

II. EL MODELO DE CORTO PLAZO

El presente capítulo tiene como objetivo exponer la dinámica que acompaña al modelo de largo plazo presentado en el capítulo anterior. El sistema completo incluye ecuaciones de carácter estructural y dinámico. La distinción entre ambos tipos de ecuaciones consiste en que las primeras describen la solución de largo plazo del modelo, mientras que las ecuaciones dinámicas especifican cómo la dinámica intrínseca de las variables, las expectativas, la política monetaria y fiscal, afectan la senda de convergencia hacia el equilibrio de largo plazo. La interacción entre ambos tipos de ecuaciones permite combinar las propiedades del modelo de largo plazo con la estructura y el patrón de respuesta de las variables en el corto plazo, ante *shocks* de diversos tipos.

La relevancia del modelo de corto plazo se refiere a la posibilidad de cuantificar los impactos, la temporalidad de las respuestas y las interacciones entre las variables incluidas en el modelo. El modelo de largo plazo permite determinar el estado estacionario inicial y el nuevo estado estacionario, luego de un *shock*. Sin embargo, no permite conocer la trayectoria intermedia de ajuste hacia el nuevo estado estacionario. En tal sentido, la estructura dinámica resulta de vital relevancia, pues provee información al respecto. Adicionalmente, permite simular *shocks* temporales que no afectan al estado estacionario, y conocer su duración y efecto promedio sobre las demás variables del sistema.

En líneas generales, el modelo de corto plazo es semejante al modelo Mundell-Fleming de los libros de texto de macroeconomía y recoge, explícitamente, la interacción entre el sector monetario y el sector real de la economía. Además, se ha incluido una modelación explícita de la dinámica de las variables. Como se mencionó en el capítulo previo, la exclusión del sector monetario en el modelo de largo plazo implica la neutralidad de largo plazo de las variables nominales. Las fuentes de dinámica del modelo correspon-

den a los adelantos y rezagos incluidos en las ecuaciones que, en parte, reflejan los mecanismos de formación de expectativas que miran tanto hacia atrás como hacia adelante.

El procedimiento empleado para la determinación de los coeficientes del modelo fue el de calibración y no el de estimación econométrica. La dificultad de contar con series económicas cuya metodología de construcción sea técnicamente confiable, unida a los recurrentes quiebres estructurales, la carencia de información periódica sobre algunas variables, entre otros obstáculos, no permite que la mayoría de coeficientes del modelo tenga un adecuado sustento econométrico²⁶. Por otro lado, la técnica de calibración descansa en consideraciones teóricas y en las expectativas sobre el desempeño de largo plazo de la economía.

En este sentido, es preciso señalar que el procedimiento de estimación de los coeficientes y su constante actualización están fuera de los objetivos de este proyecto. Por esta razón, el presente capítulo se enfoca en ilustrar la capacidad del modelo de realizar simulaciones de gran utilidad en el manejo de la política económica. No obstante, las trayectorias han sido calibradas teniendo en cuenta los principales hechos estilizados de la economía peruana.

El ejercicio más relevante para este tipo de modelos es el cálculo de funciones de impulso respuesta para los *shocks* simulados. La complejidad del modelo no debe desviar la atención sobre el set de variables relevantes. Por ello, el reporte de *shocks* no incluye la respuesta de todas las variables del modelo y enfatiza aquellas que se han considerado de mayor importancia.

El presente capítulo se ha dividido en tres secciones. En la primera sección, se explican los aspectos metodológicos relevantes para la solución numérica del modelo. En la segunda sección, se describe la dinámica de corto plazo del modelo y sus principales características. En la tercera sección, se presentan y se discuten los resultados de algunos *shocks* simulados. Finalmente, se incluyen la bibliografía empleada y los anexos.

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El modelo completo puede ser resuelto mediante cualquier algoritmo aplicable a un sistema de ecuaciones simultáneas como Gauss-Seidel, Newton, Sparse-Newton, entre otros. Además, se requiere un algoritmo que permita

26. Algunos problemas de esta índole pueden ser encontrados, en menor grado, en la elaboración de este tipo de modelos, en países como Canadá y Nueva Zelanda.

resolver un modelo con adelantos y rezagos. En este caso particular, se empleó el método *Stacked Newton*.

Cabe mencionar que, dada la estructura dinámica del modelo, resulta necesario proveer información al sistema acerca de los valores iniciales de las variables rezagadas y de las condiciones terminales de las variables adelantadas. En el caso de los valores iniciales, estos deben encontrarse en el entorno de la solución de equilibrio. Esto resulta de suma importancia porque, en modelos como este, la existencia de soluciones múltiples es muy común. Adicionalmente, se requiere especificar las condiciones terminales que permitan iniciar el proceso de iteraciones, interno y externo.

El tiempo de simulación de *shocks* al estado estacionario, además de estar vinculado al *hardware* utilizado, está directamente relacionado con el número de ecuaciones, el número de periodos de rezagos y adelantos y el horizonte temporal de simulación de los *shocks*. Así, si el sistema consta de 102 ecuaciones y se resuelve para 60 periodos, en la práctica, la carga computacional corresponde a la de un sistema de 6.000 ecuaciones. El modelo fue resuelto en *Winsolve 3.5.3*.

2. DINÁMICA DE CORTO PLAZO

La construcción del modelo de largo plazo permitió determinar el equilibrio de estado estacionario, caracterizado por ratios estables de *stocks* al producto que son representativos de la economía peruana. El sistema incluido en el capítulo anterior forma parte del conjunto de ecuaciones utilizado en la resolución de la versión completa del modelo. En ese conjunto de ecuaciones, se eliminaron los adelantos y rezagos para determinar el equilibrio del estado estacionario²⁷. Asimismo, el sector monetario fue excluido para explicitar su neutralidad en el largo plazo.

En la versión completa del modelo, la mayor parte de variables incluidas tiene una representación de carácter estructural y una de carácter dinámico²⁸. El primer tipo de ecuaciones permite determinar los valores de las variables en equilibrio. El segundo tipo de ecuaciones permite modelar las tra-

27. Esto se deriva a partir de la definición de estado estacionario: para una variable como y , se cumple que: $y_t = y_{t+p} = y_{t,p}$.

28. Esta estructura permite simular las condiciones de estado estacionario de manera independiente de la dinámica del modelo. Además, la versión dinámica del modelo incorpora las propiedades de largo plazo del sistema. Esto permite simular *shocks* permanentes y transitorios.

vectorias dinámicas o de transición, cuando el modelo es sometido a diversos tipos de *shocks*. Estos *shocks* son siempre introducidos en las ecuaciones dinámicas y pueden provenir de condiciones internacionales (tasa de interés mundial, precios de exportaciones mundiales, entre otros), de fuentes no identificadas (por ejemplo, sobre el consumo, la inversión) o de cambios en el régimen de política económica (como alteraciones en la regla fiscal o en la función de reacción de la autoridad monetaria).

