

Ciclos económicos reales en economías abiertas: Desarrollo, ilustración y contraste para la economía española

Vicente Royuela Mora

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

**Ciclos económicos reales en economías abiertas:
desarrollo, ilustración y contraste
para la economía española**

Departamento de Econometría, Estadística y
Economía Española
Doctorado en Economía y Territorio, Análisis
Cuantitativo. Bienio 1994-1996.

Tesis Dirigida por Dr. Manuel Artís Ortuño

Autor: Vicente Royuela Mora

Mayo, 2000

B.U.B Secció d'Econòmiques
Diagonal, 690, 08034 Barcelona
Tel. 102 19 66

A Nacho

A Inma

Quiero dedicar esta tesis doctoral a todos aquellos que me han dado su apoyo y su cariño a lo largo de estos años.

Para empezar, al Departamento de Econometría, Estadística y Economía Española al que me incorporé hace más de cinco años, y al grupo de investigación *Anàlisi Quantitativa Regional* en el cual he podido desarrollar mi trabajo con total libertad. A los directores, Miguel Ángel Sierra, Manuel Artís y Jordi Suriñach, les agradezco que hayan mantenido una línea que me permita estar escribiendo estas palabras. A Jordi, en especial, quiero expresarle que, por encima de todo, es un placer trabajar con él.

La gente con la que he compartido, en uno u otro momento, muchas cosas en este trabajo tiene para mí una significación especial. Rosina, Esther, José Ramón, Rita, Lucía, Néstor, Quim, Tomás, Quique, Miquel, Toni, Jordi Pons y Andreu, Clara y Coloma, Paco, Óscar, Mónica, Mireia, Anna y Vanessa, Marién, Carme, Jordi López, Raúl y Javier, y Biel, Luis, Josep Lluís y Carlos, la peña "quini-culín". Me alegro de conoceros a todos y cada uno de vosotros.

Pero sobre todo me alegro de haber estado tanto tiempo con los de mi despacho: el 100. Ernest, Pau y Carlos. Pau es *molt trempat*. A Ernest nunca le agradeceré bastante el aguante que ha tenido en escuchar mis lamentos espectrales, entre otros. Y Carlos es un fenómeno, del que espero seguir disfrutando.

Mi casa siempre ha sido para mí un refugio. Mi familia, un abrigo y un descanso: un sitio donde sé que haga lo que haga siempre estarán detrás, aunque a veces me empujen tanto, porque, supongo, tengas ganas de verme tirar para delante. Mis padres siempre serán para mí un modelo. Hay pocas cosas de ellos que no quisiera ver en mí mismo. Pero sobre todo los quiero mucho. Mis hermanos, todos ellos, me han visto crecer, estudiar, trabajar y hacerme un hombre. He tenido la inmensa fortuna de pasear Nacho, Ana y Alberto e ir fardando de hermanos: ¡nunca nadie los tuvo más guapos, más listos, o mejores personas! Sólo siento que no puedan ser todos los que puedan ver este trabajo, aunque sé que Nacho sería el que estaría más orgulloso de mí.

Y para Inma: quiero que sepas que, para mí, quererte nunca fue una opción.

