

# El misterio de la política monetaria: una reflexión teórica

Rafael Repullo\*

CEMFI

28 de mayo de 2004

## Resumen

Este trabajo propone un modelo motivado por el reciente debate sobre el impacto de los avances tecnológicos en el futuro de la política monetaria, que plantea la cuestión más fundamental de cómo instituciones relativamente pequeñas como son los bancos centrales tienen esa extraordinaria capacidad de afectar a sus economías. El análisis sugiere que para que los bancos centrales mantengan su influencia es esencial que las reservas de los bancos comerciales desempeñen un papel central en el sistema de pagos, por lo que deben estar remuneradas a tipos de mercado. El análisis pone de manifiesto un problema de indeterminación de los precios de equilibrio, que en el caso de que el banco central siga una regla de Taylor se complica con un problema de inestabilidad. Este segundo problema puede resolverse mediante la introducción de límites cuantitativos a las operaciones del banco central, lo que proporciona un argumento para el control de las reservas en las estrategias de política monetaria.

\* Deseo agradecer los comentarios de Juan Ayuso, David López-Salido, Claudio Michelacci y Josep Pijoan sobre una versión preliminar del artículo.

“It is with peculiar diffidence and even apprehension that one ventures to open one’s mouth on the subject of money.”

John R. Hicks (1935)

“Economics is a science of thinking in terms of models joined to the art of choosing models which are relevant to the contemporary world.”

John M. Keynes (1938)

## 1 Introducción

Hace ahora treinta años fui alumno del curso de Macroeconomía Superior que impartía Luis Ángel Rojo en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Complutense de Madrid. Aquel era un curso diferente de los demás de la licenciatura, no sólo por la exposición magistral del profesor, sino también por el orden y el rigor con que se desarrollaban los temas, por el intento de motivarlos con experiencias económicas de distintos países y por las constantes referencias a la literatura económica más reciente.<sup>1</sup> A pesar de todo, he de reconocer que en los dos últimos años de la carrera me sentí mucho más atraído por la microeconomía que por la macroeconomía. Supongo que, de manera inconsciente, percibía una diferencia entre los estándares de la primera (en particular, de la teoría del equilibrio general competitivo) y los de la segunda, a la que todavía no había llegado la revolución de las expectativas racionales.

A partir de ese año tuve una relación muy estrecha con Luis Ángel Rojo, siendo decisivo para mí su consejo de que si quería aprender economía en serio tenía que irme al extranjero. Y, de este modo, con su carta de recomendación, fui admitido al Máster de Econometría y Economía Matemática de la London School of Economics (LSE), precisamente la misma escuela donde él había realizado estudios de postgrado. Dos años después, decidí continuar allí con el Doctorado en Economía. Mi director de tesis, el profesor Douglas Gale, estaba escribiendo entonces dos libros sobre economía

---

<sup>1</sup>En este sentido, se debe destacar su insistencia en que leyéramos (en inglés) los trabajos originales de Friedman, Modigliani, Tobin, etc., a pesar de que su libro de texto, *Renta, Precios y Balanza de Pagos*, acababa de publicarse.

monetaria y me sugirió que orientara mi investigación hacia esta área. Sin embargo, supongo que también de manera inconsciente, los temas monetarios me parecieron demasiado difíciles, por lo que pasé los tres años siguientes dedicado a estudiar el papel de los activos (no monetarios) en modelos de equilibrio general con mercados incompletos.

Tras cuatro años como profesor en el Departamento de Economía de la LSE, en 1985 acepté la oferta de Luis Ángel Rojo de incorporarme al Servicio de Estudios del Banco de España. En aquel momento, no tenía una idea muy clara de lo que iba a hacer allí, aunque imaginaba que, finalmente, terminaría realizando algún tipo de investigación sobre temas monetarios. De hecho, mi primer documento de trabajo en el Banco de España fue sobre un modelo de racionamiento del crédito. En todo caso, ni en los dos años que estuve en el Servicio de Estudios ni desde mi incorporación al Centro de Estudios Monetarios y Financieros (CEMFI) me he atrevido a abordar directamente cuestiones centrales de la teoría y de la política monetaria. Hasta hoy. Mi homenaje a Luis Ángel Rojo, con quien tengo una enorme deuda intelectual y personal, va a ser precisamente entrar, por vez primera, en esta área. Y lo hago, haciendo más las palabras de Hicks al comienzo del trabajo.

La teoría monetaria es especialmente difícil porque, desde una perspectiva fundamental, el análisis del dinero exige abandonar el paradigma de agentes que realizan sus transacciones de manera multilateral a través de un “subastador walrasiano” por un sistema descentralizado de intercambios bilaterales para los que la existencia de un medio de cambio generalmente aceptado es esencial. Por este motivo, y a pesar de los avances de los últimos años, el profesor Martin Hellwig afirmaba, en su conferencia de 1993 como presidente de la European Economic Association, lo siguiente: “Creo que no tenemos, todavía, un marco teórico adecuado para estudiar el funcionamiento de un sistema monetario”.

Así pues, el objetivo de este trabajo es discutir un problema que no está resuelto, más que realizar una contribución a su solución. Y el problema concreto que quiero abordar es el de cómo los bancos centrales, siendo instituciones tan pequeñas en relación con la economía y los mercados financieros en los que operan, tienen esa extraordinaria capacidad de afectar a las variables nominales y reales de esas economías.

Este es el “misterio” de la política monetaria al que se refiere el título del trabajo.<sup>2</sup>

El lector puede, sin embargo, cuestionarse si, desde un punto de vista práctico, tiene sentido plantearse un problema tan alejado de las prioridades de los macroeconomistas o de los banqueros centrales. Para los primeros, es normalmente suficiente contar con un mecanismo *ad hoc* (como, por ejemplo, la introducción del dinero en la función de utilidad o la restricción de efectivo por adelantado) que les permita entender las relaciones entre las variables macroeconómicas fundamentales sin quedarse “atascados” en la modelización rigurosa del dinero.<sup>3</sup> Para los segundos, es obvio que la política monetaria tiene efectos significativos, por lo que lo primordial es dar respuesta a cuestiones de carácter más bien empírico, como, por ejemplo, el impacto dinámico sobre la producción y los precios de variaciones en los tipos de intervención del banco central o su efecto sobre los precios de los activos. Desde ambas perspectivas, la política monetaria no tiene ningún misterio: está claro que es efectiva, aunque de manera no completamente predecible, por lo que los esfuerzos deberían dirigirse a profundizar en la estimación de sus efectos dinámicos, sin perder el tiempo en cuestiones de carácter más fundamental que, en el mejor de los casos, sólo tienen un interés académico.

Sin embargo, la pregunta que motiva este trabajo no se refiere al presente, sino a un futuro, tal vez no muy lejano, en el que los avances en la tecnología de la información y de las comunicaciones y, especialmente, en los medios de pago electrónicos, puedan poner en cuestión la capacidad de los bancos centrales de afectar a las variables nominales y reales de sus economías. La literatura reciente sobre este tema tiene su origen en un trabajo de Benjamin Friedman (1999), cuyo título es bien ilustrativo: “El futuro de la política monetaria. El banco central como un ejército con sólo un cuerpo de comunicaciones”. Al provocador trabajo de Friedman siguieron una serie de contribuciones que, con distintos argumentos, sostenían que es muy improbable

---

<sup>2</sup>Obsérvese que, a diferencia de la política monetaria, la política fiscal no plantea misterio alguno. Por poner un ejemplo ilustrativo, para los países de la zona del euro el gasto de sus administraciones públicas suponía, en el año 2002, el 48,7% del PIB, mientras que el valor de la base monetaria del Eurosistema era, a 31 de diciembre de 2002, tan sólo el 2,6% del balance agregado de las instituciones financieras monetarias de la zona del euro.

<sup>3</sup>En este sentido, es interesante mencionar que en los modelos nekeynesianos, tan influyentes en el pensamiento macroeconómico actual, la ecuación de equilibrio del mercado de dinero se sustituye por una regla de política monetaria que describe el comportamiento del banco central, por lo que no es necesario especificar el mecanismo que genera la demanda de dinero. Véase, por ejemplo, Clarida, Galí y Gertler (1999).

que estos avances limiten la efectividad de la política monetaria.

La discusión del tema objeto de debate es, en mi opinión, algo confusa porque prácticamente ninguna de estas contribuciones se basa en un modelo de equilibrio de una economía monetaria. Pero precisamente para este tipo de cuestiones, pensar en términos de modelos, tal como defendía Keynes en la cita al comienzo de este trabajo, es fundamental. El punto de partida ha de ser, pues, un marco analítico que incorpore las características esenciales del problema que se quiere estudiar. En este sentido, el propósito de este trabajo es plantear un modelo sencillo de una economía monetaria que permita abordar el misterio de la política monetaria hoy, con el objetivo último de tratar de predecir en qué medida la generalización de medios de pago electrónicos puede amenazar el poder actual de los bancos centrales.

Por lo que respecta al tipo de modelo, mi propuesta está en línea con la de Stiglitz y Greenwald (2003), quienes opinan que “el enfoque tradicional de la economía monetaria, basado en la demanda de dinero por motivo de transacción, tiene serios problemas y no proporciona una explicación convincente de por qué –o cómo– el dinero tiene importancia. Por el contrario, la clave para comprender la economía monetaria está en la demanda y la oferta de fondos prestables, lo que, a su vez, supone entender (...) el papel de los bancos”.

Los ingredientes básicos del modelo propuesto son los siguientes. En primer lugar, dado el consenso existente sobre el limitado papel del efectivo en la ejecución de la política monetaria, se supone que el único pasivo del banco central son las reservas que los bancos comerciales han de mantener para cumplir con un coeficiente de caja no remunerado, reservas que constituyen la unidad de cuenta de la economía. En segundo lugar, para explicar las demandas de crédito y de depósitos de los bancos de la manera más sencilla posible se utiliza el modelo de generaciones solapadas de Romer (1985) en el que, en cada generación, hay un gran número de agentes con diferentes oportunidades de inversión privada: unos serán demandantes de crédito y otros serán demandantes de depósitos.<sup>4</sup> Finalmente, el modelo hace especial hincapié en las restricciones de balance que relacionan los activos y pasivos de los bancos

---

<sup>4</sup>Es interesante señalar que, en el modelo, los agentes emplean los depósitos bancarios no sólo como depósito de valor, sino también como medio de cambio. En particular, un agente que recibe un crédito bancario utiliza el depósito en el que se materializa el crédito para pagar la adquisición del bien para su inversión privada, mientras que el vendedor ingresa el importe de la operación en su cuenta bancaria.

comerciales y del banco central.

