 presenta el marco general en el estudio de la relación entre tasa de interés y tipo de cambio. En la sección 3 se presenta una breve descripción de las diversas alternativas de implementación de política monetaria cuando el objetivo final es mantener un nivel bajo de inflación. La sección 4 presenta el modelo que se utilizará en el análisis de la relación dinámica, y soluciona analíticamente las trayectorias de las variables en el tiempo al implementarse una política monetaria contractiva. El modelo escalibrado para la economía chilena en la sección 5. La sección 6 presenta los ejercicios de simulación realizados para la economía chilena, que consisten en la implementación de una política monetaria contractiva, tanto permanente como transitoria, a través de operaciones de

mercado abierto (OMA). Por último, en la sección 7 se presentan las conclusiones y recomendaciones finales.

## 2 Marco General

La relación teórica entre tasa de interés y tipo de cambio surge de los modelos de economía abierta más elementales. En este tipo de economías y arte la inexistencia de flujo de capitales, la tasa de interés presenta una relación inversa frente al gasto, a través de la inversión y el consumo. Una mayor tasa de interés contrae la demanda agregada, con lo cual disminuye el producto y posteriormente el ingreso disponible, afectando negativamente la demanda por importaciones. La mejora en cuenta corriente genera una abundancia de divisas y una caída en el tipo de cambio.

Si la economía es abierta y existe movilidad perfecta de capitales entre países, la tasa de interés queda determinada por la condición de paridad de tasas de interés. En este caso, si la tasa de interés excede a la determinada por la condición de paridad, y el tipo de cambio es fijo, se produce una entrada masiva de capitales extranjeros mientras se debe de cumplir la ecuación de arbitraje. Si el tipo de cambio es flexible, la imminente entrada de capitales provoca que el tipo de cambio se aprecie todo lo necesario en el periodo inicial, para permitir que se cumpla la condición de paridad de tasas de interés.

En el contexto de modelos económicos dinámicos, Dornbusch (1976) postula la existencia de "overshootings" en el comportamiento del tipo de cambio ante shocks de política monetaria. Por otro lado, en Blanchard y Fisher (1989) se desarrolla un modelo dinámico que permite analizar el comportamiento del tipo de cambio frente a una política monetaria expansiva. En el momento en que la cantidad de dinero aumenta, y estando tanto el producto como el nivel de precios fijos, el equilibrio en el mercado monetario sólo puede ser alcanzado si la tasa de interés doméstica disminuye. Esto produce una imponente salida de capitales con la consiguiente depreciación del tipo de cambio, tal que las expectativas de los agentes se ajusten para que se cumpla la condición de paridad de tasas. De este modo, el primer efecto sobre el tipo de cambio implica una sobre-reacción para luego ajustarse a lo largo del tiempo.

En Chile, la mantención de niveles sistemáticamente menores de inflación durante los años noventa, habría tenido como principal causa la existencia de un escenario propicio para dejar que el tipo de cambio real disminuyera en el tiempo. Rosenthal (1998) apunta a que es precisamente a través de los movimientos del tipo de cambio generados por variaciones en la tasa de interés que esta última variable impacta sobre

el objetivo intermedio de política del Instituto Emisor. De este modo, los incrementos realizados por el Banco Central a la tasa de interés real, provocarían un incremento en los precios de capitales lo que, presionando a la baja del tipo de cambio nominal, contribuiría a reducir la tasa de inflación. No obstante, este trabajo no presenta evidencia empírica que sustente sus aseveraciones.

Desde la perspectiva del Banco Central, el comportamiento del tipo de cambio real durante los últimos años se explicaría por ajustes cambiarios hacia el tipo de cambio de equilibrio. Esto dado que el dinamismo presentado por los volúmenes de exportaciones, junto a la mantención de déficit de cuenta corriente sustentados y con la caída de la deuda externa neta como porcentaje del PIB. Al respecto, Zahler (1997) señala que la apreciación real del peso durante los noventa, entorno al 4,5 por ciento anual, fue resultado de un proceso de equilibrio frente a los cambios estructurales que experimentaba la economía en los últimos años y no respondió a la manipulación del tipo de cambio por parte del BCCh para alcanzar artificialmente las metas de inflación.

Los estudios empíricos que analizan la relación entre la tasa de interés y el tipo de cambio real para Chile han sido escasos. En general, los trabajos que estudian los determinantes del tipo de cambio real se han centrado en el impacto de las variables de política fiscal (Arrau, Quiroz y Chumacero, 1992; Degregorio, 1995; Schmidt-Hebbel y Servén, 1995). Por otro lado, el estudio de los efectos de la política monetaria sobre esta variable macroeconómica ha sido prácticamente nulo. Una reciente excepción la constituye el trabajo de Valdés (1998), en donde se analizan los efectos de la política monetaria en Chile para el período comprendido entre enero 1985 y agosto de 1996, utilizando vectores autorregresivos semiestructurales. Sus resultados permiten concluir que las innovaciones en la tasa reajutable que maneja el Banco Central afectan negativamente y en forma significativa, tanto a la tasa de crecimiento del producto, medida a través del IMACEC (Índice Mensual de Actividad Económica), como a la brecha entre inflación efectiva e inflación esperada<sup>1</sup>. Sin embargo, en el caso del tipo de cambio real la evidencia empírica no se adecua a la teoría económica, ya que no es posible inferir modificación alguna en la trayectoria del tipo de cambio ante una política monetaria contractiva. De este modo, no se podría justificar que los menores niveles en el tipo de cambio real hayan sido consecuencia de las políticas de ajuste llevadas a cabo por el Banco Central para reducir la tasa de inflación<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Se asume que los agentes ajustan sus expectativas de acuerdo a la inflación meta anual anunciada por el Banco Central.

<sup>2</sup> En este sentido, cabe preguntarse si, en el caso chileno, el tipo de cambio es en realidad endógeno, o, por el contrario, existe una función de reacción de la autoridad monetaria que la hace intervenir.

### 3 Implementación de la Política Monetaria

La política monetaria en Chile es manejada directamente por el Banco Central (BCC). La misión del BCC es determinada por su ley orgánica constitucional, y se traduce básicamente en dos objetivos:

El primero, y más importante, se refiere a alcanzar la estabilidad de precios entendida como el logro de una tasa de inflación baja y estable, al nivel de los países desarrollados (Massad, 1998). En segundo lugar, se encuentra el normal funcionamiento de los pagos internos y externos lo que se asocia fundamentalmente a velar por el normal funcionamiento de la banca y la mantención de un déficit de cuenta corriente sostenible en el tiempo.<sup>3</sup>

Debido a que no es posible controlar directamente la inflación ya que sólo se ejerce un control indirecto sobre el nivel de precios, la política monetaria se ha orientado al cumplimiento de metas intermedias. Las variables intermedias que se han utilizado tradicionalmente son los agregados monetarios y el tipo de cambio nominal.

La utilización del primer tipo de variable intermedia no resulta conveniente en el caso chileno, debido a la inestabilidad que presenta la demanda por estos agregados. De hecho, la relación observada entre esta variable y el producto es bastante inestable en el tiempo, tal como lo muestran diversos estudios que concluyen que la velocidad de circulación no ha sido estable para Chile en los últimos años.

La segunda alternativa consiste en adoptar un régimen de tipo de cambio fijo, que tiene un alto potencial de manejo por parte de la autoridad. Este tipo de política fue llevado a cabo en Chile entre los años 1979 y 1982. Los beneficios de este sistema se asocian a que el alto grado de control que tiene la autoridad sobre el tipo de cambio le permitiría controlar el nivel de precios del sector transable, logrando que se comporte de acuerdo a la tendencia externa. Sin embargo, pueden existir también costos en términos de empleo y pérdida de competitividad si es que el tipo de cambio no corresponde al nivel de equilibrio de mediano y largo plazo. Además, si se considera la gran cantidad de shocks externos a los que se ve enfrentada la economía chilena, es posible decir la conveniencia de adoptar un mecanismo que otorgue mayor flexibilidad al tipo de cambio nominal, de modo de permitir que éste se comporte de acuerdo con las condiciones externas, entregando seriales sin distorsiones a los agentes económicos

---

en el mercado de divisas para mantener un valor preestablecido para el tipo de cambio. La segunda opción explicaría por qué la evidencia empírica parece no avalar la relación teórica entre tasa de interés y tipo de cambio.

<sup>3</sup>Para un análisis exhaustivo de las características de la política monetaria en Chile, ver Maggenzo (1997) y Massad (1998).

Dado que la inflación es la utilización de la meta de inflación anual como ancla nominal de la economía aparece como una buena alternativa en la implementación de la política monetaria. La meta de inflación es una señal explícita del objetivo de la política monetaria, que es emitida por la autoridad, buscando que los agentes actúen en su comportamiento de acuerdo a dicha meta. Para el cumplimiento de esta meta resulta fundamental que las variables que actúan como indicadores de la actividad económica entreguen la información adecuada.<sup>4</sup>

Las metas de inflación pueden implementarse a través de la fijación de una meta rango o de una meta punto. La primera opción permite enfrentar de mejor manera los shocks inesperados y acomodarse a shocks intermedios transitorios. Sin embargo, tiene la desventaja de que la señal entregada a los agentes económicos se vuelve menos clara, dejando así un mayor grado de discrecionalidad al comportamiento de la autoridad monetaria.

Lo anterior hace que este tipo de meta resulte adecuada para economías que han alcanzado sus niveles de inflación de largo plazo o bien para aquellas que enfrentan alto grado de incertidumbre. Esto porque la incertidumbre dificulta el logro de objetivos más estrictos comprometiendo la credibilidad de la autoridad monetaria. Para economías en transición, sin embargo, resulta más adecuado dar una señal más clara respecto tanto del nivel de largo plazo deseado como de la velocidad con que se pretende alcanzarlo.

Respecto del horizonte de la meta, una vez que se está en un nivel de inflación consistente con el de los países desarrollados, en general se opta por definir metas atemporales. En la transición, sin embargo, resulta conveniente definir metas de corto plazo que marquen la trayectoria hacia el objetivo último o de largo plazo.

Dado que la tasa de interés influye directamente sobre el nivel de gasto agregado, afectando así la brecha de producto, que es lo que endógenamente determina la evolución de la inflación, esta variable es la que permite instrumentalizar la política monetaria en Chile. De este modo, el ancla nominal es la inflación meta y la tasa de interés es fijada por el Banco Central de acuerdo a la meta inflacionaria que se desea alcanzar<sup>5</sup>.

El principal instrumento utilizado por el Banco Central lo constituye la tasa de interés interbancaria diaria, que corresponde al interés pagado por los préstamos que los bancos comerciales se otorgan entre sí, por espacio de un día o un fin de

<sup>4</sup> El cumplimiento de la meta está sujeto a que no existan rigideces o shocks exógenos que provoquen presiones sobre el nivel agregado de gasto

<sup>5</sup> En Chile se utilizan tasas de interés reales, debido a la alta indexación.

semana. El BCCCh anuncia el nivel objetivo para la tasa interbancaria, la cual es posteriormente controlada a través de operaciones de mercado abierto, utilizando repos y anti-repos y operaciones cambiarias de modo de mantenerla en un nivel que sea compatible con el objetivo inflacionario.

La liquidez del sistema financiero se regula a través de la licitación y pago del BCCCh, de modo de lograr que esta sea consistente con la tasa interbancaria meta. La compra (venta) de cupos y pago (pago) permite acomodar la liquidez bruta del sistema, ya que con este tipo de operaciones se inyecta (retira) dinero para siempre en la economía. Cuando las necesidades de liquidez son transitorias el ajuste se realiza a través de las operaciones de repo y anti-repo, que corresponden a compra (venta) de pagarés compacto de retro-compra (retro-venta). Es decir, el Banco Central inyecta (retira) liquidez del sistema transitoriamente, durante el periodo comprendido entre la realización de la transacción y el plazo en que esta expira.