Índice

1. Introducción	1
2. Las teorías sobre ciclos económicos	7
2.1. Historia de los ciclos económicos	7
2.1.1. Antecedentes históricos	7
2.1.2. Diez maneras de entender el ciclo	11
2.1.3. Problemas derivados de la diversidad de las explicaciones	18
2.2. Los ciclos económicos en los últimos años	20
2.2.1. Definición del ciclo	20
2.2.2. Los ciclos y la teoría económica en los últimos treinta años	21
2.3. Ciclos y crecimiento	27
2.3.1. Introducción	27
2.3.2. El modelo Solow-Swan	29
2.3.3. Extensiones del modelo de Solow. El modelo de crecimiento endógeno	31
2.3.4. Conclusiones	33
3. Ciclos económicos reales	35
3.1. Origen, desarrollo y extensiones principales	35
3.1.1. Necesidad de la existencia de la consideración real del ciclo	35
3.1.2. El modelo básico	37
3.1.3. Cuatro extensiones del modelo básico	43
3.1.4. Los ciclos económicos reales en economías abiertas	48
3.2. El modelo de partida	53
3.2.1. El modelo	53
3.2.2. Resolución del modelo	55
3.2.3. Parametrización y resultados	60
3.3. Extensión del modelo básico a dos sectores	65
3.3.1. Antecedentes	65
3.3.2. El modelo	67
3.3.3. Resolución del modelo	70
3.3.4. Parametrización y resultados	73
3.3.4.1. Primer escenario	75
3.3.4.2. Segundo escenario	81
3.3.4.3. Tercer escenario	86
3.3.4.4. Cuarto escenario	91
3.3.5. Conclusiones	96
3.4. Extensión del modelo básico a dos países	97
3.4.1. El modelo	97
3.4.2. Resolución del modelo	100
3.4.3. Parametrización y resultados	101
3.4.3.1. Primer escenario	104
3.4.3.2. Segundo escenario	110
3.4.4. La inclusión del gasto público en la función objetivo del consumidor	115

3.5. Extensión del modelo básico a dos países y dos sectores	118
3.5.1. El modelo	118
3.5.2. Resolución del modelo	123
3.5.3. Parametrización y resultados	129
3.5.4. Análisis de sensibilidad del modelo. La anomalía de las cantidades con el nuevo modelo.	137
4. Características estadísticas y econométricas de los ciclos	141
4.1. Filtros <i>ad-hoc</i> de extracción de señales en series económicas	141
4.1.1. El filtro Hodrick-Prescott	141
4.1.2. El filtro Baxter-King	143
4.2. Medidas de ajuste de modelos dinámicos simulados	151
4.2.1. Tipos de contrastes	151
4.2.2. Contrastes en el dominio de las frecuencias	153
4.2.3. Contrastes en el dominio de las frecuencias para filtros pasa-banda: propuesta de eliminación de la potencia	158
5. Ilustración de los modelos de ciclos reales: aplicación a la economía española	161
5.1. Hechos estilizados del ciclo español en los últimos 25 años	161
5.1.1. Descripción de los datos empleados	161
5.1.2. Características cíclicas de los datos	164
5.1.2.1. Características cíclicas de los datos agregados	164
5.1.2.2. Características cíclicas de los datos sectoriales	172
5.1.3. Las medidas de equilibrio de las economías: ratios y parámetros	176
5.2. Características cíclicas de los modelos propuestos	182
5.3. Contraste de los modelos en el dominio de las frecuencias	194
5.3.1. Contrastos de los periodogramas	196
5.3.1.1. Producto	197
5.3.1.2. Consumo Privado	199
5.3.1.3. Productividad	201
5.3.1.4. Exportaciones netas como porción del producto	203
5.3.2. Contrastos de las coherencias nacionales	204
5.3.2.1. Consumo Privado	205
5.3.2.2. Productividad	207
5.3.2.3. Exportaciones netas como porción del producto	209
5.3.3. Contrastos de las coherencias internacionales	211
5.3.3.1. Producto	211
5.3.3.2. Consumo Privado	212
5.3.3.3. Productividad	213
5.3.4. Conclusiones de los resultados de los contrastes	214
6. Conclusiones y futuras líneas de investigación	217
7. Bibliografía	221
ANEXO. Loglinealización de las condiciones de primer orden de los modelos teóricos	I ... XVII