Las ecuaciones dinámicas no incluyen, únicamente, una estructura autoregresiva y agentes que miran hacia adelante en sus decisiones, sino los mecanismos de transmisión y corrección de errores con respecto a las desviaciones de los valores de equilibrio en el corto plazo. Precisamente, este capítulo tiene como objetivo revisar y analizar las principales características de este sistema, siguiendo la estructura descrita en la segunda sección del primer capítulo, referida a la calibración. En términos de nomenclatura, las variables expresadas con el superíndice *eq* permiten determinar los valores de equilibrio, mientras que las variables expresadas sin este superíndice, corresponden a las trayectorias dinámicas de las variables. Con el objetivo de comprender la estructura del modelo completo, se han incluido ambos tipos de ecuaciones; no obstante, el presente capítulo se concentra en la dinámica del modelo²⁹.

La estructura funcional propuesta para las ecuaciones dinámicas del modelo puede ser complementada y enriquecida en el caso que se desee incluir canales de ajuste adicionales, número de rezagos, mayor relevancia relativa de alguna variable, etc. Así, por ejemplo, es posible especificar una regla monetaria (o fiscal) diferente de la que aquí se ha planteado, añadir argumentos que reflejen nuevas consideraciones sobre el funcionamiento de la política monetaria, cambiar las ponderaciones, los rezagos, entre otros aspectos.

2.1 Precios relativos

Los precios domésticos del capital, bienes de consumo público y consumo privado, se modelan mediante las ecuaciones mostradas a continuación.

29. Las referencias a la discusión de las ecuaciones de equilibrio y el estado estacionario, pueden encontrarse en el primer capítulo.

$$pcd = pcd^{eq} + a_0 \left(\frac{y}{y^{eq}} - 1 \right) - pcdadj \quad (1)$$

$$pgd = pgd^{eq} + a_1 \left(\frac{y}{y^{eq}} - 1 \right) - pgdadj \quad (2)$$

$$pkd^{eq} = \frac{(c^{eq} + i^{eq} + g^{eq}) - (c_m^{eq} + i_m^{eq} + g_m^{eq}) - pcd^{eq}(c^{eq} - c_m^{eq}) - pgd^{eq}(gcon - g_m^{eq})}{i^{eq} - i_m^{eq}} \quad (3)$$

$$pkd = \frac{(c + i + g) - (c_m + i_m + g_m) - pcd(c - c_m) - pgd(g - g_m)}{i - i_m} \quad (4)$$

Los niveles de equilibrio para el caso de los precios de bienes de consumo, privado y público, son exógenos; mientras que la condición de normalización del deflactor de la absorción doméstica a costo de factores, permite endogenizar el nivel del precio doméstico del capital³⁰. Asimismo, las sendas dinámicas están vinculadas a su valor de equilibrio; así como a un término de ajuste, que depende de la variable que está siendo modelada y su correspondiente nivel de equilibrio.

Nótese que en las ecuaciones dinámicas de los precios de los bienes exportados e importados, se ha incluido un término de ajuste. La inclusión de este tipo de términos facilita el proceso de calibración y permite capturar, de manera más adecuada, la dinámica de las variables del modelo. Este tipo de variables no hace más que producir un retraso en el patrón de ajuste de las variables hacia sus valores de equilibrio, mediante la introducción de más rezagos y adelantos (véase el recuadro 2.1).

30. Preferimos endogenizar el precio doméstico del capital, pues el *stock* de capital es una variable que no fluctúa mucho. Si se endogeniza el precio doméstico del consumo o del gasto público, cualquier *shock* a la demanda agregada tendría un impacto directo sobre la tasa de inflación del IPC.

Recuadro 2.1 Los costos de ajuste

Tal como señalan Black, Cassino, Drew, Hansen, Hunt, Rose y Scott (1997), la idea esencial de los costos de ajuste es que el patrón o senda de ajuste hacia el valor de equilibrio es determinado a partir de dos tipos de costos: el costo de estar en desequilibrio y el costo de alcanzar dicho valor. Los costos de ajuste incluyen el costo de cambiar (primera diferencia) y el costo de cambiar la tasa de ajuste (segunda diferencia). El objetivo fundamental de estos términos es introducir cierta inercia en el patrón de ajuste de las variables.

En el presente modelo, los costos de ajuste son modelados como la solución a un problema de optimización cuadrático. Sea y la variable a la cual se aplican los costos de ajuste e y^* , su valor de equilibrio. El modelo de ajuste es derivado mediante la elección de $y_{t+\tau}$, para $\tau \geq 0$, que minimiza la siguiente función de costos:

$$E \left[\sum_{\tau=0}^{\infty} (y_{t+\tau} - y_{t+\tau}^*)^2 + 0,5 \sum_{i=0}^n \phi_i (A_i(L) y_{t+\tau})^2 \right]$$

donde $A_i(L)$ es un polinomio del operador de rezago y n es el orden del proceso de ajuste. El primer término de esta ecuación penaliza el hecho de estar lejos del nivel deseado. El segundo término, el cual esta compuesto por n términos cuadráticos de los valores pasados de y , se introduce para penalizar los cambios en y .

Al igual que en el modelo del Banco Central de Nueva Zelanda (FPS) y del de Canadá (CPAM), el modelo emplea dos formas distintas para A_i , dependiendo de que si el ajuste es para una variable *stock* o no. De esta forma, si el ajuste es para una variable flujo o para un precio relativo, A_i es escogido de manera que los cambios en el i -ésimo promedio móvil de y son penalizados:

$$\sum_{j=0}^i (y_{t+\tau-j}) - \sum_{j=0}^i (y_{t+\tau-1-j}) = y_{t+\tau} - y_{t+\tau-1}$$

De manera que A_i está dado por:

$$A_i(L) = 1 + L^{i+1}$$

En el caso de las variables tipo *stock*, A_i es escogido de manera que los cambios en la i -ésima diferencia de y son penalizados. Por esta razón, el polinomio A_i es definido como:

$$A_i(L) = (1 + L)^i$$

La ecuación del precio relativo del producto proviene de la identidad de cuentas nacionales. Por otro lado, los precios relativos por tipo de gasto siguen una estructura similar a la incluida en el modelo de largo plazo. La dinámica de estas variables es proporcionada por las variables incluidas en su construcción.

$$py^{eq} = \frac{(c^{eq})p_c^{eq} + (i^{eq})p_k^{eq} + (g^{eq})p_g^{eq} + (x^{eq})p_x^{eq} - (m^{eq})p_m^{eq}}{y^{eq}} \quad (5)$$

$$py = \frac{(c)p_c + (i)p_k + (g)p_g + (x)p_x - (m)p_m}{y} \quad (6)$$

$$p_c^{eq} = \frac{(1+ti)[pcd^{eq}(c^{eq} - c_m^{eq}) + (p_m^{eq})c_m^{eq}]}{c^{eq}} \quad (7)$$

$$p_c = \frac{(1+ti)[pcd(c - c_m) + p_m c_m]}{c} \quad (8)$$

$$p_k^{eq} = \frac{(1+ti)[pkd^{eq}(i^{eq} - i_m^{eq}) + (p_m^{eq})i_m^{eq}]}{i^{eq}} \quad (9)$$

$$p_k = \frac{(1+ti)[pkd(i - i_m) + p_m i_m]}{i} \quad (10)$$

$$p_i^{eq} = a_2 p_k^{eq} + a_3 p_k^{ss} + a_4 (i^{eq} - i^{ss}) \quad (11)$$

$$p_g^{eq} = \frac{(1+ti)[pgd^{eq}(g^{eq} - g_m^{eq}) + (p_m^{eq})g_m^{eq}]}{g^{eq}} \quad (12)$$

$$p_g = \frac{(1+ti)[pgd(g - g_m) + p_m g_m]}{g} \quad (13)$$

Nótese que p_i^{eq} es una suerte de ratio q de Tobin, que indica a las empresas cuándo y qué tan rápido deben incrementar su *stock* de capital. En la ecuación (11) se observa que cuando la inversión se eleva por encima de su valor de estado estacionario (i^{ss}), la variable p_i^{eq} también se eleva. Esto provoca un incremento en el costo del capital y contrarresta el incremento de la demanda por inversión.