Para permitir a los bancos comerciales cumplir con los requerimientos de encaje legal, o bien para depositar los excedentes que cuentan de su cuenta corriente a jornada, se han implementado las líneas de crédito y depósito de liquidez. La primera determina la tasa a la cual el BCCCh presta dinero a los bancos comerciales y la segunda, la tasa a la cual éstos pueden depositar sus excedentes en el BCCCh. Ambos instrumentos determinan una banda dentro de la cual fluctúa la tasa de interés interbancaria. El BCCCh debe velar también por que el efecto sobre las tasas a otros plazos sea coherente con la expansión de la oferta de dinero y con el nivel de las tasas de interés externas. Esta modalidad de política, desarrollada a partir de 1995, otorga un mayor rol al mercado en la determinación de las tasas a plazos mayores.

## 4 El Modelo

En esta sección se pretende modelar los hechos estilizados de una economía pequeña y abierta, con movilidad perfecta de capitales e imperfecta sustitución entre activos domésticos y externos a través de un modelo dinámico sencillo. La simplicidad del modelo permite su resolución analítica, facilitando el análisis de los efectos de la política implementada.

El modelo consta de dos ecuaciones diferenciales. Se asume el nivel de precios como numeraire de la economía, es decir  $P = P^e = 1$ , por lo tanto existe co-integración entre las variables nominales y reales. En la economía existen tres activos de dinero ( $M$ ), bonos públicos ( $B$ ) y activos externos netos del sector privado ( $F_p$ ).

$$i = i^{\alpha} + E^{\Delta e} + b_1 \frac{B}{W_p} \quad (1)$$

$$W_p = M + B + EF_p \quad (2)$$

La primera ecuación dinámica del sistema está dada por (1), y explicita la condición de paridad de cubierta de tasas de interés donde  $i$  es la tasa de interés nominal doméstica,  $i^{\alpha}$  es la tasa de interés nominal externa,  $E$  es el tipo de cambio nominal,  $E^{\Delta e}$  es la evaluación esperada,  $W_p$  es la riqueza del sector privado (ver ecuación 2) y  $\frac{B}{W_p}$  es la razón de bonos públicos domésticos a riqueza privada<sup>6</sup>. El último término de la ecuación representa el premio por riesgo que exigen los inversionistas por invertir en el mercado doméstico. Una mayor razón de bonos a riqueza privada determinará un mayor premio por riesgo exigido.

Para hallar el efecto de cambios en la tasa de interés doméstica sobre las variables endógenas es necesario endogenizar también el comportamiento de la cantidad de dinero, expresándolo en función de la tasa de interés. Como primera aproximación se considerará la condición de equilibrio en el mercado monetario, asumiendo que la demanda de dinero puede representarse como se muestra en (3).

$$\ln M = d + k \ln Y - hi \quad (3)$$

Donde  $M$  es la base monetaria real,  $Y$  el producto interno bruto real e  $i$  es la tasa de interés real.

A partir de (1), (2) y (3) puede obtenerse una ecuación dinámica de comportamiento para el tipo de cambio real:

$$\dot{E} = \left( i - i^{\alpha} - b_1 \frac{B}{B + EF_p + DY} \right) E \quad (4)$$

La segunda ecuación dinámica del sistema corresponde a la condición de equilibrio en balanza de pagos

$$F_p = a_1 E + a_2 i + a_3 g + a_4 W_p + i^{\alpha} F_p \quad (5)$$

La variable  $F_p$  representa la acumulación de activos externos netos del sector privado, es decir el déficit en cuenta de capitales. Los cuatro primeros términos del lado derecho son una aproximación de las exportaciones netas mientras que el último

<sup>6</sup>En rigor, la ecuación (1) proviene de la condición de equilibrio de un modelo de selección de activos.



El término correspondiente al pago de intereses derivado de la posesión de activos externos netos. Es el tipo de cambio nominal,  $i$  es la tasa de interés nominal doméstica,  $g$  es el gasto de gobierno que se destina a bienes transables. El coeficiente que mide el efecto de la tasa de interés ( $a_2$ ) es positivo, debido a que una mayor tasa contrae el gasto, mejorando el saldo en balanza comercial. El gasto de gobierno destinado a transables afecta negativamente el saldo en balanza comercial, debido a que constituye un aumento en la demanda agregada. La riqueza también tiene asociado un efecto negativo sobre la balanza comercial, ya que al aumentar el nivel de riqueza también aumenta la demanda por transables.

Incorporando a (5) las ecuaciones (2) y (3), obtenemos una ecuación dinámica para el comportamiento de los activos externos netos

$$\dot{F}_p = a_1 E + a_2 i + a_3 g + a_4 B + E F_p + D Y^{k_e i h_i} + i^m F_p \quad (6)$$

En un contexto de previsión perfecta, la evaluación esperada es equivalente a la evaluación efectiva, es decir  $E^e = E$ . Las ecuaciones (4) y (6) conforman el sistema dinámico que caracteriza el comportamiento de las variables endógenas  $E$  y  $F_p$ .<sup>7</sup>

No obstante la simplicidad del modelo anterior, existen términos no lineales en  $E$  y  $F_p$ . Esto requiere linealizar el sistema a través de una expansión de Taylor entorno al estado estacionario.

#### 4.1 Expansión de Taylor

El primer paso consiste en determinar los valores de las variables endógenas en estado estacionario, los cuales se obtienen resolviendo el sistema para  $E$  y  $F_p$  cuando  $\dot{E} = \dot{F}_p = 0$ . Estos valores son dados por:

$$\bar{E} = \frac{i \bar{B} + D Y^{k_e i h_i} (1 - i^m) + b_1 \bar{B}}{(1 - i^m) F_p} \quad (7)$$

$$\bar{F}_p = \frac{a_1 \bar{E} + a_2 i + a_3 g + a_4 (\bar{B} + D Y^{k_e i h_i})}{a_4 \bar{E} + i^m} \quad (8)$$

La aproximación de Taylor para el sistema correspondiente a:

<sup>7</sup>Cabe hacer notar que la simplicidad impuesta sobre el modelo excluye del análisis posterior hechos como la banda de rotación para el tipo de cambio, la existencia de una función de reacción de la autoridad monetaria al interior del mismo, y el encaje existente a los capitales extranjeros de corto plazo.

$$E = f(E; F_p; 0) \\ E = \frac{1}{4} f_{i^{\alpha}}^{i^{\alpha}; F_p; 0} + f_E^{i^{\alpha}; F_p; 0} E_i^{\alpha} + f_{F_p}^{i^{\alpha}; F_p; 0} F_{p i^{\alpha}} + f_0^{i^{\alpha}; F_p; 0} [0_i \ 0] \quad (9)$$

$$F_p = h(E; F_p; 0) \\ F_p = \frac{1}{4} h_{i^{\alpha}}^{i^{\alpha}; F_p; 0} + h_E^{i^{\alpha}; F_p; 0} E_i^{\alpha} + h_{F_p}^{i^{\alpha}; F_p; 0} F_{p i^{\alpha}} + h_0^{i^{\alpha}; F_p; 0} [0_i \ 0] \quad (10)$$

Donde  $\alpha$  incluye todas las variables exógenas del sistema, es decir,  $\alpha \in (i^{\alpha}; B; Y)$ . Las derivadas parciales correspondientes son:

$$f_E^{i^{\alpha}; F_p; 0} = \frac{\partial f}{\partial E_i^{\alpha}} = b_1 \frac{B^j}{W_p} + \frac{b_1 B^j}{W_p^2} F_p E^{\alpha} = \textcircled{1} \quad (11)$$

$$f_{F_p}^{i^{\alpha}; F_p; 0} = \frac{\partial f}{\partial F_{p i^{\alpha}}} = \frac{b_1 B^j}{W_p^2} E^{\alpha} = \textcircled{2} \quad (12)$$

$$f_i^{i^{\alpha}; F_p; 0} = E^{\alpha} \left( 1 + b_1 \frac{B^j}{W_p^2} i^{\alpha} h D Y^{k e i h i} \right) = \textcircled{3} \quad (13)$$

$$f_B^{i^{\alpha}; F_p; 0} = i^{\alpha} b_1 E^{\alpha} \frac{W_{p i} B^j}{W_p^2} = \textcircled{4} \quad (14)$$

$$f_{i^{\alpha}} = i^{\alpha} E^{\alpha} = \textcircled{5} \quad (15)$$

$$f_Y^{i^{\alpha}; F_p; 0} = E^{\alpha} b_1 \frac{B^j}{W_p^2} k D Y^{(k-1) e i h i} = \textcircled{6} \quad (16)$$

$$h_E^{i^{\alpha}; F_p; 0} = a_1 i^{\alpha} a_4 F_p = \textcircled{1} \quad (17)$$

$$h_{F_p}^{i^{\alpha}; F_p; 0} = i^{\alpha} i^{\alpha} a_4 E^{\alpha} = \textcircled{2} \quad (18)$$

$$h_i^{i^{\alpha}; F_p; 0} = a_2 + a_4 h D Y^{k e i h i} = \textcircled{3} \quad (19)$$

$$h_B \dot{E}; F_p; \dot{\theta} = \dot{a}_4 = -4 \quad (20)$$

$$h_{i^a} \dot{E}; F_p; \dot{\theta} = F_p = -5 \quad (21)$$

$$h_Y \dot{E}; F_p; \dot{\theta} = \dot{a}_4 \text{KDY}^{(k_i-1)} e^{i h i} = -6 \quad (22)$$

$$\dot{\theta}_0 = \dot{a}_1 \dot{E} + \dot{a}_2 F_p + \dot{a}_3 \dot{I} + \dot{a}_4 \dot{B} + \dot{a}_5 \dot{I}^a + \dot{a}_6 \dot{Y} \quad (23)$$

$$\dot{\theta}_0 = \dot{a}_1 \dot{E} + \dot{a}_2 F_p + \dot{a}_3 \dot{I} + \dot{a}_4 \dot{B} + \dot{a}_5 \dot{I}^a + \dot{a}_6 \dot{Y} \quad (24)$$

Con lo que el sistema linealizado estará dado por:

$$\dot{E} = \begin{matrix} \dot{a}_1 & \dot{a}_2 \\ -1 & -2 \end{matrix} E + \begin{matrix} \dot{a}_3 \dot{I} + \dot{a}_4 \dot{B} + \dot{a}_5 \dot{I}^a + \dot{a}_6 \dot{Y} \\ -3 \dot{I} + -4 \dot{B} + -5 \dot{I}^a + -6 \dot{Y} \end{matrix} + \begin{matrix} \dot{a}_0 \\ -0 \end{matrix} \quad (25)$$

En adelante, denotaremos como A a la matriz que acompaña a las variables en el operador del sistema. Es decir:

$$A = \begin{matrix} \dot{a}_1 & \dot{a}_2 \\ -1 & -2 \end{matrix} \quad (26)$$

Los signos esperados para los parámetros se presentan en la tabla (1). Considerando que en el caso chileno, los activos externos netos son negativos, se procederá a explicar la racionalidad de los signos asociados a los parámetros en este contexto.

En la curva E, un aumento en  $F_p$  hace aumentar la riqueza del sector privado, con lo que, para un mismo nivel de B, disminuye el premio por riesgo exigido y se espera  $\dot{E} \hat{A} 0$ ; siendo el signo asociado al parámetro  $\dot{a}_2$  es negativo. Por otro lado, un aumento en E genera un efecto negativo sobre la riqueza, dado que  $F_p$  es negativo, el premio por riesgo aumenta,  $\dot{E}$  disminuye y el signo asociado a  $\dot{a}_1$  es negativo.

En el caso de la curva  $F_p$ , un mayor nivel de activos externos netos aumenta la riqueza, con lo que la cuenta corriente se deteriora, produciendo una disminución de activos externos netos, es decir  $F_p \hat{A} 0$  y  $\dot{a}_2$  es negativo. Por otro lado, si sube E, existiendo efectos que se complementan entre sí. Primero, un mayor nivel de E tiene un efecto positivo sobre las exportaciones netas. Segundo, disminuye la riqueza privada, afectando de forma positiva la acumulación de activos externos netos, es decir  $F_p \hat{A} 0$  y  $\dot{a}_1$  es positivo.