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los ciclos económicos ha sido un aspecto que ha centrado buena parte del interés de los economistas en la década de los noventa. Fruto de ese interés ha sido la abundante literatura que ha surgido, y sigue surgiendo, sobre el tema. En nuestro país, la falta de datos adecuados para realizar estudios serios sobre ciclos económicos provocó un cierto retraso en la aparición de trabajos que se ha visto posteriormente compensada con la aplicación de los modelos de ciclos a diferentes cuestiones relacionadas con la teoría económica. Así pues, tratar un tema como el de los ciclos entiendo que cabe circunscribirlo en el interés natural de un economista en los modelos teóricos que se desarrollan en su entorno. Ese fue, de hecho, el motivo fundamental que me llevó a iniciar lo que en su día fue mi primer trabajo de investigación. El respaldo que entiendo que recibí en mi trabajo por parte de la dirección del Grupo de Investigación de Análisis Cuantitativo Regional del Departamento de Econometría, Estadística y Economía Española, me permitió seguir con la idea inicial del análisis teórico de los ciclos que había iniciado. Fui consciente, no obstante, de que el desarrollar una tesis centrada en temas de teoría económica en el seno de un departamento de econometría me llevaría a un proceso de aprendizaje y de trabajo mucho más largo y solitario del que ya de por sí supone encarar una tesis doctoral. Sin embargo, una vez terminado este trabajo, me congratulo tanto de mi elección inicial como de haber tenido la oportunidad de llevarlo a cabo.

Pese a que la tesis, como ya se ha dicho, está centrada en temas de teoría económica, el análisis de los ciclos económicos lleva emparejada una parte de análisis de econometría que es fundamental. Es tan importante que entiendo que no se puede emprender un análisis de ciclos económicos sin tener claros una serie de conceptos de econometría relacionados con las series temporales, su descomposición en componentes no observables o la introducción de elementos de teoría espectral, que, si bien no son estrictamente necesarios, enriquecen los análisis de ciclos de manera importante. Así pues, además de la visión de teoría económica de los ciclos, se mantiene la visión estadística y econométrica de los mismos.

Por lo tanto, cuando me planteé desarrollar una tesis sobre ciclos económicos, creí necesario tomar como punto de referencia tanto el desarrollo teórico de los modelos de teoría económica que iban a ser la base del trabajo, como su análisis desde un punto de vista econométrico. La econometría entra en la tesis de dos maneras diferenciadas. Por un lado en

la definición del ciclo, considerando además los postulados de la teoría económica, y por otro aplicando los contrastes que fuesen más sugerentes a la hora de intentar realizar una evaluación mínimamente formal de los modelos que se presentan.

La estructura de la tesis queda definida en dos grandes bloques. Un primer bloque, englobado por los capítulos dos y tres, centran el análisis en términos de la definición económica del ciclo. Así, en el capítulo 2 se realiza una introducción del estudio de los ciclos que ayuda a centrar el tema. Posteriormente, en el capítulo 3 se presentan una serie de modelos de teoría económica que servirán para determinar la importancia de las hipótesis que están detrás de cada uno de ellos.

El segundo bloque de la tesis está centrado en aspectos más cuantitativos. Así, el capítulo 4 define el marco econométrico básico que sirve tanto para trabajar en el entorno de series temporales en el que se circunscribe la presente tesis, como para presentar los contrastes que se utilizarán para quedarse con uno u otro modelo. Por último, el capítulo 5 es el que se refiere tanto a la medida de los ciclos en un período temporal reciente, como a los resultados de los modelos propuestos en el capítulo 3, así como a su contraste.

Finalmente se concluye la tesis resumiendo los principales aspectos de la misma, resaltando los avances que supone y proponiendo líneas futuras de trabajo, inmediatas y más lejanas.

A continuación, se presentan brevemente estos bloques que componen la tesis, construyendo la línea argumental de la misma.