Luego se calcula el precio a costo de factores promedio de la economía, de la siguiente forma:

$$pfc^{eq} = \frac{p_y^{eq}(y^{eq}) - \left[\frac{ti}{1+ti} \right] [p_c^{eq}c^{eq} + p_k^{eq}i^{eq} + p_g^{eq}g^{eq}]}{y^{eq}} \quad (14)$$

$$pfc = \frac{p_y(y) - \left[\frac{ti}{1+ti} \right] [p_c c + p_k i + p_g g]}{y} \quad (15)$$

Nótese que, al igual que los precios relativos por tipo de gasto, la dinámica de la variable pfc es proporcionada por las variables que permiten modelarla y no por una estructura autoregresiva propia.

De acuerdo con los supuestos de una pequeña economía abierta, los precios mundiales de equilibrio para los bienes importados y exportados se determinan de manera exógena, y no existe capacidad de los productores y consumidores domésticos para afectar estos niveles. Estos precios deben ser entendidos como componentes permanentes y de equilibrio en el mercado mundial. En la trayectoria dinámica de los precios mundiales, se incorpora un término que permite introducir los componentes de *shocks* externos a los precios de estos bienes. Así, estos términos ($pmrowshk$ y $pxrowshk$) toman el valor de cero, cuando no se desea simular un *shock* de precios internacionales.

$$pmrow = pmrow^{eq} + pmrowshk \quad (16)$$

$$pxrow = pxrow^{eq} + pxrowshk \quad (17)$$

Los precios de las exportaciones e importaciones dependen, básicamente, de los precios internacionales y del tipo de cambio, mientras que la dinámica depende de los desalineamientos cambiarios y los *shocks* temporales en los precios internacionales.

$$p_x^{eq} = a_5 p_x^{eq} (-1) + (1 - a_5) (pxrow^{eq}) z^{eq} \quad (18)$$

$$p_x = p_x^{eq} + a_6 pxrow (z - z^{eq}) + a_7 (pxrow - pxrow^{eq}) z^{eq} - pxadj \quad (19)$$

$$p_m^{eq} = a_8 p_m^{eq} (-1) + (1 - a_8) (pmrow^{eq}) z^{eq} \quad (20)$$

$$p_m = p_m^{eq} + a_9 pmrow (z - z^{eq}) + a_{10} (pmrow - pmrow^{eq}) z^{eq} - pmadj \quad (21)$$

2.2 Tasas de interés

Las tasas de interés relevantes para las decisiones de consumo, inversión y endeudamiento externo, se forman a partir de una tasa base³¹ (Rp^{eq}) y una prima por riesgo exógena. Las primas de riesgo exógenas se han calibrado para que la tasa de interés más alta sea la de los bienes de inversión, luego la del consumo y la más baja, la del endeudamiento externo; reflejando así las condiciones de riesgo de cada activo.

$$r_{con} = Rp^{eq} * + prima_{con} \quad (22)$$

$$r_k = Rp^{eq} * + prima_k \quad (23)$$

$$r_{nfa} = Rp^{eq} + prima_{nfa} \quad (24)$$

2.3 Comportamiento de los consumidores

Los consumidores asalariados consumen en cada periodo todo su ingreso disponible, por lo que los ajustes, como respuesta a *shocks* que afectan el consumo, se producen con mayor rapidez en comparación con los ajustes en el consumo de los capitalistas, quienes suavizan sus trayectorias dinámicas y tienen mayor capacidad para ajustarse ante los *shocks*. La dinámica del consumo de los capitalistas está influenciada por los niveles de la tasa de

31. Este concepto se explica, con mayor detalle, en la subsección referida al sector monetario.

interés base de la economía, así como por el nivel de activos externos netos. La primera variable nos permite capturar el efecto de la política monetaria externa y doméstica sobre la dinámica del consumo, mientras que la segunda variable nos permite incorporar el efecto de las restricciones financieras externas sobre el consumo.

$$c_{asalariados}^{eq} = \frac{yd_{asalariados}^{eq}}{p_c^{eq}} \quad (25)$$

$$c_{asalariados} = \frac{yd_{asalariados}}{p_c} \quad (26)$$

$$c_{capitalistas}^{eq} = \frac{pmcw(tw^{eq})(1 - td_{cap}) + b_0(fa^{eq} - fa^{ss})}{p_c^{eq}} \quad (27)$$

$$c_{capitalistas} = c_{capitalistas}^{eq} - b_1 [Rp(-1) - Rp^{eq}(-1)] (c_{capitalistas}^{eq}(-1)) + b_2 \left(\frac{nfa}{p_c} - \frac{nfa^{eq}}{p_c^{eq}} \right) - ccapadj \quad (28)$$

$$tw^{eq} = \frac{(1 + r_{con}) [fa^{eq}(-1)]}{1 + y_{dot}} \quad (29)$$

$$fa = p_k k + deuda + nfa \quad (30)$$

$$fa^{eq} = risk^{eq} + \frac{1 + r_{con}}{1 + y_{dot}} fa^{eq}(-1) - (pc^{eq}) (c_{capitalistas}^{eq}) \quad (31)$$

$$c^{eq} = c_{capitalistas}^{eq} + c_{asalariados}^{eq} \quad (32)$$

$$c = c_{capitalistas} + c_{asalariados} \quad (33)$$

2.4 Comportamiento del Gobierno

La dinámica del comportamiento del Gobierno recoge la estructura básica discutida en la sección 1.6 del capítulo anterior, el ajuste fiscal se canaliza a través del componente variable del gasto del gobierno. La estructura dinámica parte de que el Gobierno define un nivel de déficit fiscal objetivo, cuyo financiamiento es cubierto con endeudamiento externo. En cada periodo, el Gobierno ajusta su nivel de gasto variable (no así el componente fijo) de acuerdo con la evolución de los ingresos fiscales, con lo cual se tiene una política fiscal procíclica. Además, el déficit fiscal efectivo se va ajustando lentamente hacia el déficit objetivo.