Parámetro	$\dot{F}_p > 0$	$\dot{F}_p < 0$
$\alpha_1$	i	+
$\alpha_2$	+	+
$\alpha_3$	+	+
$\alpha_4$	incerto	incerto
$\alpha_5$	i	i
$\alpha_0$	i	+
$\beta_1$	+	+
$\beta_2$	i	i
$\beta_3$	+	+
$\beta_4$	i	i
$\beta_5$	i	i
$\beta_0$	i	i

Table 1: Signos esperados

De acuerdo a lo anterior es posible representar gráficamente el sistema en cuestión. Las leyes de movimiento del sistema conlleva la característica representativa de silla de montar, donde solo existe una trayectoria que converge al estado estacionario<sup>8</sup>. Solo cuando las variables en los ejes se mueven sobre la curva SS de la figura 1A., el sistema converge al estado estacionario.

## 4.2 Resolución del Sistema Dinámico

El sistema dinámico representado por la ecuación (2.5) corresponde a uno lineal, de primer orden y primer grado. La ecuación característica de dicho sistema está dada por<sup>9</sup>:

$$r^2 + (\alpha_1 + \beta_2)r + (\alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1) = 0 \quad (2.7)$$

Las raíces de la ecuación característica representan los valores propios del sistema, y corresponden a:

$$r_i = \frac{1}{2} \left[ -(\alpha_1 + \beta_2) \pm \sqrt{(\alpha_1 + \beta_2)^2 - 4(\alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1)} \right] \quad (2.8)$$

<sup>8</sup> Es importante considerar que para permitir que el sistema tenga una trayectoria estable, es necesario que la pendiente asociada a la curva  $E = 0$  sea mayor que la asociada a  $F = 0$ : De otro modo, la solución correspondiente a un nodo.

<sup>9</sup> Para un análisis detallado de los métodos de solución de sistemas dinámicos lineales, ver Chiang (1987), Ostfeld y Rogg (1996), Turnovsky (1995), Beavis y Dobb (1990).

Para que el sistema tenga la característica trayectoria de silla de montar se requiere  $r_1 > 0, r_2 < 0$ .

Finalmente, la solución del sistema está dada por:

$$E = \dot{E} + v_{11}B_1e^{r_1t} + v_{12}B_2e^{r_2t} \quad (29)$$

$$F_p = \dot{F}_p + v_{21}B_1e^{r_1t} + v_{22}B_2e^{r_2t} \quad (30)$$

Donde  $B_1$  y  $B_2$  son constantes arbitrarias que dependen de las condiciones iniciales de  $E$  y  $F_p$ : Los coeficientes  $v_{ij}$  que acompañan a los dos últimos términos de (30) y (31), corresponden a los elementos del vector propio asociado a la raíz  $j$ , así como a la ecuación característica del sistema.

La solución anterior es equivalente a:

$$E = \dot{E} + A_1e^{r_1t} + A_2e^{r_2t} \quad (31)$$

$$F_p = \dot{F}_p + \frac{v_{21}}{v_{11}}A_1e^{r_1t} + \frac{v_{22}}{v_{12}}A_2e^{r_2t} \quad (32)$$

Dado que los  $v_{ij}$  corresponden a los vectores propios de la matriz  $A$ , es posible demostrar que:

$$\frac{v_{21}}{v_{11}} = \frac{-r_1}{r_1 - r_2} = \frac{r_1 - r_2}{r_2} \quad (33)$$

$$\frac{v_{22}}{v_{12}} = \frac{-r_1}{r_2 - r_1} = \frac{r_2 - r_1}{r_1} \quad (34)$$

Para que el sistema converja al equilibrio de estado estacionario, dado por  $\dot{F}_p$  y  $\dot{E}$ ; es necesario que la constante asociada a la raíz positiva del sistema sea cero, ya que sólo así las variables en sí convergen a su valor de estado estacionario a medida que transcurre el tiempo. Si la constante  $A_2$  es distinta de cero, el sistema se aleja del equilibrio de estado estacionario a medida que transcurre el tiempo.

La curva que relaciona a las variables en sí con el tiempo cuando  $A_2$  es cero se denomina brazo estable de la trayectoria de silla de montar, y su expresión analítica se obtiene a partir de las ecuaciones (32) y (31) y está dada por (35).

$$E - \dot{E} = \frac{v_{11}}{v_{21}} F_p - \dot{F}_p \quad (35)$$

La pendiente de la ecuación (35) es de signo ambiguo, de acuerdo a las restricciones impuestas anteriormente al valor de los parámetros y depende de la magnitud relativa

de los elementos del vector propio asociado a la raíz negativa del sistema, que a su vez depende de los elementos de la matriz A en la ecuación (33).

Si la pendiente de la ecuación (35) es negativa, puede afirmarse que el sistema se comporta correctamente, de acuerdo al análisis gráfico realizado en la sección anterior. Es decir, existe un brazo estable que nos conduce al estado estacionario.<sup>10</sup>

### 4.3 Dinámica Comparativa

En esta sección se analizarán los efectos de distintos shocks de política ocurridos en el período  $t$ , sobre las variables endógenas del sistema.

#### 4.3.1 Operación de Mercado Abierto Contractiva Permanente

Una operación de mercado abierto (OMA) expansiva (contractiva) es aquella que se implementa a través de la emisión (retiro) de dinero, respaldado con la compra (venta) de bonos públicos con lo que se mantiene constante el nivel de riqueza, es decir

$$\Delta M = \int h D y^{k_i h_i} \Delta i = \Delta B \quad (36)$$

Dado que tanto la tasa de interés como la cantidad de bonos aumenta, mientras que la riqueza se mantiene constante, se produce un aumento en la razón de bonos a riqueza total, con lo que aumenta también el premio por riesgo exigido por los agentes. De la ecuación (4) se desprende que, dependiendo de si el cambio en el premio por riesgo es menor o mayor que el cambio en la tasa de interés se tendrá una depreciación o apreciación esperada, respectivamente.

De (25) y las derivaciones para cada uno de sus parámetros puede obtenerse los desplazamientos en las curvas de fase, ocasionados por la ejecución de la política monetaria. Por otro lado, según lo especificado en la ecuación (36), es posible derivar el desplazamiento de las líneas de fase ante la política.

$$\Delta E = E \left[ \Delta i \left( b_1 \frac{E}{W_p} \right) \Delta B \right] > 0 \quad (37)$$

$$\Delta F_p = a_2 \Delta i > 0 \quad (38)$$

<sup>10</sup> En esta sección se asume que la pendiente asociada al brazo estable del sistema es negativa, lo que es posteriormente validado en la calibración del modelo.

La ecuación (37) muestra el desplazamiento de la curva  $E=0$ : El primer término corresponde al efecto directo ocasionado por el alza de tasas de interés sobre la condición de paridad. Al subir la tasa de interés ceteris paribus se debería producir una devaluación que neutralice por completo el efecto del alza. El segundo término corresponde al efecto indirecto por el aumento en el premio por riesgo. Al aumentar la cantidad de bonos domésticos manteniendo el nivel de riqueza constante, aumenta el premio por riesgo, compensando el efecto inicial del alza de tasas de interés. Podría darse que el premio por riesgo aumente más que la tasa de interés con lo que se esperaría  $\hat{E} < 0$ , y el tipo de cambio subiría en impacto.

Para efectos de este análisis se supone el efecto neto positivo, es decir, la magnitud del efecto directo del aumento de la tasa de interés sobre el tipo de cambio, excede al efecto indirecto vía aumento del premio por riesgo, con lo que se esperaría  $\hat{E} > 0$  y una caída en impacto<sup>11</sup>. Dado que producto de la política se tiene que en el equilibrio inicial  $\hat{E} > 0$ , para volver al equilibrio se requiere que aumente la razón  $\frac{B}{W_P}$ , es decir, que  $F_p$  aumente para cualquier valor de  $E$  o bien que  $E$  suba para todo valor de  $F_p$ . Por lo tanto, la curva  $E=0$  se desplaza hacia la izquierda.

La ecuación (38) muestra el desplazamiento de la curva  $F_T=0$ . Su signo es positivo debido a que un aumento en la tasa de interés manteniendo constante tanto el nivel de riqueza como el resto de las variables del sistema, tiene efectos contractivos sobre el gasto, mejorando la balanza comercial, y produciendo una acumulación de activos externos netos ( $F_T > 0$ ). Dado que producto de la política  $F_T > 0$ , para reestablecer el equilibrio en la balanza de pagos es necesario que  $F_p$  aumente para cualquier valor de  $E$  o bien que  $E$  disminuya para cualquier valor de  $F_p$ . La curva  $F_T=0$  se desplaza hacia la derecha.

Como se desprende de la Figura 2A, en el nuevo estado estacionario, el efecto sobre el tipo de cambio y el volumen de activos externos netos es negativo. En el periodo cero (cuando la política se realiza), el tipo de cambio se ajusta instantáneamente, ubicándose sobre el brazo estable del nuevo sistema (punto A'). El aumento en la tasa de interés genera una apreciación instantánea del tipo de cambio. En el periodo inicial, el tipo de cambio salta por debajo del valor de largo plazo (dado por la curva  $F_T=0$ ), con lo que se produce una desacumulación de activos externos netos (superavit de cuenta de capital). Esto porque la caída del tipo de cambio hace aumentar la riqueza del sector privado (dado  $F_p < 0$ ), empeorando la balanza comercial y aumentando los pasivos externos netos (o disminuyen los activos) hasta alcanzar el nuevo nivel

<sup>11</sup> La simulación posterior del modelo muestra que, efectivamente, en el caso analizado el efecto neto es positivo.

de equilibrio del tipo de cambio. Mientras los activos internacionales netos caen, la riqueza disminuye, el premio por riesgo aumenta y el tipo de cambio converge al nuevo estado estacionario, es decir, su variación temporal se hace cada vez más pequeña.

Dado que con la política implementada sólo se altera el valor de las variables consideradas como exógenas, tanto los valores propios ( $r_i$ ) como los vectores propios ( $v_{ij}$ ) del sistema dinámico no cambian, alterándose sólo el valor de las constantes arbitrarias. La nueva solución del sistema será:

$$E = \bar{E} + v_{11} A_1^0 e^{r_1 t} + v_{12} A_2^0 e^{r_2 t} \quad (39)$$

$$F_p = \bar{F}_p + v_{21} A_1^0 e^{r_1 t} + v_{22} A_2^0 e^{r_2 t} \quad (40)$$

Nuevamente asumimos que la constante asociada a la raíz positiva es cero, es decir  $A_2^0 = 0$ .  $\bar{F}_p$  y  $\bar{E}$  son los nuevos valores de estado estacionario de las variables endógenas. La ecuación para el brazo estable en la nueva especificación es (41).

$$\dot{E} - \bar{E} = \frac{v_{11}}{v_{21}} (\bar{F}_p - \bar{F}_p) \quad (41)$$

En el período  $t_0$  es el tipo de cambio el que se ajusta de inmediato al shock de política, mientras que los activos externos netos se mantienen constantes, es decir

$$(F_p)_{t_0} = \bar{F}_p \quad (42)$$

El valor del tipo de cambio en  $t_0$  está dado por:

$$E_{t_0} = \frac{v_{11}}{v_{21}} (\bar{F}_p - \bar{F}_p) + \bar{E} \quad (43)$$

Las ecuaciones (42) y (43) constituyen los valores iniciales para estudiar el comportamiento del segundo sistema. Si se considera para efectos del análisis  $t_0 = 0$  y  $A_2^0 = 0$ , es decir, que nos centramos sobre el brazo estable del nuevo sistema, es posible derivar el valor de la constante arbitraria asociada al valor propio negativo ( $r_1$ ), a partir de (39), (40), (41), (42) y (43). De este modo, se obtienen las ecuaciones de comportamiento para el tipo de cambio y los activos internacionales netos que corresponden a (44) y (45). Tal como puede verse en estas últimas ecuaciones el comportamiento temporal de las variables endógenas depende del signo de  $\bar{F}_p - \bar{F}_p$ , y del coeficiente  $\frac{v_{11}}{v_{21}}$ , en el caso de  $E(t)$ .



$$E(t) = E^0 + \frac{V_{11} - i}{V_{21}} (F_p^1 - F_p^0) e^{r_1 t} \quad (44)$$

$$F_p(t) = F_p^0 + (F_p^1 - F_p^0) e^{r_1 t} \quad (45)$$

Dado que los activos externos netos disminuyen en el nuevo estado estacionario, se tiene  $F_p^1 - F_p^0 > 0$ . De (43) y (44) se desprende que el tipo de cambio en el periodo  $t$  cae por debajo de su nuevo nivel de estado estacionario, representado por  $E^0$ , convergiendo a medida que transurre el tiempo. Es decir se produce una sobre apreciación del tipo de cambio en el corto plazo.