En primer lugar, por lo tanto, se hace una presentación de lo que ha sido el estudio de los ciclos económicos desde que los primeros economistas centraron en ellos sus esfuerzos. Sin embargo, la intención inicial de los primeros economistas de encontrar leyes universales del comportamiento de las relaciones económicas entre los agentes, chocaba con la multitud de explicaciones que se podían encontrar a un fenómeno como el de los ciclos, en el que su misma definición ya consiste un problema digno de discusión. En el capítulo 2 de la tesis se repasa de manera muy sintética las principales corrientes de pensamiento que han estado detrás de resolver el problema de los ciclos económicos. Lo cierto es que el repaso histórico que he desarrollado de las explicaciones de los ciclos económicos, me ha permitido tomar conciencia de que es tan grande la multitud de factores explicativos que pueden incidir en los

ciclos económicos, que cualquier intento de buscar una única solución siempre se quedará corta. Además, las intuiciones que estaban detrás de numerosas explicaciones del ciclo económico desarrolladas en el siglo pasado siguen siendo válidas hoy en día y sólo necesitan una revisión y una puesta en escena del problema en términos de como hoy entendemos todos los economistas que deben plantearse los problemas de teoría económica.

Por lo tanto, entiendo que hay numerosas propuestas teóricas que pueden ser válidas para generar fluctuaciones oscilantes que puedan llamarse ciclos económicos. No obstante, siempre queda la cuestión de intentar buscar aquel planteamiento que resuelva *la mayor parte de lo que se busca explicar*. Intentado encontrar esa mayor parte, hay dos corrientes de pensamiento que hoy en día están detrás de cualquier debate de ciclos. Una es una visión keynesiana de los ciclos económicos y otra es la de los ciclos económicos reales, que es la que inspira esta tesis.

La primera se centra en intentar explicar los ciclos a partir de choques de demanda. Supone esta corriente que los precios y los salarios son rígidos, de modo que responden con lentitud a los choques de demanda. Como consecuencia, los mercados de bienes, servicios y trabajo sufren desequilibrios causando automáticamente fluctuaciones en la actividad económica y en el empleo. Las causas de los choques de demanda se pueden resumir en institucionales (cambios en la política económica, sobre todo la monetaria) y en expectativas (cambios en lo que esperan consumidores y empresarios). El final de un ciclo viene bien por el correcto funcionamiento de una política económica, bien por el cambio de expectativas de los agentes, que se ajustan al desequilibrio que existe en la economía.

La segunda de las líneas de pensamiento, la de los ciclos económicos reales, pone el acento en los choques de oferta, que suelen ser aleatorios y derivados de cambios tecnológicos fundamentales para el cambio del crecimiento de la productividad. Estos cambios pueden ser positivos, como la introducción de los ordenadores, o negativos, como un crecimiento desmesurado de los precios del petróleo.

Optar por la segunda de estas explicaciones en un momento como el actual, en el que el crecimiento de la productividad en los Estados Unidos está llevando a conocer uno de los ciclos más largos que se recuerdan en los últimos cincuenta años, no quiere ser oportunista, sino que intenta creer en el hecho que los cambios de los precios relativos de los factores

tiene más sentido por sí mismo que por el proceso de ajuste que conlleva. No obstante, desarrollar modelos keynesianos de precios rígidos que recojan las virtudes de los modelos de ciclos reales es uno de los aspectos más interesantes que hoy en día se está llevando a cabo en la literatura.

Una vez manifestada la elección de una de las visiones de los ciclos económicos y reconociendo que sólo es una visión de la economía que merece tanto interés como las demás, quiero centrarme en otro punto fundamental (más cuantitativo) de los ciclos económicos: su definición. Los trabajos desarrollados en los años veinte por diversas comisiones y congresos de estudiosos del tema dieron pie a la definición ya clásica de los ciclos económicos, de Burns y Mitchell. Esa definición pone de manifiesto el hecho de que la visión del ciclo económico tiene un aspecto estadístico fundamental, determinando el ciclo como unos movimientos con una periodicidad determinada y que eran comunes entre diferentes variables económicas. Sin embargo, desde el punto de vista económico, el ciclo también puede definirse correctamente como aquellos movimientos de las variables económicas que se alejan de la senda de crecimiento equilibrado. Se recoge, así, una corriente de estudio que ha sido fundamental en la segunda mitad del siglo XX: la economía del crecimiento como centro del análisis.