La política monetaria se instrumenta de acuerdo con el procedimiento utilizado por el Banco Central Europeo, esto es, mediante operaciones de préstamo a los bancos comerciales a un tipo de interés nominal fijado por el banco central. Un equilibrio se define como una sucesión de tipos de interés y precios tales que (i) los agentes maximizan su utilidad, (ii) los bancos maximizan sus beneficios y (iii) las ofertas agregadas de crédito y de depósitos son iguales a sus demandas.

El modelo se utiliza para analizar dos problemas que pueden afectar a la capacidad del banco central de determinar la senda de precios de equilibrio de esta economía. El primero es el problema de incentivos a la desintermediación que genera la ausencia de remuneración del coeficiente de caja, que puede llevar a la sustitución de los depósitos bancarios por préstamos titulizados. Con la desaparición de la demanda de reservas también desaparece la capacidad de préstamo del banco central y, por tanto, el instrumento de política monetaria. Sin embargo, este problema tiene fácil solución: bastaría con remunerar las reservas obligatorias de los bancos a tipos de mercado (tal como hace el Banco Central Europeo) o, alternativamente, instrumentar la política monetaria mediante la apertura de una facilidad de depósito a un tipo de interés nominal dado.

El segundo problema es más serio y tiene que ver con la indeterminación de los precios de equilibrio en modelos en los que la política monetaria se caracteriza por la fijación de un tipo de interés nominal por parte del banco central. Este resultado no es nuevo, puesto que ya había sido obtenido por Sargent y Wallace (1975) en el contexto de un modelo macroeconómico *ad hoc*, esto es, un modelo en el que las funciones de comportamiento de los agentes no se derivan de la maximización de sus funciones objetivo. La novedad está en los resultados de indeterminación real (y no sólo nominal), así como en la discusión de las implicaciones de la introducción de reglas de política monetaria y de restricciones cuantitativas a las cantidades prestadas por el banco central.

La conclusión a la que se llega es que las reglas de política monetaria (como la regla de Taylor) no sólo no resuelven el problema de indeterminación del equilibrio, sino que pueden introducir un problema adicional de inestabilidad de las sendas de precios de equilibrio. Sin embargo, la introducción de restricciones cuantitativas,

en forma de límites superiores o inferiores a las cantidades prestadas, garantiza que sendas inflacionistas o deflacionistas no van a ser compatibles con el equilibrio.

La estructura del trabajo es la siguiente. La sección 2 presenta un breve panorama del debate sobre el futuro de la política monetaria iniciado por Friedman (1999). La sección 3 introduce el modelo teórico que se utiliza en la discusión posterior y deriva algunas de las propiedades del equilibrio. Las secciones 4 y 5 analizan, respectivamente, los problemas de desintermediación y de indeterminación. Las conclusiones del trabajo se recogen en la sección 6, mientras que el apéndice contiene las demostraciones de las proposiciones enunciadas en el texto.

## **2 El debate sobre el futuro de la política monetaria**

Friedman (1999) comienza su trabajo observando que, aunque no hay ninguna duda de que hoy en día la política monetaria determina la evolución a medio y largo plazo del nivel general de precios y afecta significativamente a la actividad económica real, la cuestión clave es entender cuál es el proceso causal subyacente. La manera tradicional de abordar la influencia de los bancos centrales en la actividad económica pasa por alto su pequeño tamaño relativo para centrarse en la capacidad de influir sobre los tipos de interés. De este modo, la pregunta concreta que plantea Friedman es cuál es el mecanismo por el que los bancos centrales afectan a los tipos de interés.

Su respuesta a esta pregunta se basa en el hecho de que los bancos centrales tienen el monopolio de la oferta de las reservas que mantienen los bancos comerciales. Esto es importante por el papel que desempeñan estas reservas en el mecanismo de pagos de una economía moderna. Por este motivo, cualquier factor que ponga en cuestión el estatus de los bancos comerciales supone una amenaza para los bancos centrales. Friedman analiza dos factores relacionados, respectivamente, con el pasivo y con el activo de los bancos comerciales: por un parte, la probable reducción de la demanda de dinero bancario como consecuencia de los avances en los sistemas de pagos y, por otra, la proliferación de instrumentos de financiación no bancarios y el crecimiento de la titulización de los créditos bancarios. Ambos factores tienden a reducir el balance de los bancos y, por tanto, la demanda de reservas. En última instancia, la actividad financiera se podría desarrollar independientemente de la cantidad de reservas que el

banco central pusiera en el mercado, por lo que el monopolio de su oferta no tendría ninguna virtualidad.

Es interesante señalar que los argumentos relacionados con la reducción de la demanda de dinero bancario ya habían sido avanzados por Goodhart (1987) en un trabajo en el que, sin embargo, no analizaba las implicaciones para la ejecución de la política monetaria.<sup>5</sup> En particular, Goodhart sostenía que “sería perfectamente posible, en general más seguro y en todo caso un desarrollo probable, que los instrumentos para las transacciones fueran proporcionados por (...) instituciones de inversión colectiva que invirtieran en activos negociables”. Así, un agente que realizara una compra pagaría su importe mediante la venta de participaciones de uno de sus fondos de inversión, mientras que el vendedor ingresaría el importe en uno de sus fondos. Obviamente, si el comprador y el vendedor tuvieran el mismo fondo de inversión, el pago sólo requeriría una anotación contable, sin necesidad de efectuar transferencias entre las cuentas de las instituciones en el banco central. Pero con sistemas de compensación y liquidación suficientemente desarrollados, el paso por el banco central podría realizarse intradía, de modo que los saldos mantenidos al cierre de cada sesión serían mínimos (cero en el límite).<sup>6</sup>

Argumentos similares eran utilizados por Mervyn King (1999) en su conferencia de Jackson Hole: “No hay ningún obstáculo conceptual a la idea de que dos individuos participantes en una transacción puedan realizar el pago en tiempo real mediante una transferencia de riqueza de una cuenta electrónica a otra”, en cuyo caso “el monopolio del banco central de emisión de la base monetaria no tendría valor”.

El interés suscitado por los artículos de Friedman y King motivó la organización de una conferencia en julio de 2000 en el Banco Mundial, cuyos trabajos fueron publicados en un número especial de la revista *International Finance*. La contribución de Goodhart (2000) hacía especial hincapié en el anonimato que caracteriza el pago con efectivo: “el efectivo es anónimo en el sentido de que el receptor de un pago ni tiene que conocer ni aprender nada sobre su contraparte en el proceso de intercambio”.

---

<sup>5</sup> Asimismo, se deben citar como precursores del reciente debate los trabajos seminales de Black (1970) y Fama (1980).

<sup>6</sup> Las ventajas que destaca Goodhart de instrumentar los pagos de esta manera son que, a diferencia de los bancos, las instituciones de inversión colectiva no tienen problemas de liquidez (al invertir en activos negociados en mercados organizados) ni de solvencia (al variar sus pasivos en línea con el valor de sus activos).



Esta característica única del efectivo hace muy improbable, en opinión de Goodhart, que los avances en la tecnología de la información y de las comunicaciones vayan a eliminar su demanda, concluyendo que “la existencia de una demanda determinada de base monetaria hace que el banco central sea capaz de controlar tanto el tipo de interés nominal como el nivel de precios.”

El papel del efectivo en la capacidad de los bancos centrales de influir sobre los tipos de interés es, sin embargo, cuestionado por Freedman (2000), quien ignora este componente de la base monetaria, señalando que “el efectivo desempeña un papel pasivo en la implementación de la política monetaria.” En su opinión, lo que es crucial es “la combinación del monopolio del banco central de la oferta de reservas con su capacidad de imponer las condiciones relacionadas con el exceso o déficit de reservas”. En este sentido, menciona las ventajas del banco central como proveedor del mecanismo de pagos interbancarios, entre las que destaca su capacidad de actuar como prestamista de última instancia. Así pues, en la medida en que los bancos comerciales utilicen la transferencia de reservas como mecanismo de pagos eficiente y barato, el banco central (mediante, por ejemplo, una oferta de reservas infinitamente elástica a un tipo de interés dado o un sistema de facilidades de depósito y crédito como las establecidas por el Banco Central Europeo) mantendrá su influencia sobre los tipos de interés a corto plazo.

En su contribución, Woodford (2000) sostiene que la preocupación por el futuro de la política monetaria no está justificada, concluyendo que “en el próximo siglo el papel de los bancos centrales en el control de la inflación será esencialmente el mismo que ahora”. En su opinión, el debate tiene su origen en una serie de ideas equivocadas. La primera es no darse cuenta de que un banco central sólo tiene que ser capaz de controlar los tipos de interés a corto plazo para conseguir sus objetivos de estabilización. La segunda es suponer que el uso del efectivo es importante para el mecanismo de transmisión de la política monetaria. Y la tercera es pensar que para que un banco central pueda controlar los tipos de interés a corto plazo es necesario que exista una relación estable entre estos tipos y la demanda de reservas por parte de los bancos comerciales. Woodford considera explícitamente la amenaza que puede suponer el desarrollo de sistemas de pagos que no requieran la liquidación mediante transferencias entre cuentas en el banco central, pero argumenta que hay varios

motivos por los que la liquidación en esas cuentas debería seguir siendo atractiva y concluye que “el control perfecto de los tipos de interés a un día sería todavía posible mediante ajustes en la remuneración de las reservas bancarias”.

En su respuesta a Goodhart, Freedman y Woodford, Friedman (2000) sostiene que la clave de la discusión no está en que desaparezca la demanda de efectivo, o que los bancos no deseen mantener reservas en el banco central, o que éste no sea capaz de influir en “algún” tipo de interés a corto plazo. El problema se encuentra en la posibilidad de que los avances tecnológicos produzcan una segregación de las operaciones del banco central de los tipos de interés que influyen en las decisiones intertemporales de los consumidores y las empresas. Para Friedman, no hay ninguna duda de que un prestamista o un prestatario dispuestos a realizar transacciones de tamaño arbitrariamente grande pueden afectar a los tipos de interés relevantes para estas decisiones. La cuestión está en explicar cómo un mecanismo que descansa en la disposición a realizar transacciones en cantidades ilimitadas puede funcionar indefinidamente en base a transacciones de tamaño cada vez menor.