$$def^{eq} = (def_{Objetivo}) p_y^{eq} y^{eq} \quad (34)$$

$$def = c_0 (def^{eq}) + (1 - c_0) [def(-1)] + c_1 (deuda^{eq}(-2) - deuda(-2)) + c_2 [def^{eq}(-1) - def(-1)] \quad (35)$$

$$deuda^{eq} = def^{eq} + \frac{deuda^{eq}(-1)}{(1 + y_{dot})} \quad (36)$$

$$deuda = def + \frac{deuda(-1)}{(1 + y_{dot})} \quad (37)$$

$$gv^{eq} = t^{eq} - \frac{rdebt}{(1 + y_{dot})} deuda^{eq} + def^{eq} - gf \quad (38)$$

$$gv = t - \frac{rdebt}{(1 + y_{dot})} deuda + def - gf \quad (39)$$

$$t^{eq} = \frac{ti}{(1 + ti)} [p_c^{eq} c^{eq} + p_k^{eq} i^{eq} + p_g^{eq} g^{eq}] + td * y_{lab}^{eq} + td_{cap} * tw^{eq} \quad (40)$$

$$t = \frac{ti}{(1 + ti)} [p_c c + p_k i + p_g g] + td * y_{lab} + td_{cap} * tw \quad (41)$$

$$g^{eq} = gv^{eq} + gf \quad (42)$$

$$g = gv + gf \quad (43)$$

2.5 Sector externo

Las proporciones importadas en el consumo, la inversión y el gasto doméstico de equilibrio, han sido tomadas de un cálculo realizado a partir de la tabla insumo producto. Los movimientos en el tipo de cambio tienen una influencia sobre las proporciones importadas, a través del precio de las importaciones. Esta influencia es regulada a través de los parámetros que anteceden a los términos de ajuste de las ecuaciones 46, 50 y 54.

$$c_m^{eq} = cm_c^{eq}(c^{eq}) \quad (44)$$

$$c_m = cm_c(c) \quad (45)$$

$$cm_c^{eq} = cm_c0 - \beta_c \left(\frac{p_m^{eq}}{pcd^{eq}} \right) \quad (46)$$

$$cm_c = cm_c^{eq} - d_0 \left(\frac{p_m(-1)}{pcd(-1)} - \frac{p_m^{eq}(-1)}{pcd^{eq}(-1)} \right) - cm_cadj \quad (47)$$

$$i_m^{eq} = im_i^{eq}(i^{eq}) \quad (48)$$

$$i_m = im_i(i) \quad (49)$$

$$im_i^{eq} = im_i0 - \beta_i \left(\frac{p_m^{eq}}{pkd^{eq}} \right) \quad (50)$$

$$im_i = im_i^{eq} - d_1 \left(\frac{p_m(-1)}{pkd(-1)} - \frac{p_m^{eq}(-1)}{pkd^{eq}(-1)} \right) - im_iadj \quad (51)$$

$$g_m^{eq} = gm_g^{eq}(g^{eq}) \quad (52)$$

$$g_m = gm_g(g) \quad (53)$$

$$gm_g^{eq} = gm_g0 - \beta_g \left(\frac{p_m^{eq}}{pgd^{eq}} \right) \quad (54)$$

$$gm_g = gm_g^{eq} - d_2 \left(\frac{p_m(-1)}{pgd(-1)} - \frac{p_m^{eq}(-1)}{pgd^{eq}(-1)} \right) - gm_gadj \quad (55)$$

$$x_m^{eq} = xm_x(x^{eq}) \quad (56)$$

$$x_m = xm_x(x) \quad (57)$$

$$x^{eq} = (x_0 + x_2 p_x^{eq}) y^{eq} \quad (58)$$

$$x = x^{eq} + d_3 [p_x(-1) - p_x^{eq}(-1)] x^{eq}(-1) - xadj \quad (59)$$

$$m^{eq} = c_m^{eq} + i_m^{eq} + g_m^{eq} + x_m^{eq} \quad (60)$$

$$m = c_m + i_m + g_m + x_m \quad (61)$$

$$netx^{eq} = p_x^{eq} x^{eq} - p_m^{eq} m^{eq} \quad (62)$$

$$netx = p_x x - p_m m \quad (63)$$

Una vez determinado el nivel de las exportaciones netas, es posible calcular la posición neta de activos externos.

$$nfa^{eq} = fa^{eq} - p_k^{eq} k - deuda^{eq} \quad (64)$$

$$nfa = \frac{1 + r_{nfa}}{1 + y_{dot}} nfa(-1) + netx \quad (65)$$

Nótese que la ecuación (65) es simplemente una ecuación de acumulación; mientras que la ecuación (64) es la condición que asegura el equilibrio en la hoja de balance de la economía.

Otra de las variables relevantes del modelo es el tipo de cambio real, que se calcula como el valor que equilibra la cuenta corriente de la economía.

$$z^{eq} = \frac{(y_{dot} - r_{nfa}) nfa^{eq}}{(pxrow^{eq} x^{eq} - pmrow^{eq} m^{eq})(1 + y_{dot})} \quad (66)$$

La dinámica del tipo de cambio real ha sido modelada empleando el tipo de cambio real de equilibrio y el tipo de cambio real esperado, definido de la siguiente forma:

$$ze = d_4 z(1) + d_5 z(-1) + (1 - d_4 - d_5) z^{eq}(1) \quad (67)$$

En este caso, el tipo de cambio real esperado (ze) se forma a partir de una combinación lineal del tipo de cambio real del periodo pasado, del periodo siguiente y del valor de equilibrio.

$$z = d_6 z(-1) + d_7 ze \frac{1 + r_{dolares}^{eq}}{1 + r_{soles}} + (1 - d_6 - d_7) z^{eq} \quad (68)$$

Nótese que esta ecuación es una versión de la condición de paridad de tasas de interés. De esta forma, cualquier desalineación entre la tasa de interés en dólares de equilibrio y la tasa en soles ocasionará movimientos en el tipo de cambio, de manera que la paridad se mantenga. Sin embargo, esta variable no se ajusta inmediatamente, debido a que en la ecuación se ha incluido un término inercial y su valor de equilibrio.