Asumir la existencia del ciclo económico supone asumir, a mi entender, que la descomposición de una serie temporal en diferentes componentes no observables es fundamental, tanto desde el punto de vista cuantitativo como teórico. Este punto que parece obvio, creo que no lo es en absoluto. Asumir como punto de partida *la existencia del ciclo económico* creo que es una hipótesis más de la tesis que se presenta y que podría ser un elemento a contrastar, si se quiere. Para entender mi punto de vista en este tema, puede pensarse en un experto en coyuntura, encargado del análisis de la economía en el corto plazo. Para este experto, separar el ciclo de la tendencia no tiene ningún sentido, pues el movimiento conjunto de las dos componentes es el objetivo último de su trabajo. Siguiendo el mismo razonamiento, puede concluirse que el estudio conjunto del crecimiento y de los ciclos es fundamental. Así, separar un aspecto del otro lleva a simplificar el comportamiento de la economía, lo cual, por supuesto, es imprescindible si se busca una modelización teórica mínimamente manejable. Por eso mismo, lo que se va a hacer en la presente tesis, estudiar el ciclo de manera separada, aunque sea en el marco de un modelo de crecimiento, asumo que es una simplificación, si se quiere inevitable, pero también discutible.

Una vez definidos los supuestos básicos que definen el marco tanto teórico como cuantitativo de la tesis, se pasa a presentar en el capítulo 3 una serie de modelos de ciclos económicos reales que se pretenden contrastar posteriormente. La presentación y análisis de un modelo básico formado por un país en el que sólo produce un sector, deja al descubierto una serie de carencias que se intentan resolver relajando una serie de supuestos. El primero de ellos es la existencia de un único sector en la economía. Asumir que puede haber más de uno abre el abanico de posibilidades del modelo y enriquece algunos de sus resultados. El segundo supuesto que se busca relajar es el relacionado con el hecho de que las economías nacionales comercian con otras economías. Así, controlar el comercio exterior lleva a una serie de pautas cíclicas diferentes a las que existen en un modelo de economía cerrada. Finalmente las dos hipótesis que se han relajado de manera separada se juntan en un modelo final que analiza, por tanto, el comportamiento cíclico de dos economías que comercian entre sí y que cada una de ellas tiene más de un sector que produce bienes y servicios destinados a los consumidores y a las empresas. Este modelo, nuevo en la literatura, intenta resolver la llamada *anomalía de las cantidades*, uno de los problemas que se encuentran en el modelo básico de ciclos reales en economías abiertas. Solucionar en parte este aspecto mediante el modelo propuesto creo que merece atención especial.

Definir los contrastes para quedarse con el mejor modelo de los cuatro considerados centra buena parte del capítulo 4, el cual comienza definiendo los elementos más clásicos de filtrar series temporales con filtros *ad-hoc*, repasando las características principales de los filtros Hodrick y Prescott y Baxter y King. Este último es un filtro que suele definirse empleando el dominio de las frecuencias. Así, el obligatorio repaso que se hace a la definición de las series temporales en el dominio de las frecuencias da pie a repasar los contrastes de Cogley y Nason (1998) sobre modelos dinámicos en el dominio de las frecuencias.

La definición de esos contrastes muestra cómo estudiar *la forma* de los espectros y las coherencias de las series económicas es un aspecto fundamental de los contrastes. Sin embargo, cuando dos series no tienen la misma varianza, aplicar este tipo de contrastes puede llevar a equívocos. Por eso, se redefinen los contrastes definidos en Cogley y Nason y se diseña uno nuevo, también en el dominio de las frecuencias, para complementar a los últimos, contrastando no sólo la forma de las características de las series sino también sus valores absolutos. Además, se redefinen los contrastes para tener en cuenta tan solo una

banda de frecuencias y no todo el espectro. Todas estas nuevas aportaciones se enuncian, por lo tanto, en este capítulo 4.