Tal como se desprende de (45), los activos externos netos van cayendo lentamente a medida que transurre el tiempo hasta converger a  $F^0$ . En la figura 3A se grafican las trayectorias de las variables en el tiempo del sistema.

#### 4.3.2 Operación de Mercado Abierto Contractiva Transitoria

En este caso, la autoridad aumenta la tasa de interés por un periodo de tiempo conocido, para después retornar al nivel original. Este tipo de política es la más relevante para análisis debido a que es la única factible de implementar en términos reales. Una alza permanente en las tasas de interés por encima de las tasas de interés en el resto del mundo no es sostenible en forma permanente.

Sea  $t_1$  el periodo en que comienza la política transitoria y  $t_2$  el periodo en el que termina. En el periodo transcurrido entre  $t_1$  y  $t_2$ , la dinámica que rige el comportamiento de las variables en el tiempo será dada por las ecuaciones (39) y (40), que corresponden a la solución del sistema que considera los nuevos valores de las variables exógenas (ver ecuación 36). Una vez finalizada la política, el sistema retoma su comportamiento dinámico original que está dado por las ecuaciones (31) y (32). En la figura 4A se grafican los desplazamientos transitorios de las curvas y las leyes de movimiento para  $E$ .

Cabe hacer notar que mientras dure la política, las variables endógenas no se ubican en el brazo estable del nuevo sistema. Esto debido a que la dinámica debe ser tal, que sólo una vez finalizada la política transitoria, las variables endógenas se deban ubicar sobre el brazo estable del sistema original, haciendo posible así la convergencia al estado estacionario.

De este modo, existirá un nivel de  $E$  en el periodo  $t_1$  (al cual denominaremos  $E_{t_1}^0$ ) que permitirá que en el periodo  $t_2$  se alcance nuevamente el brazo estable del sistema original y por lo tanto la convergencia. Este salto inicial en el tipo de cambio

es menor que el asociado a la política permanente, y su magnitud debe ser tal que permita alcanzar el brazo estable una vez realizada la política.

La manera analítica de encontrar este nivel de  $E$  consiste en que, dado el valor de  $F_p$  en el periodo  $t_0$  y la condición de que en  $t_1$  los valores de las variables sean iguales bajo ambos sistemas, es posible hallar un valor para las constantes  $A_1^0$ ,  $A_2^0$  y  $A_1$ , que permita caracterizar el comportamiento de las variables durante el periodo de interés.

El resultado correspondiente a:

$$E = E^0 + v_{11}A_1^0 e^{r_1 t} + v_{12}A_2^0 e^{r_2 t} \quad (46)$$

$$F_p = F_p^0 + v_{21}A_1^0 e^{r_1 t} + v_{22}A_2^0 e^{r_2 t} \quad (47)$$

para  $t_0 = t = t_1$ : Con las constantes determinadas como:

$$A_2^0 = e^{i r_2 t} \alpha \frac{v_{22}}{v_{21}} i \frac{v_{12}}{v_{11}} e^{-i t} \frac{E^0 - E^1}{v_{11}} i \frac{F_p^0 - F_p^1}{v_{21}} \quad (48)$$

$$A_1^0 = \frac{i v_{22} A_2^0 + F_p^0 - F_p^1}{v_{21}} \quad (49)$$

Para el periodo  $t_0 = t_1$ ; la solución del sistema correspondiente a:

$$E = E^1 + v_{11}A_1 e^{r_1 t} \quad (50)$$

$$F_p = F_p^1 + v_{21}A_1 e^{r_1 t} \quad (51)$$

con  $A_1$  determinada como:

$$A_1 = A_1^0 + \frac{e^{i r_1 t}}{v_{11}} E^0 - E^1 + v_{12} A_2^0 e^{i r_2 t} \quad (52)$$

La trayectoria de las variables se presenta en la figura 5A.

## 5 Calibración del Sistema Dinámico Lineal

Una vez solucionado analíticamente el modelo, corresponde calibrarlo de acuerdo a la realidad chilena. Dado que los parámetros son conocidos y las pendientes y las ecuaciones diferenciales utilizadas, resulta difícil el su obtención de trabajos empíricos ya que en estos se estiman, en general, elasticidades y no pendientes.

Parámetros	
$b_1$	0:50
$a_1$	0:10
$a_2$	0:50
$a_3$	0:25
$a_4$	0:04

Table 2: Parámetros del Modelo Original

Parámetros	
D	0:03
k	1:16
h	0:12

Table 3: Demanda de Dinero

Para lograr una mejor aproximación a los parámetros se optó por medir las variables de interés en unidad estadounidense PIB. Por otro lado, debido a que se asumió que los precios internos y externos serían constantes e iguales a uno, el medir las variables en términos reales es indiferente si se utilizan unidades racionales o extranjeras.

Una vez obtenido el estado estacionario, se procedió a obtener el valor de los parámetros del sistema linealizado, que dependen tanto de los parámetros del sistema original, como de los valores de largo plazo de las variables endógenas. Los parámetros así obtenidos resultaron tener los signos esperados, acorde con el desarrollo analítico del modelo (ver tablas 2 y 3). De esta manera, se está en condiciones de simular el modelo propuesto en este trabajo.

El parámetro  $b_1$  en la tabla (2) mide cuánto cambia el premio por riesgo ante cambios en la razón  $\frac{B}{W_p}$ . Este parámetro no tiene un valor teórico ni empírico preciso, y corresponde al parámetro libre del sistema. Como primera aproximación se utilizaron estimaciones realizadas al interior de la División de Estudios del Banco Central de Chile.

El parámetro  $a_1$  representa la sensibilidad del saldo en cuenta corriente medido en unidades de PIB ante cambios en el tipo de cambio real, y su valor se obtuvo a partir de una estimación VAR para la elasticidad precio de exportaciones e importaciones realizada en Valdés (1998, mimeo),  $a_2$  representa el efecto de la tasa de interés doméstica sobre el saldo en cuenta corriente, y su valor se obtuvo de Valdés (1998),  $a_3$  mide el efecto del gasto de gobierno sobre cuenta corriente, y su valor se estimó en torno a 0.25 de acuerdo a De Gregorio (1995). Finalmente,  $a_4$  corresponde al efecto

Variable	Valor (%)
r	6:00
$r \alpha$	3:50
B = Y	27:20
M = Y	4:48
$F_p = Y$	40:65
E	1:00

Table 4: Valores de Estado Estacionario

de un aumento en la riqueza privada sobre el saldo en cuenta corriente. Su valor se determinó de acuerdo al modelo de Perpetual Youth, planteado en Blanchard y Fisher (1987). En este modelo se argumenta que el porcentaje de la riqueza que los agentes destinan a consumo corriente corresponde a la suma de la tasa de interés de largo plazo más la probabilidad de muerte de cada uno. Asumiendo un valor de tasa de interés de largo plazo de 6%, y una probabilidad de muerte promedio de 2%<sup>12</sup>, el porcentaje de riqueza destinado a consumo en cada periodo asciende a 8%. De acuerdo a De Gregorio (1995), la mitad del consumo se estima a no transables con lo que el valor de  $a_4$  se estima en 4%:

La Tabla(3) presenta los valores para los parámetros de la demanda de dinero utilizada, que corresponde a  $\ln M = d + k \ln Y$ ;  $h_i$ : Sus valores se obtuvieron a partir de estimaciones de la División de Estudios del Banco Central de Chile.

A partir de los valores anteriores se calculó el valor de estado estacionario de las variables en las figuras E y  $F_p$ . Los resultados se presentan en la Tabla(4).

Posteriormente se obtuvo el valor de los parámetros del sistema linealizado (ver ecuación (25)), resultando todos ellos con signos acorde a los esperados a partir de la resolución analítica. Los resultados se presentan en la Tabla(5).

Finalmente, se corroboró que las pendientes de las líneas de fase y el brazo estable del sistema resultaran acorde con el marco analítico. Nuevamente los resultados fueron favorables según se observa en la Tabla(6).

<sup>12</sup>Esta probabilidad se obtiene considerando una esperanza de vida de 70 años, y que la vida laboral comienza a los 20 años. De lo anterior se deriva que la esperanza de vida promedio es de 50 años, con lo que la probabilidad de muerte es  $50^{-1}$ , es decir 2%.

Parámetros	
$\textcircled{R}_1$	i 7:12 3
$\textcircled{R}_2$	0:176
$\textcircled{R}_3$	0:991
$\textcircled{R}_4$	0:2 33
$\textcircled{R}_5$	i 1:000
$\textcircled{R}_0$	5:429
- 1	1:718
- 2	i 0:005
- 3	0:500
- 4	i 0:040
- 5	i 0:404
- 0	i 2:410

Table 5: Parámetros Sistema Linealizado

Curva	valor de la pendiente	signo esperado
$E=0$	0:025	positivo
$F_p=0$	0:004	positivo
brazo estable	i 4:20	negativo

Table 6: pendientes

OM A Permanente (%)	(%)
impacto sobre E (%)	-83.52
impacto sobre X N (%)	-6.12
valor promedio de E <sup>(est)</sup>	0.92
valor promedio de E	1.00
valor promedio de X N	0.49
Velocidad de convergencia	1.50

Table 7: Efectos de una OM A permanente

## 6 Simulación del modelo

### 6.1 Efectos de una OM A contractiva permanente

En esta sección se entregan los resultados de una simulación para una OM A contractiva permanente, como la especificada en la sección de ese nombre. En particular, se considera un aumento de 1 punto base en la tasa de interés doméstica.<sup>13</sup>

La tabla (7) resume los principales resultados para el ejercicio, considerando un valor de 0.5 para el parámetro  $b_1$ <sup>14</sup>.

En primer lugar, tal como se especifica en el enfoque analítico de dicha política, al aumentar la tasa de interés se produce un efecto impacto negativo sobre el tipo de cambio, que lo ubica por debajo de su nivel en el nuevo estado estacionario<sup>15</sup>. La Figura (1) muestra la evolución del tipo de cambio. El efecto impacto es negativo, de modo de compensar el alza en la tasa de interés. Tal como se describiera en la parte analítica, el tipo de cambio salta por debajo de su nivel de equilibrio de largo plazo, de manera de generar las expectativas de devaluación necesarias para que se cumpla la paridad de tasas de interés (es decir, para ubicarse sobre la nueva curva  $E=0$ ). Posteriormente, el tipo de cambio aumenta hasta que la devaluación es cero, con lo que el aumento en la tasa de interés es compensado completamente con un aumento en el premio por riesgo exigido a los activos domésticos.

En el nuevo estado estacionario E es menor, lo que significa que los efectos -

<sup>13</sup>La magnitud es baja debido a que el modelo está linealizado en torno al estado estacionario.

<sup>14</sup>Es importante advertir la dificultad para aislar el efecto de este parámetro sobre las variables endógenas, debido a que la linealización efectuada sobre el sistema se realiza en torno del estado estacionario y por lo tanto cualquier alteración en los parámetros originales que afecte los valores de estado estacionario, cambia los parámetros y soluciones del modelo linealizado.

<sup>15</sup>Este resultado valida el supuesto inicial, respecto de que el efecto directo de la política (una tasa de interés), supera al efecto inducido sobre el premio por riesgo. De este modo, se espera una devaluación, y el tipo de cambio cae en impacto.

ranjeros han sobrepasado a los reales. Es decir, el superávit en cuenta de capitales ha ejercido una presión negativa para el tipo de cambio que supera el efecto positivo derivado del mejoramiento de la cuenta corriente. Además se observa que, a partir de la implementación de la política, el valor promedio del tipo de cambio es menor que su nivel inicial, es decir, se ha apreciado como consecuencia de la política.