En apoyo de la tesis de Friedman, me parece importante señalar que el mercado interbancario no es un mercado de dinero (esto es, de reservas cuya oferta está controlada monopolísticamente por el banco central), sino un mercado de préstamos a corto plazo entre entidades financieras. El papel del dinero como medio de pago en este mercado no es conceptualmente diferente del papel del dinero en el mercado de deuda a largo plazo (o en el de automóviles): el hecho de que se pague con dinero no los convierte en “mercados de dinero”. Por este motivo, el monopolio de la oferta de reservas bancarias es irrelevante para el comportamiento del mercado interbancario. Lo que único que realmente importa es el tamaño potencial de las operaciones de demanda o de oferta de financiación que el banco central pueda realizar en este mercado.<sup>7</sup>

Para abordar esta cuestión es, en mi opinión, esencial considerar las restricciones

---

<sup>7</sup>Sorprendentemente, esta confusión es muy habitual en la literatura económica. Por ejemplo, Woodford (2000, p. 234) afirma que “el tipo de interés a un día que los bancos centrales tratan de controlar se determina en el mercado interbancario de reservas”, mientras que autores como Guthrie y Wright (2000) utilizan la posición del banco central como monopolista de las reservas bancarias para justificar la efectividad de las llamadas “operaciones de boca abierta” (donde juegan con la sustitución de la palabra “market” por la palabra “mouth”) en las que el banco central mueve los tipos de interés con una simple declaración de intenciones; véase también Thornton (2004).

de balance del banco central, que son generalmente ignoradas en esta literatura.<sup>8</sup> Por ejemplo, el análisis de la introducción de una facilidad de crédito requeriría tener en cuenta la contrapartida de creación de reservas y, en particular, de qué manera la demanda de reservas se va a ajustar a la oferta, mientras que el análisis de una facilidad de depósito exigiría concretar el uso de los fondos captados por el banco central (compra de activos financieros, reducción de operaciones de financiación, etc.) y examinar sus consecuencias. Obviamente, estos análisis precisan un marco de equilibrio general. En principio, se podría utilizar el propuesto recientemente por Woodford (2003) en su monumental libro *Interest and Prices*. Sin embargo, el modelo nekeynesiano que desarrolla Woodford me parece excesivamente complicado y, además, no incorpora ningún tipo de intermediarios financieros. Por ello, en el resto de este trabajo voy a plantear un modelo sencillo de una economía monetaria con bancos comerciales que trata de iluminar algunas de las cuestiones fundamentales suscitadas en el debate sobre el futuro de la política monetaria.

### 3 El modelo teórico

Considérese un *modelo de generaciones solapadas* en el que cada generación consta de un continuo de agentes que viven dos periodos. Existe un único bien en cada periodo que se puede consumir o invertir.

Los *agentes* de la generación nacida en el periodo  $t$  se caracterizan por:

- (i) tener una *dotación inicial*  $e$  del bien en  $t$ , que se encuentra uniformemente distribuida en el intervalo  $[0, 1]$ ,
- (ii) estar interesados en consumir sólo en  $t + 1$  y
- (iii) tener acceso a una *tecnología de producción privada* que proporciona  $f(x)$  unidades del bien en  $t + 1$  por cada  $x$  unidades invertidas en  $t$ .

La función de producción  $f(x)$  satisface  $f(0) = 0$  y es creciente y cóncava. La concavidad implica que la productividad marginal de la inversión de su dotación

---

<sup>8</sup>Como botón de muestra se puede citar el famoso trabajo de Sargent y Wallace (1985), en el que no se tiene en cuenta el lado del activo del balance del banco central.

inicial en la tecnología de producción privada es mayor para los agentes pobres (con  $e$  bajo) que para los ricos (con  $e$  alto), de manera que existe un incentivo a abrir un mercado de crédito. En este mercado, los agentes ricos prestarían una parte de su dotación inicial en  $t$  a los pobres a cambio de una promesa de pago en  $t + 1$ . Sin embargo, este mercado sólo puede funcionar si existe un mecanismo que garantice el cumplimiento de estas promesas.

Para este fin, supondremos que existe un gran número de instituciones privadas, llamadas *bancos*, que actúan como intermediarios en este mercado. Esto exige, por una parte, garantizar el cumplimiento de las promesas de pago de los agentes prestatarios y, por otra, comprometerse a cumplir sus promesas de pago a los agentes prestamistas (depositantes). Para simplificar la presentación, introduciremos el supuesto de que la actividad de intermediación de los bancos no tiene ningún coste.

Finalmente, supondremos que existe una institución pública, llamada *banco central*, cuyos pasivos definen la unidad de cuenta de la economía, en la que se denomina el precio  $P_t$  del bien en cada periodo  $t$ . El banco central se financia mediante la imposición a los bancos de un *coeficiente de caja*  $\phi$  no remunerado, e invierte los recursos captados en la concesión de préstamos a los bancos a un *tipo de interés*  $i_t$ , que constituye el instrumento de política monetaria. Los beneficios del banco central, que resultan del diferencial  $i_t$  entre la rentabilidad del activo y el coste del pasivo, se distribuyen mediante transferencias de suma fija en el periodo  $t + 1$  a los agentes nacidos en el periodo  $t$ .

### 3.1 Comportamiento de los bancos

En cada periodo  $t$ , el banco representativo capta depósitos  $D_t$  a un tipo de interés  $i_{Dt}$ , obtiene financiación  $B_t$  del banco central a un tipo de interés  $i_t$ , concede créditos  $L_t$  a un tipo de interés  $i_{Lt}$ , y mantiene reservas no remuneradas  $R_t$ .<sup>9</sup> Tomando los tipos de interés como dados, el banco maximiza sus beneficios

$$i_{Lt}L_t - i_{Dt}D_t - i_tB_t, \quad (1)$$

sujeto a la restricción de balance

$$L_t + R_t = D_t + B_t \quad (2)$$

---

<sup>9</sup>Obsérvese que, por simplicidad, se supone que el banco no tiene capital.

y a la restricción del coeficiente de caja

$$R_t \geq \phi D_t. \quad (3)$$

Sustituyendo  $L_t = D_t + B_t - R_t$  en la función objetivo (1), sumando y restando  $i_{Lt}\phi D_t$  y reordenando los términos resultantes se obtiene

$$[(1 - \phi)i_{Lt} - i_{Dt}]D_t + (i_{Lt} - i_t)B_t - i_{Lt}(R_t - \phi D_t). \quad (4)$$

A partir de esta expresión, es obvio que si  $(1 - \phi)i_{Lt} - i_{Dt} > 0$  el banco desearía expandir indefinidamente su volumen de depósitos ( $D_t = \infty$ ), mientras que si  $(1 - \phi)i_{Lt} - i_{Dt} < 0$  el banco no desearía captar depósitos ( $D_t = 0$ ), de modo que, en equilibrio, se ha de verificar la condición

$$i_{Dt} = (1 - \phi)i_{Lt}, \quad (5)$$

que establece que el tipo de interés de los depósitos  $i_{Dt}$  es una fracción  $1 - \phi$  del tipo de interés de los créditos  $i_{Lt}$ . Este resultado es fácil de interpretar: de cada unidad de depósitos captada, una fracción  $1 - \phi$  se invierte en la concesión de créditos a un tipo  $i_{Lt}$ , mientras que el resto se mantiene como reservas obligatorias a un tipo cero, de modo que (5) es una condición de beneficios cero que garantiza que el rendimiento obtenido  $(1 - \phi)i_{Lt}$  es igual al coste  $i_{Dt}$ .

Análogamente, si  $i_{Lt} - i_t > 0$  el banco desearía expandir indefinidamente su endeudamiento con el banco central ( $B_t = \infty$ ), mientras que si  $i_{Lt} - i_t < 0$  el banco no desearía endeudarse con el banco central ( $B_t = 0$ ), lo que no es posible en equilibrio puesto que los préstamos del banco central son en este modelo la única forma de obtener las reservas que los bancos deben mantener en proporción a sus depósitos. Así pues, se tiene la segunda condición de equilibrio

$$i_{Lt} = i_t, \quad (6)$$

que establece que el tipo de interés de los créditos  $i_{Lt}$  es igual al tipo de intervención del banco central  $i_t$ .

Finalmente, el último término de la función objetivo (4) implica que, en equilibrio, el banco representativo no va a desear mantener reservas por encima de las requeridas por el coeficiente de caja, de modo que  $R_t = \phi D_t$ .

### 3.2 Comportamiento de los agentes

Dados los tipos de interés de los depósitos  $i_{Dt}$  y de los créditos  $i_{Lt}$ , la función objetivo de un agente de la generación nacida en el periodo  $t$  con una dotación inicial  $e$  es maximizar su consumo en el periodo  $t + 1$ ,<sup>10</sup> que viene dado por

$$f(x) + \frac{(1 + i_{Dt})P_t}{P_{t+1}} \max\{e - x, 0\} - \frac{(1 + i_{Lt})P_t}{P_{t+1}} \max\{x - e, 0\}. \quad (7)$$

El primer término de esta expresión es la producción  $f(x)$  que resulta de la inversión  $x$  en la tecnología de producción privada. El segundo término sólo es relevante cuando  $e - x > 0$ , esto es, cuando la inversión privada  $x$  es menor que la dotación inicial  $e$ , en cuyo caso el agente invierte la diferencia en un depósito bancario. La rentabilidad real de este depósito se obtiene multiplicando el excedente de dotación inicial,  $\max\{e - x, 0\}$ , por el precio del bien en  $t$ ,  $P_t$ , y por la rentabilidad nominal bruta de los depósitos bancarios,  $(1 + i_{Dt})$ , y dividiendo la expresión resultante por el precio esperado del bien en  $t + 1$ ,  $P_{t+1}$ . Finalmente, el tercer término sólo es relevante cuando  $x - e > 0$ , esto es, cuando la inversión privada  $x$  es mayor que la dotación inicial  $e$ , en cuyo caso el agente toma un crédito bancario por la diferencia. El coste real de este crédito se obtiene multiplicando el déficit de dotación inicial,  $\max\{x - e, 0\}$ , por el precio del bien en  $t$ ,  $P_t$ , y por el coste nominal bruto de los créditos bancarios,  $(1 + i_{Lt})$ , y dividiendo la expresión resultante por el precio esperado del bien en  $t + 1$ ,  $P_{t+1}$ .

Obsérvese que para calcular sus decisiones óptimas de inversión, los agentes nacidos en el periodo  $t$  necesitan formar expectativas sobre el precio del bien en  $t + 1$ . Como es habitual, supondremos expectativas racionales, de modo que el precio esperado coincide con el precio de equilibrio en  $t + 1$ .