2.6 Las firmas y la oferta agregada

La tasa de desempleo de equilibrio se ha introducido como variable exógena en el modelo, mientras que la trayectoria dinámica depende del valor de equilibrio, la desalineación del producto y los salarios respecto de sus niveles de equilibrio³². Los valores asignados a estas desalineaciones re-

flejan la escasa variabilidad observada en la tasa de desempleo. El *stock* de capital depende de las variaciones en el producto y la tasa de interés base. Las demás ecuaciones siguen la estructura dinámica básica.

$$u = u^{eq} - e_0 (y - y^{eq}) + e_1 (w - w^{eq}) - uadj \quad (69)$$

$$y^{eq} = 0,25 (tfp) \left[\frac{k^{eq}(-1)}{1 + y_{dot}} \right]^\alpha (1 - u^{eq})^{1-\alpha} \quad (70)$$

$$y = c + i + gcon + x - m \quad (71)$$

$$yp = 0,25 (tfp) \left[\frac{k(-1)}{1 + y_{dot}} \right]^\alpha (1 - u^{eq})^{1-\alpha} \quad (72)$$

$$w^{eq} = \frac{(1 - \alpha)(pfc^{eq})(y^{eq})}{1 - u^{eq}} \quad (73)$$

$$w = w^{eq} - e_2 (u - u^{eq}) + e_3 [pfc(-1) - pfc^{eq}(-1)] - wadj \quad (74)$$

$$y_{lab}^{eq} = w^{eq} (1 - u^{eq}) \quad (75)$$

$$y_{lab} = w(1 - u) \quad (76)$$

$$y d_{asalariados}^{eq} = (1 - td) y_{lab}^{eq} \quad (77)$$

$$y d_{asalariados} = (1 - td) y_{lab} \quad (78)$$

$$cc^{eq} = (1 + r_k) p_i^{eq} - (1 - depr) p_i^{eq} \quad (79)$$

podrían generar dudas sobre la necesidad de introducir una ecuación dinámica. No obstante, esta se incluye debido a que los criterios de medición del desempleo, que actualmente se utilizan, podrían no ser los adecuados.

32. Las estadísticas oficiales de desempleo en el Perú, parecen no reflejar algunos hechos estilizados. Su escasa variabilidad, así como su baja correlación con el ciclo económico,

$$k^{eq} = \frac{\alpha (pfc^{eq})(y^{eq})(1 + y_{dot})}{cc^{eq}} \quad (80)$$

$$k = k^{eq} + e_4 [y(-1) - y^{eq}(-1)] - e_5 [Rp(-1) - Rp^{eq}(-1)] k^{eq}(-1) - kadj \quad (81)$$

$$i^{eq} = k^{eq} - \frac{(1 - depr)}{(1 + y_{dot})} k^{eq}(-1) \quad (82)$$

$$i = k - \frac{(1 - depr)}{(1 + y_{dot})} k(-1) \quad (83)$$

2.7 Sector monetario

El nexa del sector monetario y la actividad del sector real se ha incorporado de acuerdo con las consideraciones discutidas, y tomando en cuenta las características de una pequeña economía abierta como la peruana.

Las tasas relevantes para las decisiones de los agentes del modelo han sido modeladas en función de una tasa base y un término de prima por riesgo exógena. La política monetaria doméstica, así como los *shocks* externos, tienen influencia directa sobre la tasa base, de acuerdo con el mecanismo que a continuación detallamos (ver los anexos 1 y 2).

De este modo, la demanda agregada está influenciada por el comportamiento de una tasa de interés básica, que resulta ser una combinación entre la tasa de interés de corto plazo en dólares y la tasa de interés de largo plazo en soles. Esta última depende de la tasa de interés de corto plazo actual y de la esperada para el futuro, mientras que la presencia de la primera refleja la importancia de los créditos denominados en dólares.

$$r_{dolares}^{eq} = libor + riesgo_pais \quad (84)$$

$$r_{soles}^{eq} = \left(1 + r_{dolares}^{eq} \left(\frac{z^{eq}(4)}{z^{eq}}\right)\right) - 1 \quad (85)$$

$$r_{soles} = \frac{(1 + rn_{soles})}{(1 + \pi)} - 1 \quad (86)$$

$$rn_{soles}^{eq} = \left(1 + r_{soles}^{eq}\right) \left(1 + \pi_{objetivo}\right) - 1 \quad (87)$$

En el modelo, la autoridad monetaria opera bajo un esquema de metas explícitas de inflación, lo que es congruente con la reciente adopción oficial de este esquema por parte del Banco Central. El instrumento que la autoridad monetaria utiliza para lograr su objetivo, es la tasa de interés de corto plazo en moneda doméstica.

$$rn_{soles} = f_0 rn_{soles}^{eq} + f_1 [rn_{soles}(-1)] + f_2 (\pi - \pi_{obj}) - f_3 (yp - y) \quad (88)$$

Esta tasa de interés se fija de acuerdo con una regla de Taylor³³. Nótese que la regla de Taylor empleada explicita las preferencias del Banco Central por suavizar la trayectoria de la tasa de interés, alcanzar la meta de inflación planteada y evitar fluctuaciones en la actividad económica (ver el recuadro 2.2)³⁴.

Conviene reiterar que la tasa de interés básica real que influye sobre la demanda agregada, se obtiene promediando una tasa de corto plazo internacional y una tasa de “largo plazo” local³⁵. Esta última se determina median-

33. Los parámetros escogidos para la regla de Taylor ilustran un Banco Central que busca suavizar los cambios de tasas de interés, muy preocupado por la tasa de inflación y marginalmente preocupado por la brecha del producto.

34. La regla monetaria que se ha incorporado en el modelo, no es inconsistente con el hecho de que el Banco Central se preocupe exclusivamente por el objetivo de la inflación. Tal como se muestra en los trabajos de Timbergen (1954) y Theil (1964), una función de reacción puede ser considerada como la solución de un problema de control óptimo para la autoridad monetaria. Se puede demostrar que, dado un modelo económico y una función de utilidad/pérdida, la respuesta óptima del instrumento de la autoridad monetaria es una función de los valores esperados y rezagados de las variables en el modelo.

35. Se ha tomado como referencia las tasas de interés domésticas de largo plazo de las colocaciones de bonos del Gobierno peruano, a dos y tres años.

Recuadro 2.2
**La función de reacción de la autoridad monetaria
y la regla de Taylor**

La función de reacción de la autoridad monetaria es una descripción matemática o funcional de su comportamiento sistemático, aproximado por los movimientos que induce en una variable que controla y que le permite influenciar las condiciones macroeconómicas (generalmente, la tasa de interés de corto plazo).

La regla de Taylor es una función de reacción propuesta por John B. Taylor (1993), para proveer recomendaciones de cómo un banco central debe fijar las tasas de interés de corto plazo cuando las condiciones económicas cambian, de manera de alcanzar su objetivo de corto plazo de estabilizar la economía, así como su objetivo de controlar la inflación.

Básicamente, la regla establece que la tasa de interés real de corto plazo debe ser determinada de acuerdo con dos factores: (1) el nivel de inflación relativo al nivel de meta que se desea alcanzar, y (2) qué tan lejos se encuentra el nivel de actividad económica de su nivel de pleno empleo.