La caída en el tipo de cambio tiene un efecto inicial negativo sobre la acumulación de activos externos netos debido a la caída en las exportaciones netas y al aumento del gasto privado en transables. La evolución de los activos internacionales netos se muestra en la figura (2). Dado que el efecto total sobre  $F_p$  es negativo, se deduce que los efectos ranjeros y la política contractiva prevalecen sobre los reales. Es decir, el alza en la tasa de interés provoca una apreciación cambiaria que a su vez genera un deterioro en cuenta corriente y un superávit en cuenta de capital (de acumulación de activos externos netos), que más que compensa el efecto directo de dicha alza sobre el gasto del sector privado. Este resultado contradice la intuición económica, en el sentido de que el alza de tasas debería provocar una contracción del gasto privado que permitiera mejorar el saldo de balanza comercial. La modificación del encaje existente a la entrada de capital podría ayudar en la solución de este problema, al regular el impacto del sector ranjero sobre los nuevos valores de estado estacionario.

La figura (4) muestra la acumulación de activos externos netos a través del tiempo. Puede apreciarse que una vez que cae el tipo de cambio,  $F_p$  alcanza su valor más negativo, tal como se desprendería de la figura 2A. A medida que el tiempo transurre, la acumulación de activos disminuye, convergiendo lentamente hacia el nuevo estado estacionario.

En la figura (5), se observa la evolución de  $E$ . Puede verse que en  $t_0 = 0$ ,  $E$  es negativo debido al salto inicial en  $E$ , para hacerse positivo a partir del periodo 1.  $E$  presenta a partir de entonces una trayectoria decreciente hasta converger al nuevo estado estacionario.

La figura (6), muestra la evolución de las exportaciones netas que corresponden al saldo en cuenta de capital (o acumulación de activos externos netos) menos el pago de intereses por dichos activos. Formalmente, las exportaciones netas corresponden a:

$$X_N = F_p j - i^* F_p \quad (53)$$

Puede verse que  $X_N$  aumenta debido a que  $F_p$  va aumentando en el tiempo (se hace cada vez menos negativo, para llegar a 0 cuando el sistema converge al nuevo estado estacionario), y  $F_p$  se hace cada vez más negativo. En el nuevo estado esta-

OM A Permanente	$b_1 = 1:5$
impacto sobre E (%)	45:57
impacto sobre X N (%)	5:5
valor promedio de E	1:34
valor promedio de X N	0:7
Velocidad de convergencia	3:50

Table 8: Efectos de una OM A permanente

cionario, las exportaciones netas son mayores debido a que  $F_p$  se hace más negativo y, por lo tanto, para un mismo nivel de tipo de cambio, el gasto se reduce para permitir el pago de los intereses derivados de la deuda con el exterior.

Tal como se señaló en la sección anterior, el parámetro asociado al premio por riesgo ( $b_1$ ) no ha sido estimado para Chile, por lo que se procedió a realizar el ejercicio para un valor de  $b_1$  igual a 1:5. Los resultados se presentan en la tabla (??).

La velocidad de convergencia mide cuánto se demora la variable de interés en recorrer la mitad del trayecto entre el salto inicial y el nuevo estado estacionario. Vemos que la velocidad de convergencia es mayor cuanto  $b_1$  es mayor, es decir, mientras menor es el grado de sustituibilidad entre activos, más se demora el sistema en alcanzar el nuevo estado estacionario.

De las tablas (??) y (??), se desprende que a menor  $b_1$ , mayor es la apreciación inicial del tipo de cambio. Este resultado corrobora tanto la teoría como la intuición económica. Esta nos indica que, mientras  $b_1$  es menor, la sustituibilidad entre activos es mayor y por lo tanto, la apreciación inicial (undershooting) debería ser mayor para compensar el efecto del alza en la tasa de interés. Cuando  $b_1$  es mayor que cero, la OM A provoca un aumento en el premio por riesgo que contrarresta el efecto negativo sobre el tipo de cambio, disminuyendo el efecto impacto sobre E (ver ecuación (4)).

Respecto de la evidencia empírica, en McNeil y Schmidt-Hebbel (1993), se estima un modelo dinámico de dos sectores para comparar los procesos de liberalización financiera de Chile y Nueva Zelanda. Se concluye que un mayor grado de apertura (o análogamente, un mayor grado de sustitución entre activos domésticos y externos) está positivamente correlacionado con la sensibilidad del tipo de cambio real, ante cambios en las variables fundamentales de la economía. Este resultado es consistente con el encontrado en la simulación realizada en este trabajo.



## 6.2 Efectos de una OMA contractiva transitoria.

Para este ejercicio se considera un aumento de 1 punto base en la tasa de interés doméstica.

En este caso, se asumió un valor de 0,5 para  $b_1$  y se analizaron los efectos para políticas de duración de seis meses y dos años.

En la figura (8) se observa la trayectoria de  $E$ . Tal como se anticipa en el enfoque analítico, el primer efecto sobre  $E$  es una sobreapreciación hacia un nivel inferior al del nuevo estado estacionario. Una vez efectuada la política, opera la dinámica del segundo sistema, por lo tanto, dado que  $E$  está por debajo del nivel que se requiere para que se cumpla la paridad de tasas de interés existen expectativas de devaluación. El tipo de cambio aumenta de modo de alcanzar el artículo brazo estable del sistema, una vez que se acaba la política, y así convergen hacia el artículo estado estacionario. La figura (11) muestra la evolución de  $E$ . Tal como se desprende del marco analítico, el tipo de cambio alcanza su valor más alto una vez que termina la política transitoria, en el momento preciso en que conecta con el brazo estable del sistema original (ver figura 5A).

Es importante hacer notar que el efecto impacto sobre  $E$  debe ser tal, que una vez terminada la política las variables endógenas se hallen sobre el artículo brazo estable. De no ser así, los agentes económicos anticiparían que el tipo de cambio debería reaccionar bruscamente, una vez terminada la política, originando oportunidad para realizar ganancias de capital. Esta información llevaría a los agentes a anticipar lo más posible dichas ganancias de tal forma de conducir al sistema hacia la solución original para el salto en  $E$ : El efecto, si se comparan los resultados para el efecto impacto sobre el tipo de cambio, derivados de la implementación de políticas permanentes y transitoria (seis meses), puede observarse que éstos corresponden a -83,50 y 1,56, respectivamente (ver tablas 7 y 9).

En las figuras (9) y (10) se observa la trayectoria de los activos externos netos y la acumulación de activos mientras la política se realiza, los activos externos netos caen hasta alcanzar el artículo brazo estable, para luego converger hacia el artículo estado estacionario. Este resultado es crítico al obtenerlo del enfoque analítico (ver figura 5A).

En la figura (12) se presenta la evolución de las exportaciones netas observando que éstas replican el comportamiento de  $F_p$  en la trayectoria hacia el estado estacionario. La Tabla (9) resume los principales resultados. De ahí se desprende que, mientras mayor sea la duración de la política, mayor es el efecto instantáneo sobre  $E$ . En el límite, cuando  $t_{i-1}$ , el salto inicial sería el mismo que el encontrado para

OM A Transitoria	$t_1 = 0.5$	$t_1 = 2$
impacto sobre E (%)	1:56	6:20
impacto sobre X N	0:23	1:07
valor promedio de E	0:996	0:996
valor inicial de E	1	1
valor promedio de X N	1:416	1:416
valor inicial de X N	1:4159	1:4159
velocidad de convergencia	1:01	1:02

Table 9: Efectos de una OM A transitoria

la OM A permanente.

Además, el tipo de cambio promedio, medido desde cuando la política se implementa hasta que el sistema converge, tiene un valor menor al del estado estacionario inicial. Esto es a pesar que existe un lapso de tiempo en que el tipo de cambio sobrepasa al antiguo valor de estado estacionario, este efecto no permite contrarrestar el efecto de la apreciación del tipo de cambio.

## 7 Conclusiones y Recomendaciones

La relación entre tasa de interés doméstica y tipo de cambio surge directamente de la literatura teórica, tanto en el análisis estático como en el dinámico. Sin embargo, los estudios empíricos de dicha relación no son concluyentes respecto de su validez.

A través de este trabajo se pretendió motivar una metodología alternativa a la económica, para el estudio de la relación entre ambas variables en un contexto dinámico. La metodología introducida permite simular los efectos de la aplicación de una política monetaria contractiva implementada por el Banco Central, sobre las variables en la cuenta de la economía, en este caso el tipo de cambio y los activos externos netos.

Cabe hacer notar que, en virtud de hacer posible una solución analítica del problema, se optó por utilizar un sistema dinámico de ecuaciones las cuales fueron linealizadas entorno al estado estacionario de la economía. Si bien esta modelación adolece de múltiples deficiencias debido a la simplicidad impuesta sobre las ecuaciones de comportamiento, permite entregar una primera aproximación en la utilización de un modelo de simulación para hallar los efectos de la política monetaria sobre el tipo de cambio.

El modelo construido fue calibrado con los parámetros que caracterizan a la

economía chilena, para posteriormente efectuar una simulación de los efectos de una política monetaria contractiva, implementada a través de una operación de mercado abierto (OMA). A continuación se presentan las principales conclusiones respecto a los resultados encontrados.

## 7.1 Respecto de los Resultados

Para una OMA contractiva de carácter permanente, se halló que el efecto de largo plazo sobre las variables endógenas es negativo. Es decir, una alza de la tasa de interés produce, en el largo plazo, una depreciación de la moneda doméstica y unos activos externos netos menores. Este hecho muestra que, en el contexto de este modelo, los efectos financieros de la política monetaria prevalecen sobre los reales. Es decir, el alza en la tasa de interés provoca un superávit de cuenta de capitales (déficit de cuenta corriente) que neutraliza por completo el mejoramiento en la balanza comercial producto del efecto contractivo sobre el gasto. Este resultado podría deberse a que no se ha modelado el rol del endeudamiento a los capitales extranjeros en la ecuación de paridad de tasas.

El efecto financiero se debe a que una alza en la tasa de interés produce una acumulación de pasivos externos (disminución de los activos externos) en la trayectoria al nuevo estado estacionario, con lo que se obtienen menores activos externos netos y un menor nivel de tipo de cambio. El efecto real corresponde al mejoramiento en la balanza comercial, asociado a la política contractiva. Esto se traduce en una acumulación de activos externos y un mejoramiento en el nivel de tipo de cambio.

El efecto impacto sobre el tipo de cambio es negativo (sobrepresión), produciendo una depreciación del mismo en la trayectoria al nuevo estado estacionario. Además se encontró que el tamaño del salto inicial en el tipo de cambio está relacionado negativamente con el valor del parámetro asociado al premio por riesgo ( $b_1$ ). Esto es a mayor grado de sustitución entre activos (menor  $b_1$ ), el efecto impacto sobre el tipo de cambio es mayor, ya que el aumento en las tasas de interés debe ser compensado por la apreciación en impacto del tipo de cambio, reduciendo el rol del aumento en el premio por riesgo. En este trabajo, los resultados muestran que la apreciación inicial del tipo de cambio corresponde a -83.5% para  $b_1 = 0.5$  y a -45.57% para  $b_1 = 1.5$ , frente a una alza de un punto base en la tasa de interés doméstica. Si bien las magnitudes parecen exageradas al compararlas con la evidencia empírica, cabe destacar que la teoría indica que para  $b_1 = 0$ , la apreciación inicial sería nula.

Si la OMA es transitoria, el tipo de cambio reacciona menos que en el caso anterior, debido a que el salto debe ser tal que, cuando la política termine, el tipo de cambio

vuelva al sistema original, convergiendo nuevamente al antiguo estado estacionario. El tipo de cambio promedio se aprecia como resultado de la política, y el efecto es mayor a medida que aumenta la duración de la política contractiva. Los valores en porcentajes para la apreciación inicial corresponden a  $-1.6\%$  y  $-6.2\%$  para una política transitoria de seis meses y una política de duración de dos años, respectivamente.

Los resultados anteriores resultan intuitivos, aunque habría que esperar que para el caso chileno, los efectos reales superaran los financieros debido a la existencia de un encaje a la entrada de capitales especulativos. Sin embargo, este hecho no es capturado por el modelo. Además, se esperaba que para menores valores de  $b_1$ , el salto inicial en el tipo de cambio fuera mayor, reflejando así la mayor sustituibilidad entre activos. El modelo arroja precisamente este resultado.