La función objetivo (7) se puede reescribir de manera más compacta como

$$f(x) + (1 + r_{Dt}) \max\{e - x, 0\} - (1 + r_{Lt}) \max\{x - e, 0\}, \quad (8)$$

donde  $r_{Dt}$  y  $r_{Lt}$  son los tipos de interés reales de los depósitos y de los créditos definidos por

$$1 + r_{Dt} = \frac{1 + i_{Dt}}{1 + \pi_{t+1}} \quad \text{y} \quad 1 + r_{Lt} = \frac{1 + i_{Lt}}{1 + \pi_{t+1}} \quad (9)$$

---

<sup>10</sup>En la expresión (7) se omiten las transferencias de suma fija del banco central, que no tienen ningún efecto en las decisiones individuales.

y  $\pi_{t+1}$  es la tasa de inflación entre los periodos  $t$  y  $t + 1$  definida por

$$1 + \pi_{t+1} = \frac{P_{t+1}}{P_t}, \quad (10)$$

El siguiente resultado caracteriza la solución al problema de maximización de (8) con respecto a  $x$ .

**Proposición 1:** *La decisión de inversión óptima de un agente de la generación nacida en el periodo  $t$  con una dotación inicial  $e$  viene dada por*

$$x(e) = \begin{cases} x_{Lt}, & \text{si } e < x_{Lt}, \\ e, & \text{si } x_{Lt} \leq e \leq x_{Dt}, \\ x_{Dt}, & \text{si } x_{Dt} < e, \end{cases} \quad (11)$$

donde los valores críticos  $x_{Lt}$  y  $x_{Dt}$  se definen implícitamente por las condiciones

$$f'(x_{Lt}) = 1 + r_{Lt} \quad \text{y} \quad f'(x_{Dt}) = 1 + r_{Dt}. \quad (12)$$

Así pues, los agentes pobres (con  $e < x_{Lt}$ ) invierten  $x_{Lt}$  en la tecnología de producción privada y se endeudan (en términos reales) por importe de  $x_{Lt} - e$ , mientras que los agentes ricos (con  $e > x_{Dt}$ ) invierten  $x_{Dt}$  en la tecnología privada y depositan (en términos reales)  $e - x_{Dt}$  en los bancos. Finalmente, los agentes con  $x_{Lt} \leq e \leq x_{Dt}$  invierten toda su dotación inicial en la tecnología privada y no tienen ninguna relación con los bancos.<sup>11</sup>

La función de demanda agregada de crédito (en términos reales) se calcula integrando las demandas individuales,  $x_{Lt} - e$ , de aquellos agentes que demandan financiación bancaria, de donde se obtiene

$$l(r_{Lt}) = \int_0^{x_{Lt}} (x_{Lt} - e) de = \frac{1}{2}x_{Lt}^2. \quad (13)$$

Del mismo modo, la función de demanda agregada de depósitos (en términos reales) se calcula integrando las demandas individuales,  $e - x_{Dt}$ , de aquellos agentes que demandan depósitos bancarios, de donde se obtiene

$$d(r_{Dt}) = \int_{x_{Dt}}^1 (e - x_{Dt}) de = \frac{1}{2}(1 - x_{Dt})^2. \quad (14)$$

---

<sup>11</sup>Obsérvese que por la condición (5) se tiene que  $r_{Lt} > r_{Dt}$ , de modo que  $f'(x_{Lt}) = 1 + r_{Lt} > 1 + r_{Dt} = f'(x_{Dt})$ , lo que, dada la concavidad de la función  $f(x)$ , implica  $x_{Lt} < x_{Dt}$ .

Dadas las definiciones de  $x_{Lt}$  y  $x_{Dt}$  en (12), la concavidad de la función de producción  $f(x)$  implica

$$l'(r_{Lt}) = \frac{x_{Lt}}{f''(x_{Lt})} < 0 \quad \text{y} \quad d'(r_{Dt}) = -\frac{1 - x_{Dt}}{f''(x_{Dt})} > 0.$$

Por lo tanto, la función de demanda agregada de crédito es decreciente en el tipo de interés real de los créditos, mientras que la función de demanda agregada de depósitos es creciente en el tipo de interés real de los depósitos.

### 3.3 Análisis del equilibrio

Un *equilibrio* es una sucesión de tipos de interés y precios  $\{i_t, P_t\}$  que verifica, para todo  $t$ ,

$$L_t = P_t l(r_{Lt}) \quad \text{y} \quad D_t = P_t d(r_{Dt}), \quad (15)$$

donde

$$r_{Lt} = \frac{i_t - \pi_{t+1}}{1 + \pi_{t+1}} \quad \text{y} \quad r_{Dt} = \frac{(1 - \phi)i_t - \pi_{t+1}}{1 + \pi_{t+1}}. \quad (16)$$

y  $\pi_{t+1}$  viene dado por (10).

Las condiciones en (15) garantizan que, a los tipos reales de equilibrio, las ofertas agregadas de crédito y de depósitos son iguales a sus demandas, mientras que las condiciones en (16) expresan, en términos de tipos reales, la relaciones (5) y (6) entre los tipos de interés de los créditos y de los depósitos y el tipo de intervención del banco central.

Sustituyendo las condiciones de equilibrio (15) en el balance del banco representativo  $L_t + R_t = D_t + B_t$ , y teniendo en cuenta que el balance del banco central implica que  $B_t = R_t$ , se llega a la condición de equilibrio

$$l\left(\frac{i_t - \pi_{t+1}}{1 + \pi_{t+1}}\right) = d\left(\frac{(1 - \phi)i_t - \pi_{t+1}}{1 + \pi_{t+1}}\right). \quad (17)$$

Despejando  $\pi_{t+1}$  en esta ecuación se obtiene la función  $\pi_{t+1}(i_t, \phi)$  que caracteriza la tasa de inflación de equilibrio. Asimismo, sustituyendo  $\pi_{t+1}(i_t, \phi)$  en (16) se obtienen las funciones  $r_{Lt}(i_t, \phi)$  y  $r_{Dt}(i_t, \phi)$  que caracterizan los tipos reales de equilibrio de los créditos y de los depósitos. Las propiedades de estas funciones se resumen en el siguiente resultado.



**Proposición 2:** *La funciones  $\pi_{t+1}(i_t, \phi)$ ,  $r_{Lt}(i_t, \phi)$  y  $r_{Dt}(i_t, \phi)$  que relacionan la tasa de inflación  $\pi_{t+1}$  y los tipos reales  $r_{Lt}$  y  $r_{Dt}$  de equilibrio con el tipo de intervención del banco central  $i_t$  y el coeficiente de caja  $\phi$  satisfacen:*

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{t+1}}{\partial i_t} &> 0, & \frac{\partial r_{Lt}}{\partial i_t} &> 0, & \frac{\partial r_{Dt}}{\partial i_t} &< 0, \\ \frac{\partial \pi_{t+1}}{\partial \phi} &< 0, & \frac{\partial r_{Lt}}{\partial \phi} &> 0, & \frac{\partial r_{Dt}}{\partial \phi} &< 0. \end{aligned}$$

La explicación de estos resultados es sencilla. Un aumento del tipo de interés de los préstamos del banco central  $i_t$  lleva, *ceteris paribus* (esto es, si no varía  $\pi_{t+1}$ ), a un incremento de los tipos de interés reales  $r_{Lt}$  y  $r_{Dt}$ , que reduce la demanda de crédito e incrementa la demanda de depósitos de los agentes. Para restablecer el equilibrio, la tasa de inflación  $\pi_{t+1}$  ha de crecer. El efecto final sobre los tipos reales  $r_{Lt}$  y  $r_{Dt}$  es en principio ambiguo, dado que aumentan tanto los tipos nominales como la tasa de inflación. Sin embargo, los tipos reales de equilibrio se obtienen como intersección de la curva que se deriva de la condición  $l(r_{Lt}) = d(r_{Dt})$  y de la recta

$$r_{Dt} = (1 - \phi)r_{Lt} - \frac{\phi\pi_{t+1}}{1 + \pi_{t+1}}$$

que se deriva de la condición (16). Dado que  $l(r_{Lt})$  es decreciente y  $d(r_{Dt})$  creciente, la curva tiene pendiente negativa, mientras que el incremento en  $\pi_{t+1}$  desplaza hacia abajo la recta, de donde se sigue que  $r_{Lt}$  ha de aumentar y  $r_{Dt}$  ha de disminuir.

Por otro lado, una elevación del coeficiente de caja  $\phi$  lleva, *ceteris paribus*, a una reducción del tipo de interés real  $r_{Dt}$ , que disminuye la demanda de depósitos. Para restablecer el equilibrio, la tasa de inflación  $\pi_{t+1}$  ha de caer, lo que a su vez explica el aumento del tipo de interés real de los créditos  $r_{Lt}$ . El efecto final sobre  $r_{Dt}$  es, en principio ambiguo, si bien, dado que la curva que se deriva de la condición  $l(r_{Lt}) = d(r_{Dt})$  tiene pendiente negativa,  $r_{Lt}$  y  $r_{Dt}$  han de moverse en direcciones opuestas, de donde se sigue que el tipo de interés real de los depósitos  $r_{Dt}$  ha de disminuir.

El hecho de que un aumento del tipo de intervención  $i_t$  incremente la tasa de inflación  $\pi_{t+1}$  puede parecer sorprendente. Sin embargo, es un resultado obvio en contextos en los que los tipos reales son relativamente estables, de modo que cambios en los tipos nominales se traducen en variaciones del mismo signo de la tasa de inflación.

El nivel de producción de equilibrio de esta economía en el periodo  $t + 1$  viene dado por

$$y_{t+1} = x_{Lt}f(x_{Lt}) + (1 - x_{Dt})f(x_{Dt}) + \int_{x_{Lt}}^{x_{Dt}} f(e) de, \quad (18)$$

donde el primer término corresponde a la producción de los agentes que se endeudan con los bancos, el segundo a la producción de los depositantes de los bancos y el tercero a la producción de los agentes que no tienen ninguna relación con los bancos. Diferenciando esta expresión se obtiene el siguiente resultado.

**Proposición 3:** *La función  $y_{t+1}(i_t, \phi)$  que relacionan el nivel de producción de equilibrio  $y_{t+1}$  con el tipo de intervención del banco central  $i_t$  y el coeficiente de caja  $\phi$  satisface:*

$$\frac{\partial y_{t+1}}{\partial i_t} < 0 \quad y \quad \frac{\partial y_{t+1}}{\partial \phi} < 0.$$

Este resultado es fácil de explicar. Aumentos tanto del tipo de interés de los préstamos del banco central  $i_t$  como del coeficiente de caja  $\phi$  producen un incremento del diferencial entre los tipos nominales de los créditos y de los depósitos,  $i_{Lt} - i_{Dt} = \phi i_t$ , lo que amplía el diferencial entre los tipos reales de los créditos y de los depósitos,  $r_{Lt} - r_{Dt}$ , y, en consecuencia, la brecha entre la productividad marginal de los agentes que se endeudan con los bancos,  $f'(x_{Lt}) = 1 + r_{Lt}$ , y la productividad marginal de los depositantes,  $f'(x_{Dt}) = 1 + r_{Dt}$ . En otras palabras, la ausencia de remuneración del coeficiente de caja es equivalente a un impuesto sobre la intermediación bancaria que es creciente en el tipo de intervención  $i_t$  y en el nivel del coeficiente  $\phi$ , por lo que incrementos en  $i_t$  o en  $\phi$  aumentan las distorsiones reales ocasionadas por este impuesto, reduciendo la producción de equilibrio  $y_{t+1}$ .