Las funciones de reacción pueden resultar de utilidad para predecir las acciones de política monetaria. Adicionalmente, en los modelos macroeconómicos, la función de reacción es empleada para analizar el comportamiento pasado de la autoridad monetaria y determinar la efectividad de las medidas tomadas, así como para determinar los efectos de acciones futuras o *shocks* macroeconómicos.

$$r3_{soles}^{eq} = \left[1 + r3_{soles}^{eq}(1) \right] \left[\frac{1 + r_{soles}^{eq}}{1 + r_{soles}^{eq}(12)} \right]^{\frac{1}{12}} - 1 \quad (89)$$

$$r3_{soles} = \left[1 + r3_{soles}(1) \right] \left[\frac{1 + r_{soles}}{1 + r_{soles}(12)} \right]^{\frac{1}{12}} - 1 \quad (90)$$

$$rn3_{soles}^{eq} = \left[1 + rn3_{soles}^{eq}(1) \right] \left[\frac{1 + rn_{soles}^{eq}}{1 + rn_{soles}^{eq}(12)} \right]^{\frac{1}{12}} - 1 \quad (91)$$

$$rn3_{soles} = \left[1 + rn3_{soles}(1) \right] \left[\frac{1 + rn_{soles}}{1 + rn_{soles}(12)} \right]^{\frac{1}{12}} - 1 \quad (92)$$

$$rl_{soles}^{eq} = r3_{soles}^{eq} \quad (93)$$

$$rl_{soles} = f_4(1+r)(1+rt3) + f_5(1+r3) + (1-f_4-f_5)(1+rl_{soles}^{eq}) - 1 \quad (94)$$

$$rnl_{soles}^{eq} = rn3_{soles}^{eq} \quad (95)$$

$$rnl_{soles} = f_6(1+rn)(1+rt3) + f_7(1+rn3) + (1-f_6-f_7)(1+rnl_{soles}^{eq}) - 1 \quad (96)$$

$$R_p^{eq} = \left\{ f_8(1+rl_{soles}^{eq}) \left[\frac{z^{eq}(12)}{z^{eq}} \right] + (1-f_8)(1+r_{dolares}^{eq}) \right\} - 1 \quad (97)$$

$$R_p = \left\{ f_8(1+rl_{soles}) \left[\frac{z^{eq}(12)}{z^{eq}} \right] + (1-f_8)(1+r_{dolares}) \right\} - 1 \quad (98)$$

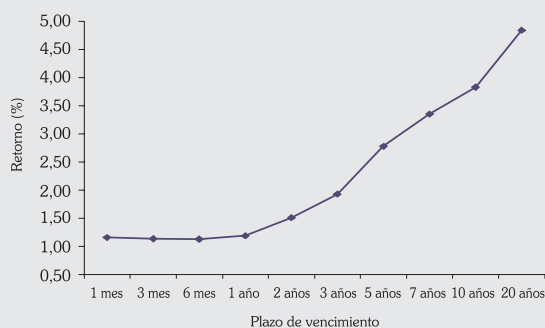
te ecuaciones formadas a partir de la teoría de expectativas (ver el recuadro 2.3); las ponderaciones de ambas tasas en la formación de la tasa básica real recogen la magnitud de la dolarización³⁶.

36. En este caso, los ponderadores se han escogido de acuerdo con la proporción del crédito en soles y dólares sobre el crédito total de la economía peruana.

Recuadro 2.3 La estructura temporal de tasas de interés y la curva de rendimiento

El término **estructura temporal** de las tasas de interés está referido a la relación que existe entre los rendimientos de los bonos, que solo se distinguen porque tienen distinta maduración o plazo de vencimiento. La representación gráfica de esta relación es lo que comúnmente se denomina **curva de rendimientos**. Así, por ejemplo, si se grafican los distintos rendimientos de los bonos del Tesoro Americano contra sus correspondientes periodos de maduración, se obtiene la curva de rendimientos de este tipo de instrumento financiero.

Curva de rendimientos de los bonos del Tesoro americano
(al 31 de marzo de 2003)



Se han desarrollado diversas teorías que intentan racionalizar la forma de la curva de rendimientos, entre las cuales se encuentra la teoría de las expectativas.

La **teoría de las expectativas** afirma que dado que los bonos de corto plazo pueden ser combinados para replicar un instrumento de más largo plazo, el interés ganado por ambas vías debe ser equivalente. Por tanto, la forma de la curva de rendimientos refleja si van a subir o no las tasas de interés de corto plazo esperadas para el futuro. Si se espera que estas tasas suban, la curva de rendimiento tendrá pendiente positiva; por el contrario, si se espera que bajen, la curva tendrá pendiente negativa.

La especificación del modelo determina la existencia de varios canales de transmisión de la política monetaria. El banco central influye en la actividad real mediante los movimientos de la tasa de interés de corto plazo. Esta tasa de corto plazo produce movimientos en la tasa de largo plazo, que influye sobre el consumo e inversión, afectando así la demanda agregada. Los cambios inducidos en la demanda agregada y el nivel de actividad provocan cambios en la inflación a través de la curva de Phillips, cuya especificación se detalla en la siguiente sección. Adicionalmente, debido a la relativa rigidez de la inflación esperada, los cambios en la tasa de interés nominal se traducen en cambios de la tasa real, que a su vez alteran el tipo de cambio nominal y real, mediante la ecuación de paridad. Los cambios del tipo de cambio real afectan directamente el nivel de exportaciones netas y también a la inflación. Por otro lado, los movimientos en el tipo de cambio y en la tasa de interés influyen en la riqueza de los agentes y en su consumo.

Además, la autoridad monetaria puede afectar a la inflación a través de su incidencia en el mecanismo de formación de expectativas. Este punto se hace evidente en las ecuaciones de la siguiente sección.

2.8 Dinámica inflacionaria

La inflación actual depende de la inflación esperada, de la inflación pasada, de la brecha del producto o grado de utilización de la capacidad productiva, de las variaciones del tipo de cambio real y de los cambios en la productividad del trabajo. La curva de Phillips del modelo permite determinar la dinámica de la inflación del precio numerario: el deflactor de la absorción doméstica a costo de factores. La curva de Phillips impone la hipótesis de neutralidad monetaria en el largo plazo. Sin embargo, en el corto plazo, permite cierta interacción entre la tasa de inflación y la brecha del producto. Además, incorpora la dinámica del mecanismo de formación de expectativas, así como el efecto de los cambios salariales, los precios de las exportaciones y las importaciones, que recogen los efectos del tipo de cambio sobre la variación de los precios. El término $\pi(1)$ representa la proyección de la inflación para el siguiente trimestre.

$$\begin{aligned} \pi = & \alpha_0 \pi(-1) + \alpha_1 (\alpha_2 \pi^e + (1 - \alpha_2) \pi_{ipc}^e) + (1 - \alpha_0 - \alpha_1) \pi(1) + \alpha_3 (y - y^p) \\ & + \alpha_4 (y(-1) - y^p(-1)) + \alpha_5 \left(\frac{pm}{pm(-1)} - 1 \right) + \alpha_6 * \left(\frac{px}{px(-1)} - 1 \right) \\ & + \alpha_7 (w^{eq} - w^{eq}(-1)) \end{aligned} \quad (99)$$

La autoridad monetaria opera mediante un esquema de metas explícitas para la inflación del deflactor de la absorción doméstica a costo de factores (π)³⁷. Sin embargo, reacciona ante desviaciones del índice de precios al consumidor con respecto a la meta de inflación establecida³⁸, a través de una regla de Taylor. Si bien el anuncio de la meta se realiza anualmente, esta tasa objetivo se trimestraliza con el objetivo de parametrizarla en términos de la periodicidad del modelo. El proceso de formación de expectativas que los agentes económicos elaboran sobre los valores de las variables π y π_{ipc} , está relacionado con los valores realizados de estas variables en los dos periodos anteriores, así como con el anuncio de la meta de inflación de la autoridad monetaria³⁹. Los valores numéricos asignados a las ponderaciones de cada uno de los componentes mencionados, permiten modelar efectos de credibilidad ante los anuncios de la autoridad monetaria y la importancia del componente inercial en la dinámica inflacionaria⁴⁰.