Respecto a la velocidad de convergencia, definida como el número de periodos que se demora el sistema en recorrer la mitad de la distancia que lo aleja del estado estacionario, se halla que para la OMA permanente, la velocidad alcanza a 1.5 periodos para  $b_1 = 0.5$  y 3.5 periodos para  $b_1 = 1.5$ . Es decir, a medida que existe un mayor grado de sustitución, menos se demora el sistema en alcanzar el nuevo estado estacionario.

Para la OMA transitoria, la velocidad de convergencia es mayor mientras menor duración tenga la política, sin embargo, puede verse que dicha disminución es menos que proporcional. De hecho, la velocidad de convergencia es de 1 periodo para una política que dura seis meses y de 1.5 periodos cuando la política se extiende por dos años.

Las exportaciones netas aumentan respecto al valor inicial para el caso de la OMA permanente. Esto refleja el hecho que generalmente predomina el efecto negativo sobre el gasto, a pesar de la caída en el tipo de cambio. En el caso de la OMA transitoria, las exportaciones netas vuelven a su valor original, aunque el valor promedio de las mismas es levemente superior al valor inicial durante el periodo de implementación de la política y hasta su convergencia al estado estacionario.

## 7.2 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones para continuar con este trabajo, se hace necesario introducir alguna función de reacción que capture el comportamiento de la autoridad monetaria ante shocks de política que pueden alterar el comportamiento del tipo de cambio. Esta consideración es de gran importancia, ya que la existencia y modelación de la función de reacción podría explicar la aparentemente nula evidencia empírica de los efectos de cambios en la tasa de interés sobre el tipo de cambio real.

En segundo lugar, resulta fundamental la modelación explícita del funcionamiento del sector financiero de la economía. Esto podría implementarse a través de un modelo de portafolio, que permita comprender de mejor manera el comportamiento del premio por riesgo.

En tercer lugar, la modelación del entorpe selectivo a los movimientos de capital, permitiría mejorar el efecto financiero de la política, dejando mayor espacio para los efectos reales.

Cuarto, resulta importante abandonar el supuesto de linealidad, de manera de permitir una mejor modelación de las relaciones macroeconómicas. Dado que este trabajo constituye el primer esfuerzo para este tipo de metodología, el supuesto de linealidad adoptado, permitió una mejor comprensión del funcionamiento del modelo. Sin embargo, la aproximación lineal adolece de múltiples limitaciones tanto en lo que se refiere a la modelación como en la interpretación de los resultados. Al adoptar una linealización en torno del estado estacionario, los resultados de la simulación son válidos sólo en la medida que sean pequeños. De ahí, que se analizara un cambio de sólo un punto base en la tasa de interés. La simulación del sistema sin realizar una expansión de Taylor otorgaría mayor libertad, en cuanto a la magnitud de las políticas implementadas.

Quinto, para posteriores desarrollos, resultaría conveniente estimar los parámetros del modelo a utilizar. En este trabajo se optó por utilizar parámetros estimados en otros estudios debido a las limitaciones de tiempo y recursos existentes para el cálculo de los mismos. Sin embargo, la estimación posterior del modelo permitiría contar con resultados más sólidos de los acordados con la modelación impuesta para la economía.

## 8 Referencias

### Referencias

- [1] Beavis B. y I. Dobb (1990). Optimization and Stability Theory for Economic Analysis Cambridge University Press
- Blanchard, O. y R. Fisher (1989). Lectures on Macroeconomics MIT Press, Cambridge, MA
- Branson W. y D. Henderson (1985). The Specification and Influence of Asset Markets' en Handbook of International Economics vol. II, Jones and Keren editores

- Cukierman, A. (1992). *Central Bank Behavior, Credibility, and Independence: Theory and Evidence*. Cambridge, Mass, E.E.U.U.: MIT Press
- Chiang, A. (1987). *Metodos Fundamentales de Economía Matemática*. McGraw-Hill.
- De Gregorio, J. (1995). "Determinantes del Tipo de Cambio Real", en F. Morandi y R. Vergara (eds). *Análisis Empírico del Tipo de Cambio Real en Chile*. Centro de Estudios Públicos, Harvard University
- De Gregorio, J. (1996). "Inflación, Crecimiento y Bancos Centrales: Teoría y Evidencia Empírica". *Estudios Públicos* 62: 29-76
- Dornbusch, R. (1976). "Expectations and Exchange Rate Dynamics", *Journal of Political Economy* 84, 1161-1176.
- Fisher, S. (1995). "Central-Bank Independence Revisited". *American Economic Review* 85(2): 201-6.
- Kamien, M. y N.L. Schwartz (1981). *Dynamic Optimization: The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management*. North Holland.
- Magaloz, I. (1997). "La Política Monetaria en Chile en la Década de los Noventa: Objetivos, Herramientas e Indicadores", *Serie de Estudios Económicos* N°41, Banco Central de Chile.
- Masera, C. (1998). "La política monetaria en Chile", *Revista Económica Chilena*, por aparecer.
- McNelis P. y K. Schmidt-Hebbel (1993). "Financial Liberalization and Adjustment: the cases of Chile and New Zealand". *Journal of International Money and Finance* (1993), 12: 249-277.
- Obstfeld, M. y K. Rogoff (1996). *Foundations of International Macroeconomics*. MIT Press, Cambridge, M.A.
- Rosenle, Francisco (1998): "Política Monetaria en Chile en los 90's Un Ejercicio No Neutral", mimeo, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Schmidt-Hebbel, K. (1995). "Ajuste Fiscal y Tipo de Cambio bajo Expectativas Racionales en Chile", en F. Morandi y R. Vergara (eds), *Análisis Empírico del Tipo de Cambio en Chile*, Centro de Estudios Públicos, Harvard University
- Schmidt-Hebbel, K. (1996). "Tasa de interés, tipo de cambio y política del Banco Central", mimeo Banco Central de Chile.

Turnovsky, S. J. (1995). *Method of Macroeconomic Dynamics* MIT Press, Cambridge, M. A.

Valdes R. (1998). "Transición de Política Monetaria en Chile", por aparecer en *Cuadernos de Economía*, Universidad Católica de Chile.

Zahler, R. (1997): "La Política Macroeconómica de Chile en los Años Noventa: La Visión del Banco Central", Documento de Trabajo, Comisión de Investigación Económica para América Latina.

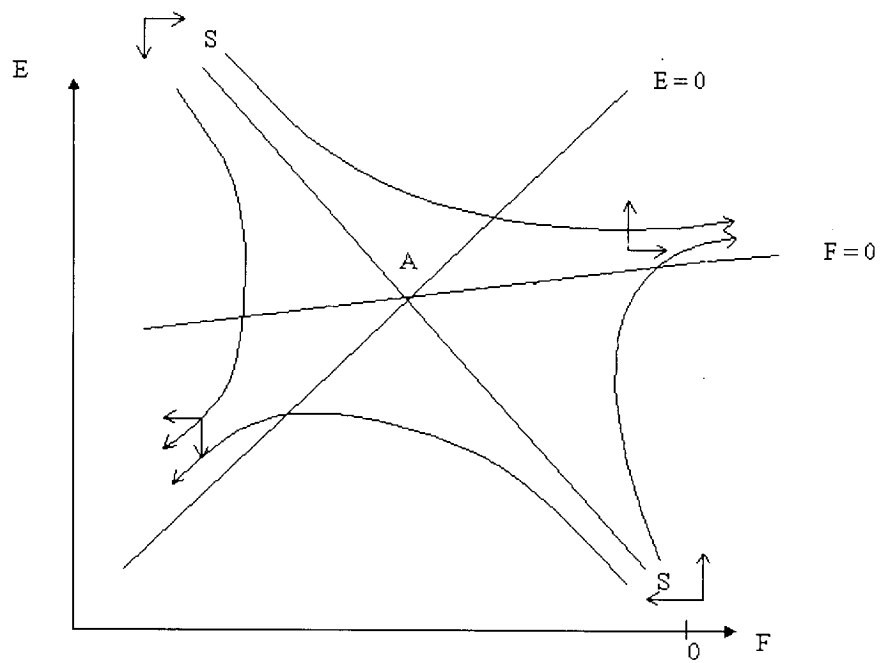


Figura 1A: Modelo Linealizado

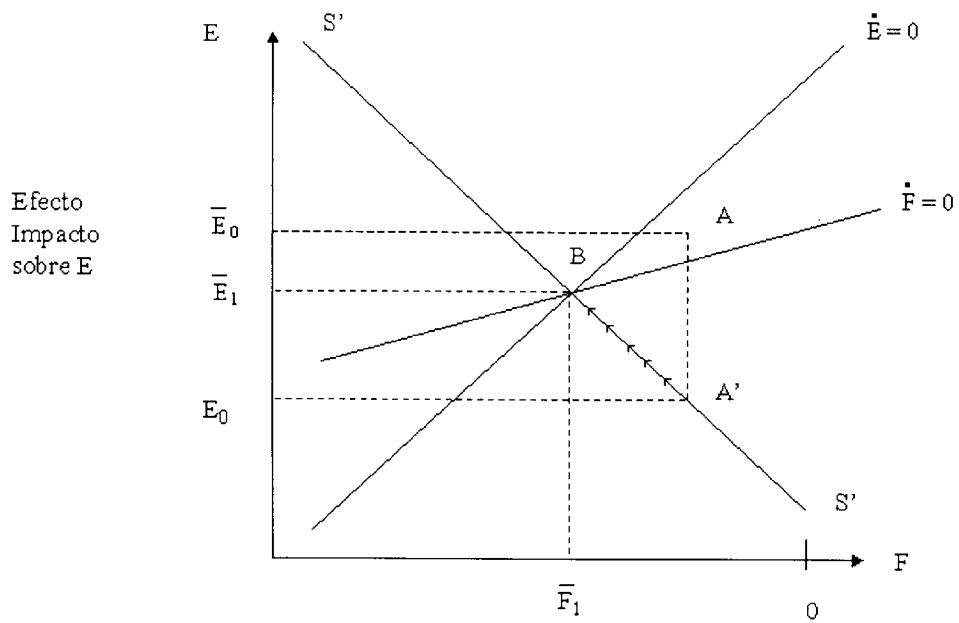


Figura 2A: Onda Contractiva Permanente



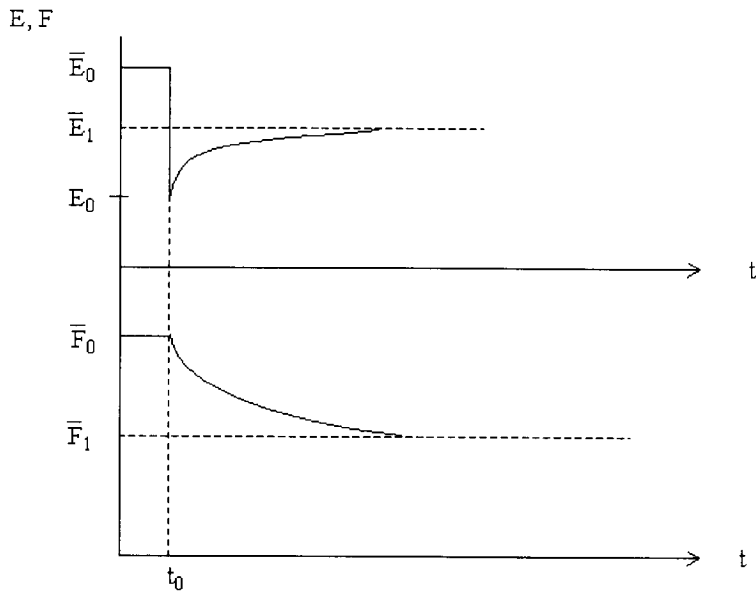


Figura 3A: Trayectorias de E y Fp para una OMA contractiva permanente.