## 4 El problema de desintermediación

Esta sección analiza el problema de los incentivos a la desintermediación que genera el impuesto sobre la intermediación bancaria asociado a la existencia de un coeficiente de caja no remunerado, que puede llevar a que el banco central pierda el instrumento de política monetaria.

El coste del coeficiente en el periodo  $t$ , por unidad de depósitos, viene dado por el diferencial entre el tipo de interés de los créditos y el tipo de interés de los depósitos,  $i_{Lt} - i_{Dt} = \phi i_t$ . Cuando el nivel del coeficiente  $\phi$  o el tipo de intervención del banco

central  $i_t$  son elevados, los bancos tienen un incentivo a titularizar sus préstamos, que serían vendidos en un mercado de valores a los ahorradores. Suponiendo que la titularización tuviera un coste marginal constante  $c$ , los bancos se desprenderían de sus préstamos financiados con depósitos y los depositantes retirarían todos sus depósitos para adquirir los activos titularizados si se verificara que  $c < \phi i_t$ . En este caso, los bancos terminarían el periodo  $t$  sin depósitos ( $D_t = 0$ ) y, por tanto, sin reservas ( $R_t = \phi D_t = 0$ ). Aunque, en principio, los bancos podrían mantener en su balance una parte de su cartera crediticia, financiada con préstamos del banco central (esto es, con  $L_t = B_t > 0$ ), ésta no puede ser una configuración de equilibrio, ya que el balance del banco central implica que  $B_t = R_t = 0$ . En otras palabras, con la desaparición de la demanda de reservas bancarias también desaparece la capacidad de préstamo del banco central y, por tanto, el instrumento de política monetaria.<sup>12</sup>

Las innovaciones financieras de las dos últimas décadas han reducido drásticamente el coste de la titularización, pero, al mismo tiempo, el proceso de desinflación de los años ochenta y noventa ha llevado a una importante reducción de los tipos de interés, de modo que, en términos del modelo, podríamos tener todavía que  $c > \phi i_t$ . En todo caso, no hay ninguna garantía de que la ventaja relativa de los depósitos bancarios se pueda mantener indefinidamente, por lo que podemos enunciar el siguiente problema.

**Problema de desintermediación:** *Dado un coeficiente de caja no remunerado, la innovación financiera puede conducir a la completa sustitución de los depósitos bancarios por préstamos titularizados, lo que llevaría a que el banco central perdiera el instrumento de política monetaria.*

La solución de este problema es obvia: bastaría con remunerar las reservas obligatorias de los bancos.<sup>13</sup> En particular, si  $i_{Rt}$  denomina el tipo de remuneración del coeficiente de caja, entonces es inmediato verificar que la condición de equilibrio (5) se convierte en

$$i_{Dt} = (1 - \phi)i_{Lt} + \phi i_{Rt}, \quad (19)$$

---

<sup>12</sup>Obsérvese que, en estas condiciones, el banco central también perdería su capacidad de utilizar operaciones de mercado abierto como instrumento de política monetaria, puesto que nadie demandaría las reservas creadas como contrapartida de la compra de activos titularizados.

<sup>13</sup>Como es bien sabido, ésta es una característica de la instrumentación de la política monetaria del Banco Central Europeo. Véase Banco Central Europeo (2004, capítulo 7).

de manera que, en equilibrio, el coste del coeficiente se reduce a  $i_{Lt} - i_{Dt} = \phi(i_t - i_{Rt})$ , haciéndose cero cuando  $i_{Rt} = i_t$ , esto es, cuando las reservas obligatorias se remuneraran a tipos de mercado.<sup>14</sup> En este caso desaparecerían los incentivos a la titulización de los préstamos bancarios, por lo que el banco central no perdería su capacidad de fijar el tipo de interés nominal  $i_t$  y, en consecuencia, la tasa de inflación  $\pi_{t+1}$ .

Si las reservas obligatorias se remuneraran a tipos de mercado, en equilibrio se tiene que  $r_{Lt} = r_{Dt}$ , de modo que la condición (17) determina un tipo de interés real de equilibrio  $r^*$ , que no depende del tipo de interés de los préstamos del banco central  $i_t$  ni del coeficiente de caja  $\phi$ . En particular, sustituyendo (13) y (14) en esta condición se tiene que, en equilibrio,  $x_{Lt} = 1 - x_{Dt}$ , por lo que, utilizando las definiciones de  $x_{Lt}$  y  $x_{Dt}$  en (3), se concluye que el tipo de interés real de equilibrio viene dado por

$$r^* = f'(\frac{1}{2}) - 1. \quad (20)$$

Este resultado implica que se verifica la ecuación de Fisher

$$\pi_{t+1}(i_t) = \frac{i_t - r^*}{1 + r^*}. \quad (21)$$

de modo que la tasa de inflación de equilibrio  $\pi_{t+1}$  es una función lineal del tipo de intervención  $i_t$  (y no depende del coeficiente de caja  $\phi$ ).

Una manera alternativa de resolver el problema de desintermediación sería instrumentar la política monetaria mediante el anuncio por parte del banco central de una *facilidad de depósito* al tipo de interés  $i_t$ . Esta alternativa ha sido recientemente propuesta por Goodfriend (2002) como estrategia para hacer frente al problema de la cota inferior cero de los tipos nominales, que puede ser vinculante para un banco central en situaciones de deflación, como la experimentada por la economía japonesa en los años noventa. El mecanismo concreto propuesto por Goodfriend no requiere la existencia de un coeficiente de caja, sino que bastaría con que el banco central (i) realizara una operación de mercado abierto expansiva que inyectara una cantidad  $R_t$  de reservas y (ii) fijara un tipo de remuneración  $i_t$  para dichas reservas.<sup>15</sup> En este caso, la función

<sup>14</sup>Cuando las reservas obligatorias se remuneraran al tipo  $i_{Rt}$ , el tercer término de la función objetivo del banco representativo (4) sigue siendo  $-i_{Lt}(R_t - \phi D_t)$ , de modo que, en equilibrio, el banco fijaría  $R_t = \phi D_t$ . Sin embargo, cuando las reservas totales, y no sólo las obligatorias, se remuneraran al tipo  $i_{Rt}$ , el tercer término se convierte en  $(i_{Rt} - i_{Lt})(R_t - \phi D_t)$ , por lo que en el caso de remuneración a tipos de mercado, el volumen de reservas  $R_t$  quedaría indeterminado.

<sup>15</sup>Obviamente, para realizar la operación de mercado abierto es necesaria la existencia de un mer-

objetivo del banco representativo sería  $i_{Lt}L_t + i_tR_t - i_{Dt}D_t$ , por lo que sustituyendo la restricción de balance  $L_t + R_t = D_t$  se llega a  $(i_{Lt} - i_{Dt})D_t + (i_t - i_{Lt})R_t$ , de donde se sigue que las condiciones para un equilibrio con  $0 < D_t < \infty$  y  $0 < R_t < \infty$  son  $i_{Dt} = i_{Lt} = i_t$ . Por lo tanto, la alternativa propuesta por Goodfriend permite al banco central anclar los tipos de interés de los depósitos y de los créditos al nivel  $i_t$ , sin que sea necesaria la existencia de un coeficiente de caja.

La conclusión a la que se llega es, pues, que el problema de desintermediación no es grave, siempre que el banco central esté dispuesto a renunciar a los ingresos por señoreaje que se derivan de la ausencia de remuneración del coeficiente de caja. Estos resultados apoyan la tesis de Freedman (2000) en el debate sobre el futuro de la política monetaria: en la medida en que las reservas de los bancos comerciales sigan desempeñando un papel central en el sistema de pagos, los bancos centrales podrán mantener su influencia sobre sus economías.

## 5 El problema de indeterminación

Esta sección discute un problema más fundamental, que es el de la indeterminación de los precios de equilibrio. Por simplicidad, el análisis se va a realizar en el contexto del modelo en el que el coeficiente de caja se remunera a tipos de mercado, y en el que, por tanto, la tasa de inflación de equilibrio viene dada por (21), pero los resultados son idénticos en el modelo original.

Formalmente, el problema se puede enunciar de la siguiente manera.

**Problema de indeterminación:** *Dada una senda cualquiera de tipos de intervención  $\{i_t\}$ , el modelo sólo determina las tasas de inflación de equilibrio  $\{\pi_{t+1}\}$ , quedando indeterminada la senda de precios de equilibrio  $\{P_t\}$ .*

En particular, si  $\{P_t\}$  es una senda de precios de equilibrio, también lo es  $\{\delta P_t\}$ , para cualquier  $\delta > 0$ . Una forma de entender lo que subyace a este resultado es la siguiente. A partir de la expresión  $\pi_{t+1}(i_t)$  en (21) (y de la Proposición 2 en el modelo original) se tiene que un aumento del tipo de interés de los préstamos del cado de valores. En el contexto del modelo, los únicos activos posibles serían préstamos titulizados, lo que exigiría que el coste marginal de titulización  $c$  fuera igual a cero. En este caso, el tamaño del balance bancario quedaría indeterminado, pero esto no plantea ningún problema a la propuesta de Goodfriend.

banco central  $i_t$  lleva a un incremento de la tasa de inflación de equilibrio  $\pi_{t+1}$ . Ahora bien, el ajuste en  $\pi_{t+1}$  se puede producir o bien reduciendo el nivel de precios corriente  $P_t$  o bien elevando el nivel de precios futuro  $P_{t+1}$ . Ambos efectos pueden explicarse intuitivamente. Por una parte, la reducción de la demanda de crédito y el incremento de la demanda de depósitos tienen como contrapartida una caída de la demanda y un aumento de la oferta del bien en el mercado del periodo  $t$ , lo que justificaría un descenso de su precio de equilibrio  $P_t$ . Por otra parte, la reducción de la demanda de crédito y el incremento de la demanda de depósitos llevan, asimismo, asociados una caída de la oferta y un aumento de la demanda del bien en el mercado del periodo  $t+1$ , lo que justificaría una elevación de su precio de equilibrio  $P_{t+1}$ . En ambos casos, la tasa de inflación  $\pi_{t+1}$  sería mayor.