$$\pi^e = \beta_0 [\beta_1 \pi(-1) + (1 - \beta_1) \pi(-2)] + (1 - \beta_0) \pi_{obj} \quad (100)$$

$$\pi_{ipc} = \lambda_0 [\lambda_1 \pi_{ipc}(-1) + (1 - \lambda_1) \pi_{ipc}(-2)] + (1 - \lambda_0) \pi_{obj} \quad (101)$$

Finalmente, la relación entre las dos medidas de inflación puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$\pi_{ipc} = (1 + \pi) \left(\frac{p_c}{p_c(-4)} \right) - 1 \quad (102)$$

3. SHOCKS ILUSTRATIVOS

En el primer capítulo se revisaron los resultados de *shocks* permanentes al estado estacionario del modelo. En la práctica, la información que podemos obtener de estos resultados no tiene mayor relevancia en el horizonte de eva-

37. A pesar de que se hace la diferencia entre ambas tasas de inflación, en la práctica, la inflación (IPC) se explica básicamente por la inflación de la curva de Phillips.

38. En el estado estacionario, la inflación del precio numerario es igual a la inflación del índice de precios de consumo.

39. Las expectativas de inflación podrían incorporarse al modelo, a partir de las encuestas que el Banco Central ha comenzado a realizar y publicar.

40. Por ello, los valores asignados a estos parámetros no son invariantes a las acciones de política económica.

luación de las decisiones de política económica⁴¹, ya que un modelo de proyección y evaluación de políticas económicas debe brindar información sobre la evolución de las principales variables macroeconómicas en los periodos siguientes al *shock* o la decisión de política que se simula. Por ello, es importante realizar simulaciones de otro tipo, que permitan obtener información sobre las reacciones de las variables del sistema ante *shocks* diversos, la magnitud de los efectos, su duración media, su persistencia, entre otros aspectos relevantes.

El modelo de corto plazo, esencialmente similar a un Mundell-Fleming, permite simular una gran variedad de *shocks* del tipo que se ha descrito. La periodicidad del modelo permite simular *shocks* con un horizonte mínimo de permanencia de un trimestre. Los *shocks* temporales han sido simulados con una duración de cuatro trimestres, luego de los cuales los valores de las variables se ajustan hacia sus niveles de estado estacionario. Los *shocks* se introducen a partir del periodo $t+5$, pues los cuatro primeros periodos se han considerado como dados por el estado estacionario⁴².

Para efectos ilustrativos, los *shocks* que se revisan en este documento han sido divididos en dos categorías. La primera categoría incluye *shocks* externos transitorios de carácter exógeno al modelo, entre los cuales se simula un incremento de los precios internacionales de exportación y un incremento en la tasa de interés internacional de corto plazo. La segunda categoría ilustra los efectos de cambios en la política monetaria y en la política fiscal. Se muestran los efectos de un cambio en la meta de inflación anunciada que fija el BCRP y los efectos de un cambio en el déficit fiscal objetivo que fija el MEF.

3.1 Shocks temporales

3.1.1 Un aumento en los precios internacionales de las exportaciones

Este *shock* externo favorable consiste en que los precios de nuestros *commodities* se elevan en 10% en el mercado mundial (véase el gráfico 2.1).

41. El *output* de este tipo de simulaciones incluye únicamente los valores del nuevo estado estacionario, el que se alcanzará luego de que en el largo plazo hayan operado todas las fuerzas y canales de ajuste de la economía. Este tipo de ejercicios no provee información sobre las trayectorias dinámicas de las variables, al pasar de un estado estacionario al otro.

42. Esto, además, obedece a la necesidad de contar con observaciones previas al *shock* que servirán como valores iniciales para el proceso de iteraciones que involucra rezagos de algunas de las variables del sistema.

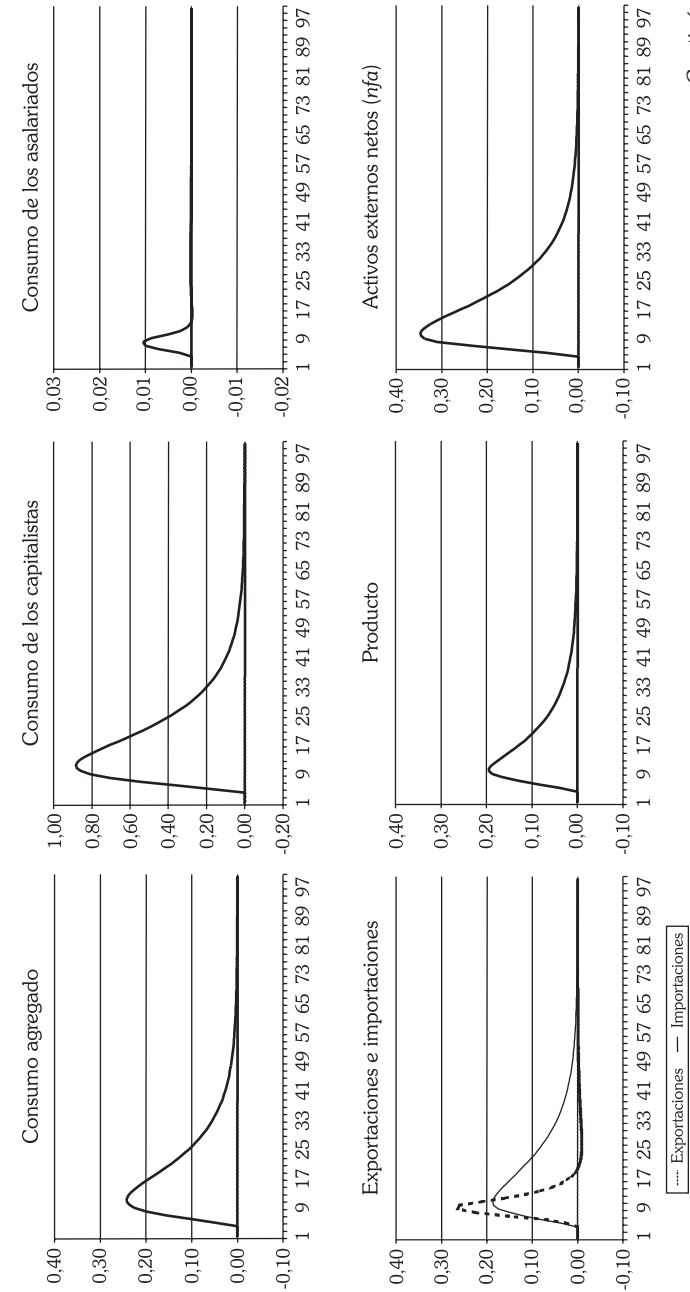
El consumo de la economía responde positivamente ante el aumento de precios internacionales y es el componente de la demanda agregada que explica, en mayor medida, la reactivación de la economía. Tal como se esperaba, la trayectoria del consumo de los asalariados, vinculada al ingreso del periodo corriente, se ajusta de manera más lenta y con menos fuerza que la trayectoria del consumo de los capitalistas. La riqueza de estos consumidores aumenta debido al incremento en los precios internacionales de las materias primas que el país exporta, ya que estos causan una mayor acumulación de activos externos netos; esta es la influencia decisiva en el incremento del consumo agregado. A este incremento del consumo se le suma el aumento del gasto público generado por la regla fiscal, siempre que se eleva la recaudación tributaria.