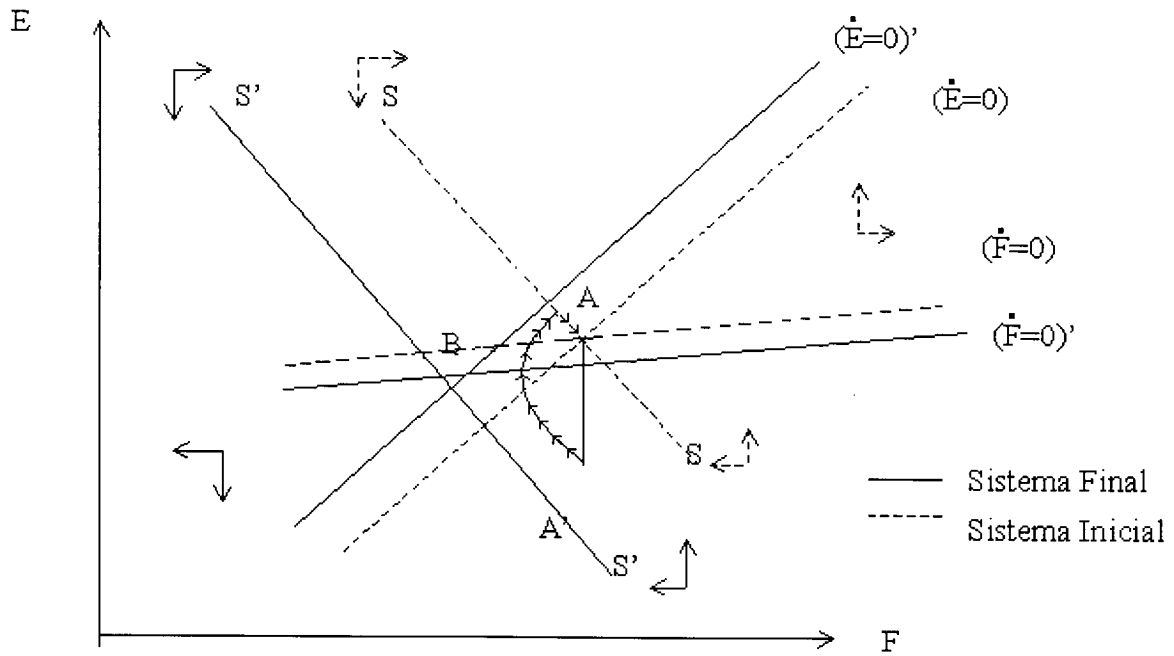


Figura 4A: OMA Contractiva Transitoria

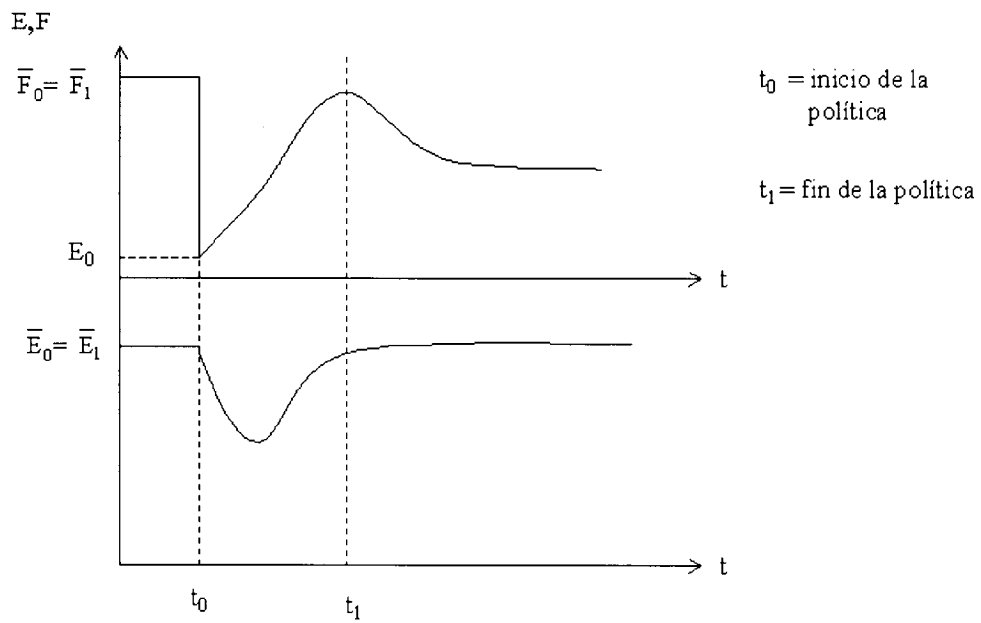
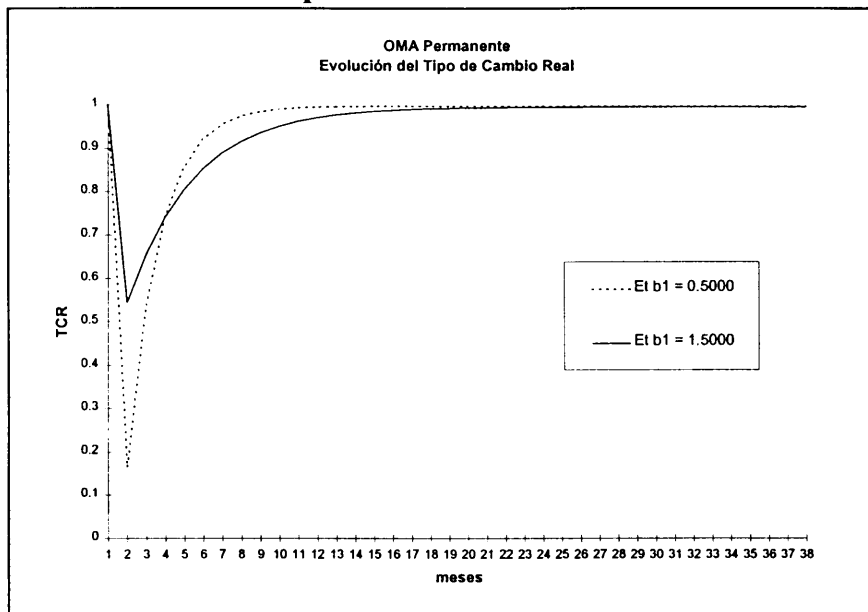
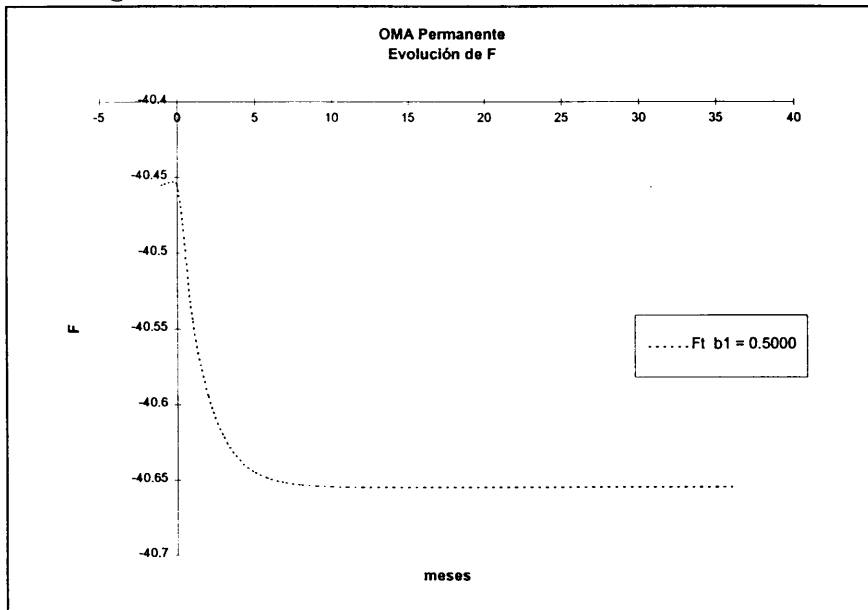


Figura 5A: Trayectorias de E y  $F_p$  para una OMA Contractiva Transitoria.

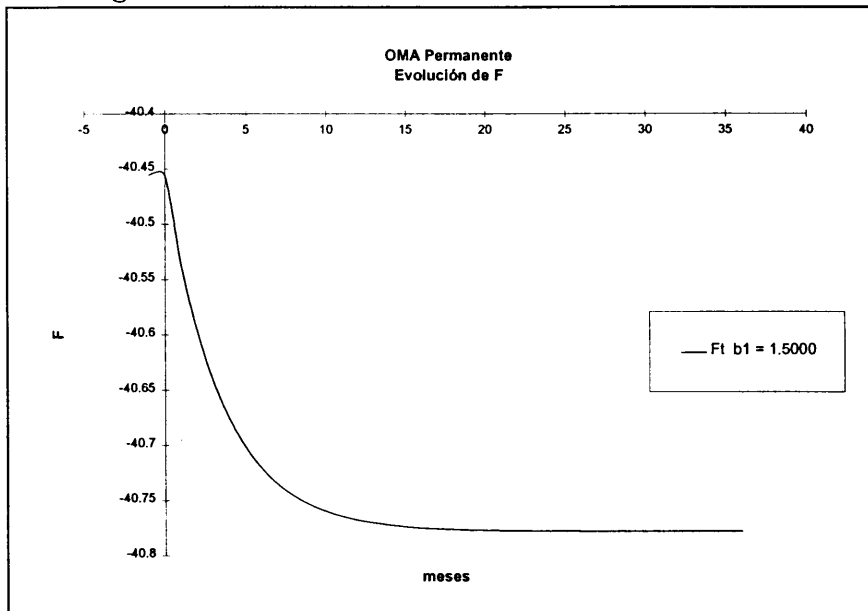
**Figura 1: Evolución del Tipo de Cambio Real ante una OMA Permanente**



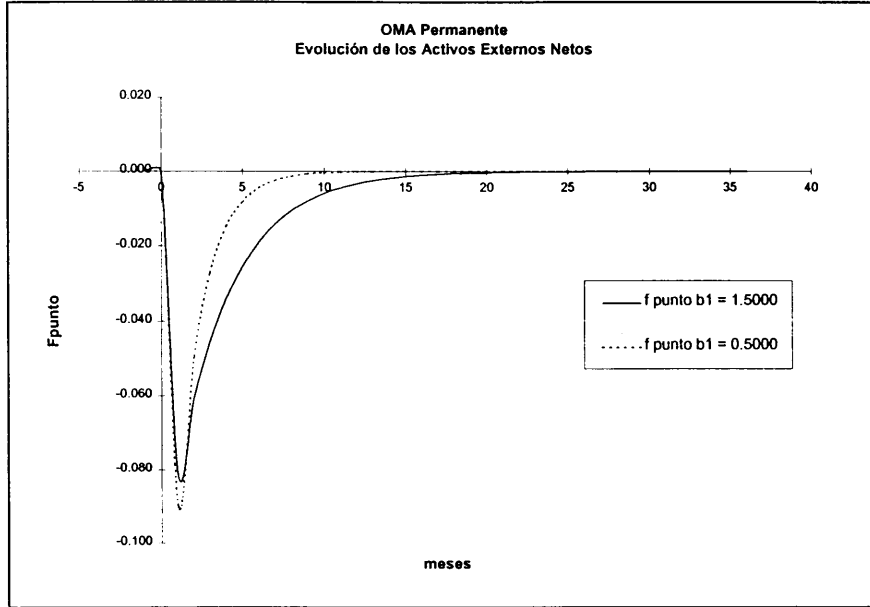
**Figura 2: Evolución de F ante una OMA Permanente**



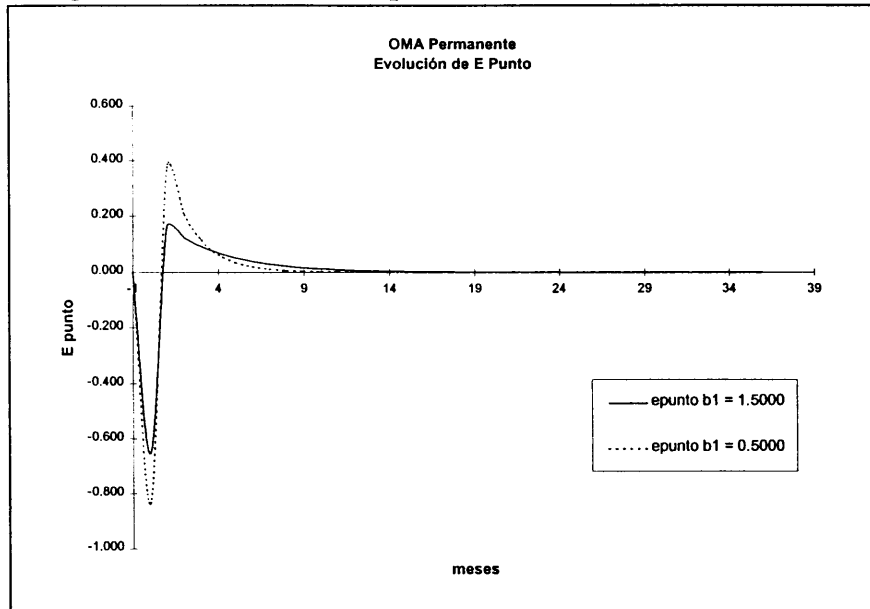
**Figura 3: Evolución de F ante una OMA Permanente**