## 5.1 Perturbaciones en los precios

El problema de indeterminación de los precios de equilibrio no se limita al factor de escala  $\delta$ , pudiendo existir indeterminación, tanto nominal como real, con precios de equilibrio que tienen un comportamiento aleatorio por razones extrínsecas al modelo.<sup>16</sup> Para simplificar la discusión, aproximaremos los tipos reales por la diferencia entre los tipos nominales y la tasa de inflación, esto es,  $r_t \simeq i_t - \pi_{t+1}$ .<sup>17</sup>

Bajo el supuesto de que los agentes son neutrales al riesgo, una sucesión  $\{i_t, \tilde{P}_t\}$  constituye un equilibrio con precios aleatorios si, para todo  $t$ , se verifica que

$$E_t \left( \frac{\tilde{P}_{t+1}}{\tilde{P}_t} \right) = 1 + i_t - r^*, \quad (22)$$

donde  $E_t(\cdot)$  es el operador esperanza matemática condicionada a la información disponible en  $t$ . Para comprobar que se trata, efectivamente, de un equilibrio, obsérvese que los valores críticos  $x_{Lt}$  y  $x_{Dt}$  que, de acuerdo con las ecuaciones (13) y (14), determinan las demandas agregadas de crédito y de depósitos se definen ahora por las condiciones  $f'(x_{Lt}) = E_t(1 + r_{Lt})$  y  $f'(x_{Dt}) = E_t(1 + r_{Dt})$ . Por tanto, el supuesto (22) garantiza que los tipos reales esperados por los agentes son iguales a los tipos reales que caracterizan el equilibrio del modelo sin incertidumbre, de manera

<sup>16</sup>Estos equilibrios son conocidos en la literatura económica con el nombre de *sunspot equilibria*.

<sup>17</sup>Obsérvese que la aproximación sería exacta si se utilizaran tipos con capitalización continua.

que las demandas agregadas de crédito y de depósitos seguirían siendo iguales a sus ofertas.

Aunque bajo neutralidad al riesgo la aleatoriedad en los precios no produce efectos reales, esto no es así cuando los agentes son aversos al riesgo, en cuyo caso puede existir un continuo de equilibrios con distintos niveles de intermediación financiera. Para ilustrar esta posibilidad, supondremos que los agentes tienen unas preferencias descritas por una función de utilidad con aversión absoluta al riesgo constante y consideraremos una sucesión de precios aleatorios  $\{\tilde{P}_t\}$  que verifica, para todo  $t$ ,

$$\frac{\tilde{P}_{t+1}}{\tilde{P}_t} \sim_t N(1 + \bar{\pi}_{t+1}, \sigma_{t+1}^2), \quad (23)$$

de manera que, condicionada a la información disponible en  $t$ , la tasa de inflación  $\tilde{\pi}_{t+1}$  tiene una distribución normal con media  $\bar{\pi}_{t+1}$  y varianza  $\sigma_{t+1}^2$ . Con estos supuestos, la función objetivo de un agente de la generación nacida en  $t$  se puede expresar como

$$E_t(\tilde{c}_{t+1}) - \frac{\gamma}{2} \text{Var}_t(\tilde{c}_{t+1}),$$

donde  $\tilde{c}_{t+1}$  es su consumo en  $t + 1$  y  $\gamma$  es el coeficiente de aversión absoluta al riesgo. A partir de aquí, se puede demostrar el siguiente resultado.

**Proposición 4:** *La decisión de inversión óptima de un agente de la generación nacida en el periodo  $t$  con una dotación inicial  $e$  viene dada por*

$$x(e) = \begin{cases} x_{Lt}(e), & \text{si } e < x_t, \\ x_{Dt}(e), & \text{si } x_t < e, \end{cases} \quad (24)$$

donde el valor crítico  $x_t$  se define implícitamente por la condición  $f'(x_t) = 1 + i_t - \bar{\pi}_{t+1}$  y  $x_{Lt}(e)$  y  $x_{Dt}(e)$  se obtienen, respectivamente, resolviendo las condiciones de primer orden

$$f'(x) = 1 + i_t - \bar{\pi}_{t+1} + \gamma \sigma_{t+1}^2 \max\{x - e, 0\}, \quad (25)$$

$$f'(x) = 1 + i_t - \bar{\pi}_{t+1} - \gamma \sigma_{t+1}^2 \max\{e - x, 0\}. \quad (26)$$

Obsérvese que cuando  $\sigma_{t+1}^2 = 0$  (precios deterministas) o  $\gamma = 0$  (neutralidad al riesgo) se tiene  $x_{Lt}(e) = x_{Dt}(e) = x_t$ . Por otro lado, cuando  $\sigma_{t+1}^2 > 0$  y  $\gamma > 0$  es inmediato comprobar que  $e < x_{Lt}(e) < x_t$  y  $x_t < x_{Dt}(e) < e$ , de manera que los agentes pobres (ricos) reaccionan a la incertidumbre sobre el coste real de

sus préstamos (la rentabilidad real de sus depósitos) reduciendo (aumentando) su inversión en la tecnología privada.

Las funciones de demanda agregada de crédito y de depósitos vienen ahora dadas por

$$l(i_t, \bar{\pi}_{t+1}, \sigma_{t+1}^2) = \int_0^{x_t} [x_{Lt}(e) - e] de \quad \text{y} \quad d(i_t, \bar{\pi}_{t+1}, \sigma_{t+1}^2) = \int_{x_t}^1 [e - x_{Dt}(e)] de,$$

y la condición de equilibrio del modelo es

$$l(i_t, \bar{\pi}_{t+1}, \sigma_{t+1}^2) = d(i_t, \bar{\pi}_{t+1}, \sigma_{t+1}^2).$$

Así pues, dado el tipo de intervención  $i_t$ , se obtiene una ecuación con dos incógnitas, que, en general, tiene un conjunto infinito de soluciones. Además, se puede comprobar que estas soluciones se caracterizan por niveles de intermediación financiera y, en consecuencia, de producción real que son decrecientes en la varianza condicionada de la inflación  $\sigma_{t+1}^2$ .

Por lo tanto, la conclusión es que la posibilidad de variaciones aleatorias de los precios de equilibrio agrava el problema de indeterminación nominal y, cuando los agentes son aversos al riesgo, introduce un nuevo problema de indeterminación real. En todo caso, la relevancia práctica de este tipo de equilibrios es cuestionable, especialmente en contextos caracterizados por rigideces en la fijación de precios nominales como los analizados en la macroeconomía keynesiana.

## 5.2 Reglas de política monetaria

La introducción de reglas de política monetaria, en las que el tipo de interés  $i_t$  fijado por el banco central en el periodo  $t$  depende de valores pasados de la inflación o de los precios, no sirve para resolver el problema de indeterminación. Para justificar esta afirmación, es conveniente log-linealizar la función  $\pi_{t+1}(i_t)$  en (21), lo que lleva a la ecuación

$$p_{t+1} - p_t = i_t - r^*, \tag{27}$$

donde  $p_{t+1} - p_t = \log P_{t+1} - \log P_t = \log(1 + \pi_{t+1})$ .

Una regla de política monetaria en la que el tipo de interés  $i_t$  depende de las desviaciones del nivel de precios  $p_t$  con respecto a un objetivo  $\bar{p}_t$ , denominada por



Woodford (2003) *regla wickselliana*, sería

$$i_t = \alpha_0 + \alpha_1(p_t - \bar{p}_t), \quad (28)$$

donde se supone que  $\alpha_1 > 0$ , de manera que el banco central reacciona a aumentos del nivel de precios  $p_t$  con aumentos del tipo de intervención  $i_t$ . Sustituyendo (28) en (27) se obtiene una ecuación en diferencias de primer orden en  $p_{t+1}$ . La raíz de la correspondiente ecuación característica,  $\lambda - (1 + \alpha_1) = 0$ , es  $\lambda = 1 + \alpha_1$ . Por tanto, la senda de precios de equilibrio  $\{p_t\}$  tiene un componente de la forma  $A(1 + \alpha_1)^t$ , que tiende a más o menos infinito,<sup>18</sup> dependiendo de si la constante  $A$  es mayor o menor que cero.<sup>19</sup> Sólo en el caso de que las condiciones iniciales fueran tales que  $A = 0$ , los precios serían constantes. Así pues, no sólo se tiene un problema de indeterminación de la senda de precios de equilibrio (que vendría parametrizada por el nivel inicial de precios,  $P_0$ ), sino que también hay un problema de inestabilidad de prácticamente todas las sendas de equilibrio.

Otra regla de política monetaria, analizada por Taylor (1993) y conocida desde entonces como *regla de Taylor*, consiste en que el tipo de interés  $i_t$  dependa de las desviaciones de la tasa de inflación  $p_t - p_{t-1}$  con respecto a un objetivo  $\bar{\pi}_t$ , esto es

$$i_t = \alpha_0 + \alpha_1(p_t - p_{t-1} - \bar{\pi}_t), \quad (29)$$

donde se supone que  $\alpha_1 > 0$ , de manera que el banco central reacciona a aumentos de la tasa de inflación  $p_t - p_{t-1}$  con aumentos del tipo de intervención  $i_t$ . Sustituyendo (29) en (27) se obtiene una ecuación en diferencias de segundo orden en  $p_{t+1}$ . Las raíces de la correspondiente ecuación característica,  $\lambda^2 - (1 + \alpha_1)\lambda + \alpha_1 = 0$ , son  $\lambda = 1$  y  $\lambda = \alpha_1$ . Por tanto, la senda de precios de equilibrio  $\{p_t\}$  tiene un componente de la forma  $A(\alpha_1)^t$ , de modo que cuando el parámetro  $\alpha_1$  de la regla de Taylor es mayor que 1 también se tiene un comportamiento inestable de prácticamente todas las sendas de precios (y de tasas de inflación) de equilibrio.

Este resultado es algo sorprendente en vista de la importancia que tanto el propio Taylor (1999) como la literatura posterior (véase, por ejemplo, Woodford, 2003, capítulo 2) atribuyen al supuesto de que  $\alpha_1 > 1$ , esto es, que el banco central responda a

<sup>18</sup> Obsérvese que si  $p_t = \log P_t$  tiende a menos infinito, entonces  $P_t = \exp p_t$  tiende a cero.

<sup>19</sup> Asimismo, la senda de tasas de inflación de equilibrio  $\{p_{t+1} - p_t\}$  tiene un componente de la forma  $A\alpha_1(1 + \alpha_1)^t$ , por lo que también tiende a más o menos infinito.

desviaciones de la inflación con respecto a su objetivo con aumentos del tipo de intervención mayores que estas desviaciones. La explicación de esta paradoja está en la utilización de un argumento de racionalidad individual para descartar las trayectorias inestables, en cuyo caso, dadas las condiciones iniciales, el equilibrio con  $\alpha_1 > 1$  sería único (y estable). En particular, estos autores introducen una condición de transversalidad que es necesaria para caracterizar la solución al problema de maximización de agentes que viven infinitos periodos. Sin embargo, en modelos en los que los agentes tienen un horizonte finito no existe tal condición de transversalidad, por lo que todas las trayectorias inestables son equilibrios con expectativas racionales.