Las características de una pequeña economía abierta, tomadora de precios, se reflejan en el shock simulado. Así, las exportaciones reales solo muestran un ligero incremento que se explica por la elasticidad de oferta de los productos primarios, mientras que el valor de las exportaciones aumenta de manera casi similar al alza en los precios. Por su parte, las importaciones reales aumentan como consecuencia del incremento en la demanda agregada y la apreciación del tipo de cambio real. Este último efecto se explica por el alza de la tasa de interés que el Banco Central aplica como respuesta a la mayor inflación, y a la menor brecha entre la demanda agregada y el producto potencial.

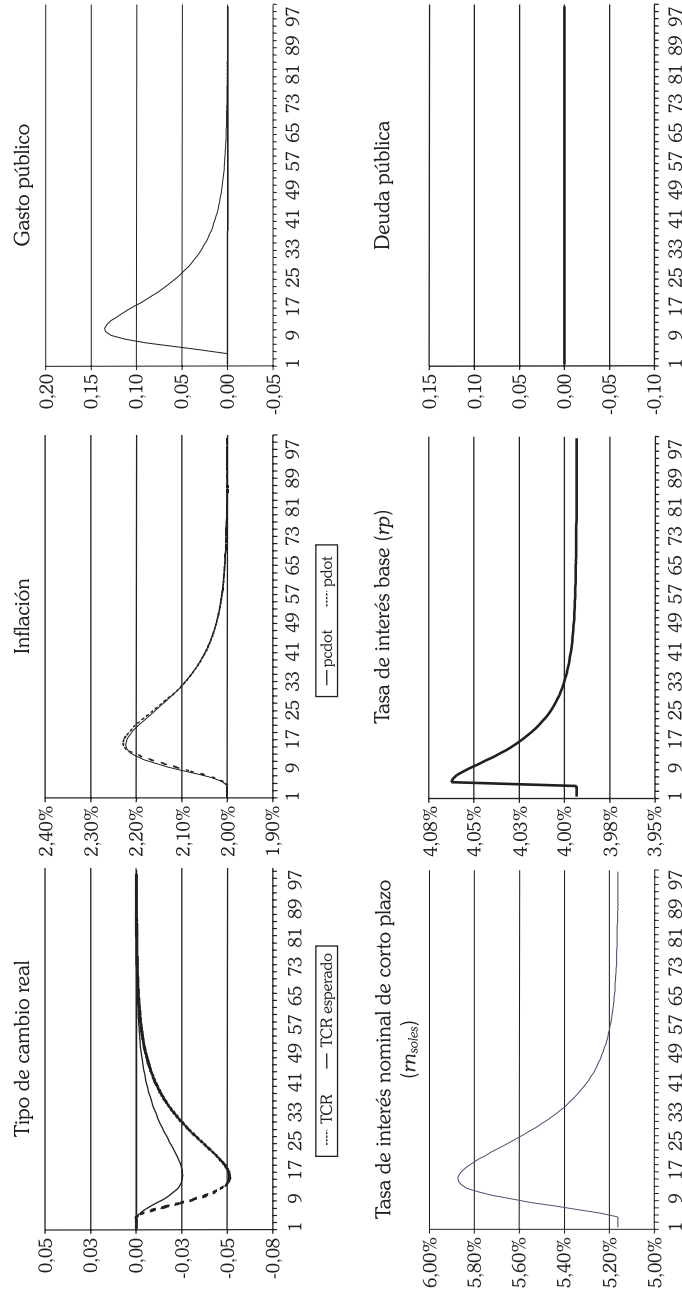
En el sector monetario, la tasa de inflación experimenta una subida por el mayor nivel de actividad económica. Si bien la apreciación del tipo de cambio real provoca una menor tasa de inflación, este efecto resulta menor que el de la reducción de la brecha del producto. De esta manera, la autoridad monetaria responde con un aumento de las tasas de interés de corto plazo en soles, que se refleja en las tasas de largo plazo relevantes para el sector real con cierto rezago y menor magnitud.

Es importante resaltar que la regla fiscal que parte de imponer un déficit fiscal objetivo implica, tal como se aprecia en la simulación, un cociente de deuda sobre producto constante. La razón de esto es que la deuda externa pública no es otra cosa que la acumulación de los déficit fiscales.

Gráfico 2.1
 Un incremento temporal de 10% en el precio mundial de las exportaciones
 Las variables están expresadas en cambios porcentuales con respecto a la solución de control
 En el caso de las tasas, las variaciones se reportan en niveles anualizados



Continuación



3.1.2 Un aumento en la tasa de interés internacional de corto plazo

Este *shock* externo adverso consiste en que la tasa de interés internacional se eleva en 100 puntos básicos (un punto porcentual).

El primer efecto que el modelo recoge es la elevación de la tasa en dólares doméstica de corto plazo de la economía, que produce un incremento en la tasa básica real relevante para las decisiones de consumo e inversión (véase el gráfico 2.2). Esto produce un efecto negativo directo sobre el consumo de los capitalistas y un efecto negativo indirecto, ya que la riqueza de estos consumidores experimenta una ligera reducción. La inversión privada también se reduce. Los efectos contractivos de estos dos componentes de la demanda agregada provocan una caída en el producto, del empleo y del consumo de los asalariados. Dada la regla fiscal, al caer la recaudación tributaria, también se reduce el gasto público.

Como consecuencia del menor nivel de actividad, se observa una caída de la tasa de inflación. Dada la regla de Taylor, la autoridad monetaria responde con una rebaja de la tasa de interés en moneda nacional, tratando de implementar una política monetaria contracíclica. Esta acción no logra contrarrestar los efectos recesivos de la elevación de la tasa de interés internacional, pues la tasa básica de interés real sube por el alto grado de dolarización de la economía.

El aumento de la tasa de interés tiene efectos directos sobre el costo del capital, lo que repercute en una reducción temporal en el *stock* de capital de la economía.

En el sector externo, las exportaciones netas reales experimentan una mejora relativa, que, en parte, se explica por la depreciación del tipo de cambio real que ocurre debido al alza de la tasa de interés internacional y a la reducción de la tasa de interés de corto plazo en moneda nacional; y, en parte, por la recesión. La balanza en cuenta corriente se deteriora, sin embargo, por el mayor pago de intereses. Esto implica que los activos externos netos disminuyen.