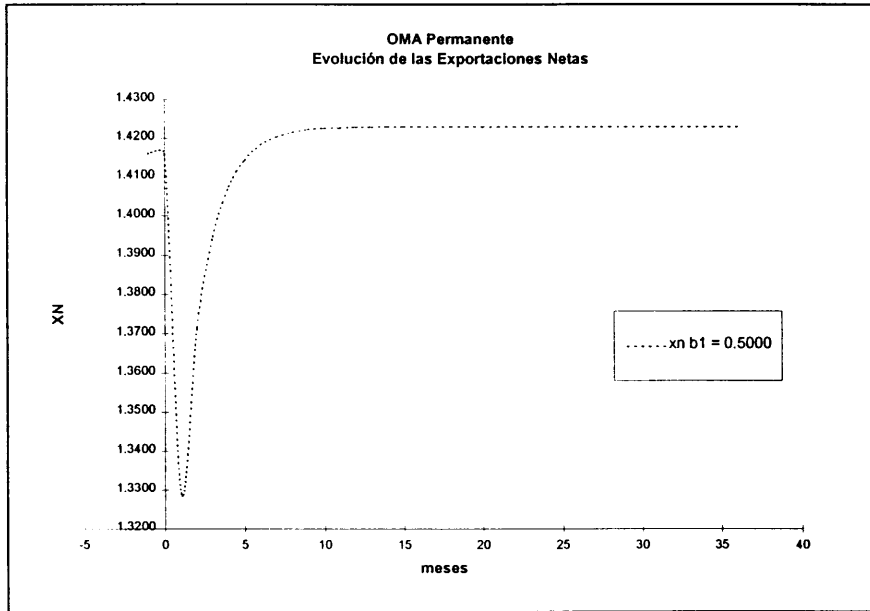
**Figura 4: Acumulación de Activos Netos ante una OMA Permanente**



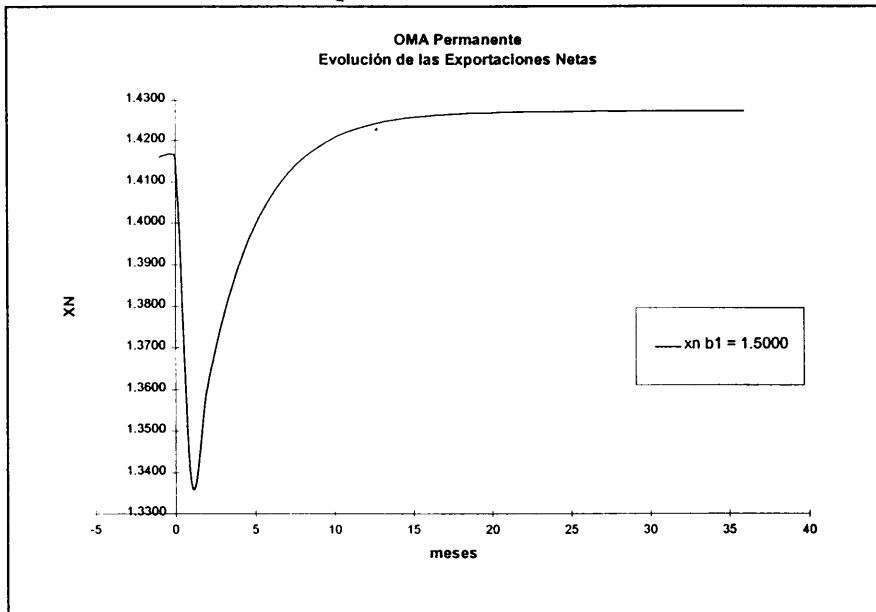
**Figura 5: Evolución de E punto ante una OMA Permanente**



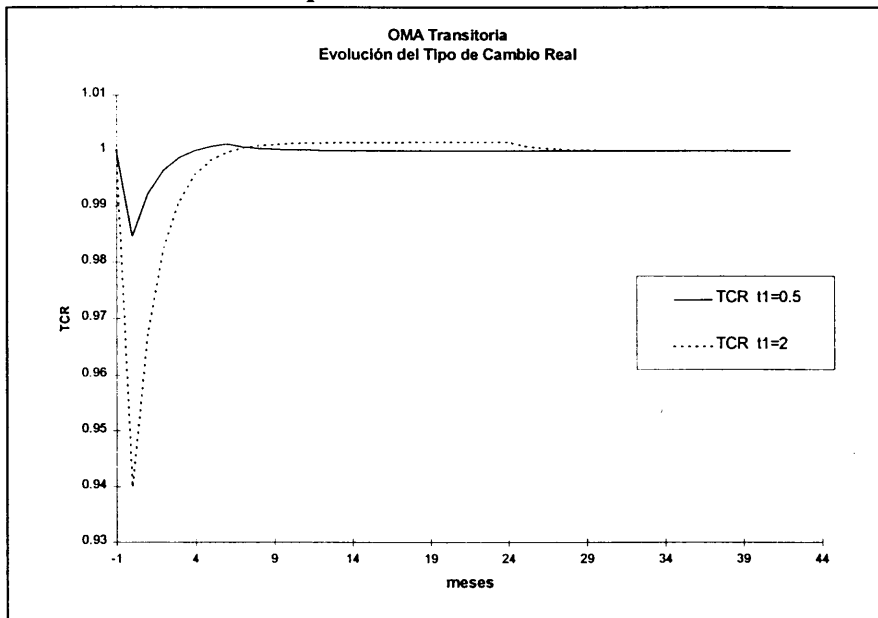
**Figura 6: Evolución de las Exportaciones Netas ante una OMA Permanente**



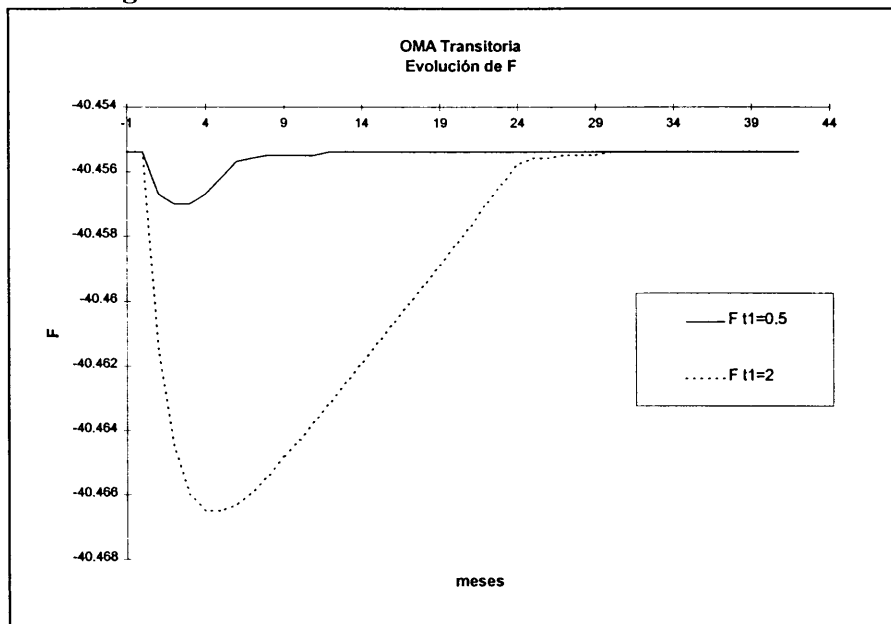
**Figura 7: Evolución de las Exportaciones Netas ante una OMA Permanente**



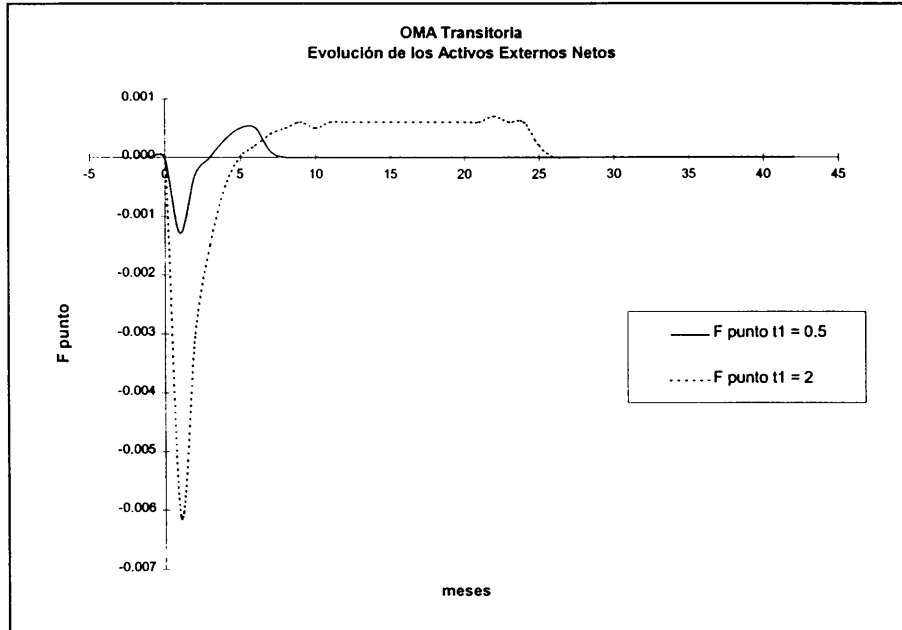
**Figura 8: Evolución del Tipo de Cambio Real ante una OMA Transitoria**



**Figura 9: Evolución de F ante una OMA Transitoria**



**Figura 10: Acumulación de Activos Externos Netos ante una OMA Transitoria**



**Figura 11: Evolución de E punto ante una OMA Transitoria**

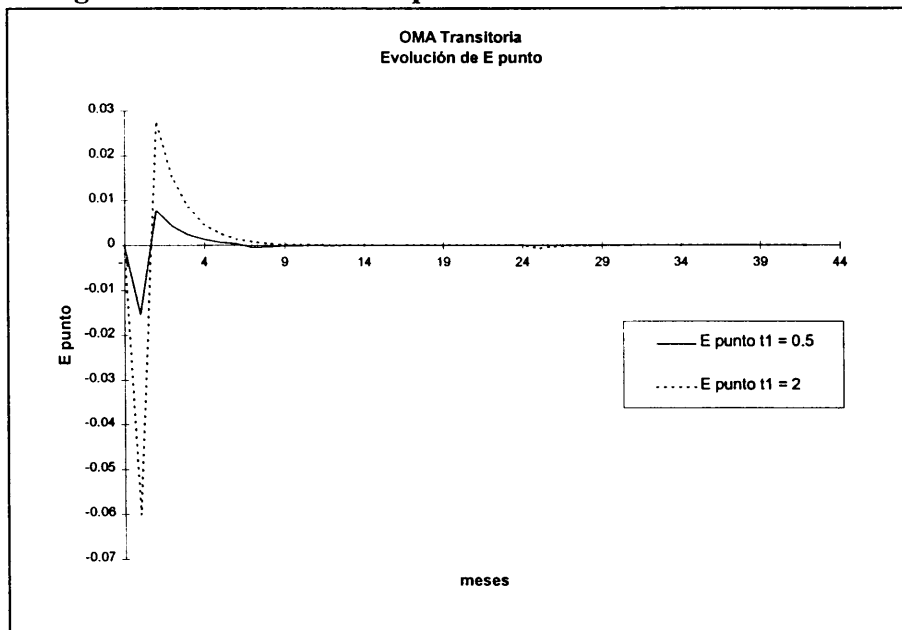




Figura 12: Evolución de las Exportaciones Netas ante una OMA Transitoria