Así pues, la conclusión a la que se llega es que, en el contexto del modelo propuesto, la introducción de reglas de política monetaria no sólo no resuelve el problema de indeterminación del equilibrio, sino que puede introducir un problema adicional de inestabilidad de las sendas de precios de equilibrio.

### 5.3 Restricciones cuantitativas

Dado que el problema de indeterminación de los precios de equilibrio tiene su correlato en la indeterminación de los préstamos  $B_t$  (en el activo) y las reservas  $R_t$  (en el pasivo) del balance del banco central, se podría considerar la posibilidad de complementar el anuncio del tipo de interés  $i_t$  de los préstamos del banco central con límites cuantitativos a las cantidades prestadas, que, al menos, acotarán el rango de indeterminación.

En este sentido, analizaremos en primer lugar el efecto de introducir una característica de la instrumentación de la política monetaria del Banco Central Europeo, que es la existencia de un límite superior  $\bar{B}_t$  a las cantidades adjudicadas en las operaciones de financiación.<sup>20</sup> Si la restricción  $B_t \leq \bar{B}_t$  fuera vinculante, el banco representativo desearía aumentar su endeudamiento con el banco central, por lo que teniendo en cuenta el segundo término de la función objetivo (4) se verificaría que  $i_{Lt} - i_t > 0$ .<sup>21</sup> En consecuencia, el tipo de intervención del banco central  $i_i$  dejaría de

<sup>20</sup>Véase Banco Central Europeo (2004, capítulo 5).

<sup>21</sup>Este resultado es consistente con la evidencia sobre el diferencial entre el tipo interbancario y el tipo de las operaciones principales de financiación del Banco Central Europeo en el periodo en el que la política monetaria de la zona del euro se instrumentó mediante subastas a tipo fijo; véase Ayuso y Repullo (2003).

ser el tipo de referencia para los tipos de interés de los créditos y de los depósitos,  $i_{Lt} = i_{Dt}$ ,<sup>22</sup> que vendrían determinados por la condición de equilibrio

$$1 + i_{Lt} = 1 + i_{Dt} = (1 + r^*) \frac{P_{t+1}}{P_t}, \quad (30)$$

donde  $r^*$  es el tipo de interés real definido por (20) y  $P_t$  satisface la ecuación que iguala la demanda de reservas,  $P_t \phi d(r^*)$ , a su oferta,  $R_t = \bar{B}_t$ , de modo que

$$P_t = \frac{\bar{B}_t}{\phi d(r^*)}. \quad (31)$$

Así pues, si la restricción fuera vinculante para dos periodos consecutivos,  $t$  y  $t + 1$ , este resultado implica que

$$1 + \pi_{t+1} = \frac{P_{t+1}}{P_t} = \frac{\bar{B}_{t+1}}{\bar{B}_t}, \quad (32)$$

por lo que la tasa de inflación  $\pi_{t+1}$  sería igual a la tasa de crecimiento del límite superior al endeudamiento fijado por el banco central.

Un equilibrio con restricciones cuantitativas es una sucesión tipos de interés, precios y límites al endeudamiento  $\{i_t, i_{Lt}, i_{Dt}, P_t, \bar{B}_t\}$  que verifica, para todo  $t$ , la condición de equilibrio (30) junto con la condición

$$i_{Lt} > i_t \Rightarrow P_t = \frac{\bar{B}_t}{\phi d(r^*)},$$

que determina el precio del bien en los periodos en los que la restricción  $B_t \leq \bar{B}_t$  es vinculante.

La introducción de este tipo de límites al endeudamiento no resuelve *per se* el problema de inderterminación nominal. Por ejemplo, si  $\{P_t\}$  es una senda de precios de equilibrio en los que la restricción  $B_t \leq \bar{B}_t$  no es vinculante, también lo es  $\{\delta P_t\}$ , para cualquier  $0 < \delta < 1$ .

Sin embargo, estos límites tienen efectos importantes en contextos en los que el banco central determina el tipo de intervención de acuerdo con una regla de Taylor como (29), con  $\alpha_1 > 1$ . Para comprobarlo, basta con tomar una sucesión  $\{\bar{B}_t\}$  que esté acotada superiormente. En este caso, no es posible que una senda de precios

---

<sup>22</sup>La igualdad  $i_{Lt} = i_{Dt}$  requiere que el tipo de remuneración del coeficiente de caja  $i_{Rt}$  sea igual al tipo de interés de los créditos  $i_{Lt}$ . Si  $i_{Rt}$  fuera el tipo de intervención  $i_t$ , entonces por (19) se tendría que  $i_{Dt} = (1 - \phi)i_{Lt} + \phi i_t < i_{Lt}$ .

de equilibrio tienda a infinito, pues, si así fuera, en algún momento se violaría la restricción  $P_t \phi d(r^*) \leq \bar{B}_t$ . Así pues, sólo sendas de precios constantes o decrecientes serían compatibles con el equilibrio.

Es importante señalar que este resultado no se obtiene a partir de una condición de transversalidad que caracterize la solución del problema de maximización de los agentes (que en un modelo de generaciones solapadas no existe), sino introduciendo un compromiso creíble de que el banco central va a limitar, en algún momento futuro, la financiación concedida a los bancos si los precios tienen un comportamiento explosivo. Dicho de otro modo, el supuesto de que el banco central responde a desviaciones de la inflación con respecto a su objetivo con aumentos del tipo de intervención mayores que estas desviaciones ( $\alpha_1 > 1$ ) no garantiza la estabilidad: es necesario, además, el compromiso de limitar la provisión de liquidez a los bancos de manera que se detenga el proceso inflacionista.

En principio, la introducción de límites inferiores  $\underline{B}_t$  a las cantidades prestadas por el banco central podría eliminar sendas deflacionistas en las que los precios de equilibrio tiendan a cero. Sin embargo, existe una importante asimetría en la instrumentación de la política monetaria mediante operaciones de préstamo a los bancos: mientras que es posible establecer un límite superior a las cantidades prestadas, no se puede obligar a los bancos a solicitar financiación por encima de la que desean. En este caso, habría que complementar el préstamo a los bancos con una operación de mercado abierto expansiva por importe de la diferencia  $\underline{B}_t - B_t$ , de manera que se inyectara un total de reservas igual  $\underline{B}_t$ .<sup>23</sup> Así pues, el compromiso creíble de que el banco central va a proporcionar, en algún momento futuro, suficiente liquidez al sistema si los precios tienen un comportamiento deflacionista garantiza que este comportamiento no va a ser compatible con el equilibrio.

Los resultados obtenidos apuntan a la conveniencia de que, para garantizar la estabilidad de precios cuando la autoridad monetaria se comporta de acuerdo con una regla de política monetaria, ésta se comprometa a seguir el comportamiento

<sup>23</sup>Tal como se ha señalado en la nota 15, para realizar la operación de mercado abierto es necesaria la existencia de un mercado de valores, lo que, en el contexto del modelo, exige que el coste marginal de titulización  $c$  sea igual a cero. En este caso, el tamaño del balance bancario quedaría indeterminado, pero esto plantea ningún problema a la estrategia propuesta, puesto que si  $\eta$  representa la fracción del ahorro financiero invertida en depósitos bancarios, entonces los precios de equilibrio vendrían determinados por la condición  $P_t \eta \phi d(r^*) = \underline{B}_t$ , de manera que seguirían estando acotados inferiormente.

de los agregados monetarios y a actuar directamente sobre la liquidez del sistema tanto en situaciones inflacionistas como deflacionistas. Obviamente, este resultado se podría interpretar como una justificación del pilar monetario de la estrategia de política monetaria del Banco Central Europeo.<sup>24</sup>

## 6 Conclusión

En este trabajo he intentado ofrecer un marco analítico sencillo que permita abordar con un mínimo de rigor algunas de las cuestiones suscitadas en el debate sobre el futuro de la política monetaria que siguió a la publicación del artículo de Friedman (1999). Este marco se caracteriza por la importancia de la interacción entre el banco central y un sistema bancario competitivo. La política monetaria se instrumenta mediante la combinación de un coeficiente de caja, que genera una demanda de reservas por parte de los bancos, y unas operaciones de préstamo, que proporcionan la liquidez demandada por el sistema a un tipo de interés fijado por el banco central. En equilibrio, este tipo de interés determina los tipos de interés de los depósitos y de los créditos de los bancos, que, a su vez, determinan los niveles de inversión, producción y precios de la economía.

Los resultados principales del trabajo son los siguientes. En primer lugar, para que el banco central mantenga su capacidad de fijar los tipos de interés nominales es esencial que las reservas de los bancos comerciales tengan un papel central en el sistema de pagos de la economía. Esto implica que, en entornos en los que los avances en la tecnología de la información y de las comunicaciones puedan favorecer el desarrollo de sistemas alternativos, el gravamen a la intermediación financiera que resulta de la ausencia de remuneración de las reservas (o de su remuneración por debajo de los tipos de mercado) no es sostenible. En segundo lugar, el análisis del modelo pone de manifiesto un problema fundamental de indeterminación de los precios de equilibrio, que en el supuesto de que el comportamiento de la autoridad monetaria se caracterice por una regla de política monetaria (como la regla de Taylor) se complica con un problema adicional de inestabilidad de las sendas de precios de equilibrio. Sin embargo, el problema de inestabilidad puede resolverse mediante la introducción de

---

<sup>24</sup>Véase Banco Central Europeo (2004, capítulo 3).

límites, tanto superiores como inferiores, a las cantidades prestadas por el banco central. Este resultado proporciona un argumento para el seguimiento y control de las reservas bancarias en las estrategias de política monetaria.

En todo caso, es importante ser consciente de las limitaciones del modelo, entre las que me gustaría destacar la ausencia de rigideces en la fijación de los precios nominales, fundamentales en los modelos neokeynesianos. Mi intención ha sido abordar un problema que no está resuelto desde una perspectiva diferente. Si esta atrevida incursión en el territorio de la teoría y la política monetaria despierta algún interés, quién sabe, tal vez este primer trabajo no sea también mi último trabajo en esta área.

## Apéndice .

**Demostración de la Proposición 1:** Considérese, en primer lugar, el problema de maximización de un agente que sólo pudiera utilizar el banco para endeudarse al tipo de interés real  $r_{Lt}$ :

$$\max_x [f(x) - (1 + r_{Lt}) \max\{x - e, 0\}].$$

Si  $f'(e) > 1 + r_{Lt}$ , esto es si  $e < x_{Lt}$ , la solución de este problema es  $x = x_{Lt}$ , mientras que en caso contrario la solución es  $x = e$ . Considérese, a continuación, el problema de maximización de un agente que sólo pudiera utilizar el banco para depositar sus ahorros al tipo de interés real  $r_{Dt}$ :

$$\max_x [f(x) + (1 + r_{Dt}) \max\{e - x, 0\}].$$

Si  $f'(e) < 1 + r_{Dt}$ , esto es si  $e > x_{Dt}$ , la solución de este problema es  $x = x_{Dt}$ , mientras que en caso contrario la solución es  $x = e$ . A partir de estos dos resultados es inmediato concluir que la decisión de inversión óptima de un agente de la generación nacida en  $t$  con una dotación inicial  $e$  viene dada por (11).

**Demostración de la Proposición 2:** Diferenciando la condición de equilibrio (17), y teniendo en cuenta que  $l' < 0$  y  $d' > 0$ , se obtiene:

$$\frac{\partial \pi_{t+1}}{\partial i_t} = \frac{l' - (1 - \phi)d'}{(1 + r_{Lt})l' - (1 + r_{Dt})d'} > 0,$$

$$\frac{\partial \pi_{t+1}}{\partial \phi} = \frac{i_t d'}{(1 + r_{Lt})l' - (1 + r_{Dt})d'} < 0.$$

Estos resultados, junto con las definiciones de  $r_{Lt}$  y  $r_{Dt}$  en (16), implican:

$$\frac{\partial r_{Lt}}{\partial i_t} = \frac{1}{1 + \pi} - \frac{1 + r_{Lt}}{1 + \pi} \frac{\partial \pi_{t+1}}{\partial i_t} = -\frac{\phi d'}{(1 + \pi)^2 [(1 + r_{Lt})l' - (1 + r_{Dt})d']} > 0,$$

$$\frac{\partial r_{Dt}}{\partial i_t} = \frac{1 - \phi}{1 + \pi} - \frac{1 + r_{Dt}}{1 + \pi} \frac{\partial \pi_{t+1}}{\partial i_t} = -\frac{\phi l'}{(1 + \pi)^2 [(1 + r_{Lt})l' - (1 + r_{Dt})d']} < 0,$$

$$\frac{\partial r_{Lt}}{\partial \phi} = -\frac{1 + r_{Lt}}{1 + \pi} \frac{\partial \pi_{t+1}}{\partial \phi} > 0,$$

$$\frac{\partial r_{Dt}}{\partial \phi} = -\frac{i_t}{1 + \pi} - \frac{1 + r_{Dt}}{1 + \pi} \frac{\partial \pi_{t+1}}{\partial \phi} = -\frac{i_t(1 + r_{Lt})l'}{(1 + \pi)[(1 + r_{Lt})l' - (1 + r_{Dt})d']} < 0.$$

**Demostración de la Proposición 3:** Diferenciando (18) se obtiene:

$$\frac{\partial y_{t+1}}{\partial i_t} = \frac{\partial y_{t+1}}{\partial x_{Lt}} \frac{\partial x_{Lt}}{\partial i_t} + \frac{\partial y_{t+1}}{\partial x_{Dt}} \frac{\partial x_{Dt}}{\partial i_t} = x_{Lt} f'(x_{Lt}) \frac{\partial x_{Lt}}{\partial i_t} + (1 - x_{Dt}) f'(x_{Dt}) \frac{\partial x_{Dt}}{\partial i_t}.$$

Sustituyendo (13) y (14) en la condición  $l(r_{Lt}) = d(r_{Dt})$  se tiene que, en equilibrio,  $x_{Lt} = 1 - x_{Dt}$ , por lo que utilizando las definiciones de  $x_{Lt}$  y  $x_{Dt}$  en (3), la concavidad de la función de producción  $f(x)$  y el resultado de la Proposición 2 se concluye que

$$\frac{\partial y_{t+1}}{\partial i_t} = x_{Lt} [f'(x_{Lt}) - f'(x_{Dt})] \frac{\partial x_{Lt}}{\partial i_t} = x_{Lt} (r_{Lt} - r_{Dt}) \frac{1}{f''(x_{Lt})} \frac{\partial r_{Lt}}{\partial i_t} < 0.$$

Análogamente, se tiene que

$$\frac{\partial y_{t+1}}{\partial \phi} = x_{Lt} [f'(x_{Lt}) - f'(x_{Dt})] \frac{\partial x_{Lt}}{\partial \phi} = x_{Lt} (r_{Lt} - r_{Dt}) \frac{1}{f''(x_{Lt})} \frac{\partial r_{Lt}}{\partial \phi} < 0.$$

**Demostración de la Proposición 4:** Siguiendo los pasos de la demostración de la Proposición 1, considérese, en primer lugar, el problema de maximización de un agente que sólo pudiera utilizar el banco para endeudarse al tipo de interés real  $\tilde{r}_{Lt} = i_t - \tilde{\pi}_{t+1}$ :

$$\max_x [f(x) - (1 + i_t - \tilde{\pi}_{t+1}) \max\{x - e, 0\} - \frac{\gamma}{2} \sigma_{t+1}^2 (\max\{x - e, 0\})^2].$$

Si  $f'(e) > 1 + i_t - \tilde{\pi}_{t+1}$ , esto es si  $e < x_t$ , la solución  $x_{Lt}(e)$  de este problema se obtiene resolviendo la condición de primer orden (25), mientras que en caso contrario la solución es  $x = e$ . Considérese, a continuación, el problema de maximización de un agente que sólo pudiera utilizar el banco para depositar sus ahorros al tipo de interés real  $\tilde{r}_{Dt} = i_t - \tilde{\pi}_{t+1}$ :

$$\max_x [f(x) + (1 + i_t - \tilde{\pi}_{t+1}) \max\{e - x, 0\} - \frac{\gamma}{2} \sigma_{t+1}^2 (\max\{e - x, 0\})^2].$$

Si  $f'(e) < 1 + i_t - \tilde{\pi}_{t+1}$ , esto es si  $e > x_t$ , la solución  $x_{Dt}(e)$  de este problema se obtiene resolviendo la condición de primer orden (26), mientras que en caso contrario la solución es  $x = e$ . A partir de estos dos resultados es inmediato concluir que la decisión de inversión óptima de un agente de la generación nacida en  $t$  con una dotación inicial  $e$  viene dada por (24).



## Referencias

Ayuso, Juan, y Rafael Repullo (2003), “A model of the open market operations of the European Central Bank”, *Economic Journal*, 113, pp. 883-902.

Banco Central Europeo (2004), *La Política Monetaria del BCE*, Frankfurt am Main.

Banco Central Europeo (2004), *La Aplicación de la Política Monetaria en la Zona del Euro. Documentación General sobre los Instrumentos y los Procedimientos en la Política Monetaria del Eurosistema*, Frankfurt am Main.

Black, Fischer (1970), “Banking and interest rates in a world without money”, *Journal of Bank Research*, 1, pp. 9-20.

Clarida, Richard, Jordi Galí y Mark Gertler (1999), “The science of monetary policy: a new keynesian perspective”, *Journal of Economic Literature*, 37, pp. 1661-1707.

Fama, Eugene F. (1980), “Banking in the theory of finance”, *Journal of Monetary Economics*, 6, pp. 39-57.

Freedman, Charles (2000), “Monetary policy implementation: past, present and future. Will electronic money lead to the eventual demise of central banking?”, *International Finance*, 3, pp. 211-227.

Friedman, Benjamin M. (1999), “The future of monetary policy: the central bank as an army with only a signal corps”, *International Finance*, 2, pp. 321-338.

Friedman, Benjamin M. (2000), “Decoupling at the margin: the threat to monetary policy from the electronic revolution in banking”, *International Finance*, 3, pp. 261-272.

Gale, Douglas (1982), *Money: In Equilibrium*, Cambridge University Press, Cambridge.

Gale, Douglas (1983), *Money: In Disequilibrium*, Cambridge University Press, Cambridge.

Goodfriend, Marvin (2002), “Interest on reserves and monetary policy”, *Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review*, May, pp. 77-84.

Goodhart, Charles A. E. (1987), “Why do banks need a central bank?”, *Oxford Economic Papers*, 39, pp. 75-89.

Goodhart, Charles A. E. (2000), “Can central banking survive the IT revolution?”,

*International Finance*, 3, pp. 189-209.

Guthrie, Graeme, y Julian Wright (2000), "Open mouth operations", *Journal of Monetary Economics*, 46, pp. 489-516.

Hellwig, Martin (1993), "The challenge of monetary policy", *European Economic Review*, 37, pp. 215-242.

Hicks, John R. (1935), "A suggestion for simplifying the theory of money", *Economica*, 11, pp. 1-19.

Keynes, John M. (1938), "Letter to Roy F. Harrod", en Donald Moggridge (1973), *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, Volume XIV, Macmillan Press, London, pp. 295-297.

King, Mervyn (1999), "Challenges for monetary policy: new and old", *Bank of England Quarterly Bulletin*, November, pp. 397-415.

Rojo, Luis Ángel (1974), *Renta, Precios y Balanza de Pagos*, Alianza Editorial, Madrid.

Romer, David (1985), "Financial intermediation, reserve requirements, and inside money: a general equilibrium analysis", *Journal of Monetary Economics*, 16, pp. 175-194.

Sargent, Thomas J., y Neil Wallace (1975), "'Rational' expectations, the optimal monetary instrument, and the optimal money supply rule", *Journal of Political Economy*, 83, pp. 241-254.

Sargent, Thomas J., y Neil Wallace (1985), "Interest on reserves", *Journal of Monetary Economics*, 15, pp. 279-290.

Stiglitz, Joseph, y Bruce Greenwald (2003), *Towards a New Paradigm in Monetary Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.

Taylor, John B. (1993), "Discretion versus policy rules in practice", *Carnegie-Rochester Conference Series in Public Policy*, 39, pp. 195-214.

Taylor, John B. (1999), "A historical analysis of monetary policy rules", en John B. Taylor (ed.), *Monetary Policy Rules*, University of Chicago Press, Chicago.

Thornton, Daniel L. (2004), "The Fed and short-term interest rates: is it open market operations, open mouth operations or interest rate smoothing?", *Journal of Banking and Finance*, 28, pp. 475-498.

Woodford, Michael (2000), "Monetary policy in a world without money", *Inter-*

*national Finance*, 3, 229-260.

Woodford, Michael (2003), *Interest and Prices. Foundations of a Theory of Monetary Policy*, Princeton University Press, Princeton.