Una vez definidos los elementos de teoría económica y los de econometría, el capítulo 5 pasa a realizar las simulaciones de los modelos y a contrastarlos con los datos de contabilidad nacional que se han construido de modo que sean compatibles con los modelos definidos. Hay que remarcar que los datos sectoriales han servido para estimar los elementos que definen la calibración de los sectores y para hallar las medidas cíclicas básicas. Las simulaciones de los modelos basadas en calibraciones de datos sectoriales de la economía española son de por sí un aspecto novedoso de esta tesis. Pero he preferido no calcular espectros ni coherencias de las series sectoriales, que por ser anuales y por lo tanto muy cortas no permitirían una estimación mínimamente fiable de las medidas en el dominio de las frecuencias.

El proceso de simulación permite controlar las características más importantes de cada modelo. Pero una visión más estricta de los resultados, como son los contrastes, da una idea adicional de las características que están presentes en cada modelo. La contrastación de los modelos con los datos, utilizando las definiciones hechas en el capítulo 4, permite clasificar los modelos según donde tienen mayor acercamiento a las características de los datos. Unos modelos servirán mejor para reproducir algunos rasgos cíclicos, mientras que otros afinarán más en otros aspectos. La aplicación de los contrastes permite, por otro lado, comprobar las ventajas e inconvenientes de los mismos y aporta luz a algunas líneas futuras de investigación en este campo.

Finalmente, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones de la tesis y se muestran futuras líneas de investigación que pasan por presentar los resultados aquí obtenidos al juicio de los editores de las revistas a las que se remitan los artículos que puedan salir del trabajo que ahora se inicia.

2. LAS TEORÍAS SOBRE CICLOS ECONÓMICOS

La investigación sobre ciclos económicos ha progresado muy rápidamente desde que Robert Lucas reavivó el interés de los economistas sobre la teoría del ciclo económico en los primeros años de la década de los setenta. Este interés había decaído tras la publicación del libro de J. M. Keynes *General Theory of Employment, Interest and Money* y tras las críticas (como la de Koopmans) a los trabajos sobre los ciclos basados en cuantificaciones y medidas de los mismos. Sin embargo, la dedicación que habían merecido los ciclos económicos antes de ese momento había sido muy importante. El presente capítulo pretende hacer primero una brevísima revisión histórica del estudio de los ciclos económicos desde sus inicios hasta los años treinta del presente siglo, para después desarrollar distintas definiciones del ciclo económico. A continuación se hace una breve descripción histórica del estudio de los ciclos económicos, la cual se completa con un breve repaso de los modelos teóricos de crecimiento.

2.1. HISTORIA DE LOS CICLOS ECONÓMICOS

2.1.1. Antecedentes históricos

Hay que empezar tal empeño diciendo que el problema de las recurrencias periódicas comienza a plantear serios intentos de estudio tras las guerras napoleónicas. Durante más de un siglo, Europa occidental había experimentado intervalos de manías especulativas, mercados saturados y epidemias de bancarrotas. La "burbuja del Mississippi" de 1720, que afectó a Francia e Inglaterra, y las crisis comerciales de los años 1763, 1772, 1783 y 1793, habían levantado una considerable discusión. Pero la gente que escribía en el siglo XVIII no intentaban ir más allá de la descripción de los dramáticos, aunque superficiales, sucesos que caracterizaban cada uno de esos episodios. Hacia 1815, los cambios en la ciencia económica dejaron a los estudiosos mejor equipados para atacar el problema. Los fisiócratas y Adam Smith habían hecho de la economía política una rama de la filosofía, y más adelante Ricardo daba forma a la teoría.

No fueron los economistas ortodoxos, sin embargo, los que dieron al problema de las crisis y depresiones su lugar en la ciencia económica, sino los escépticos que reaccionaban contra sus maestros. Desde Adam Smith hasta Mill, e incluso Alfred Marshall, los clásicos prestaron poca atención a las oscilaciones del comercio en sus tratados sistemáticos. Se concentraban en extraer principios que se mantuvieran en el "largo plazo". Para ellos las crisis y depresiones

tuvieron un interés secundario, más propio de estudios y referencias ocasionales que de problemas centrales de teoría económica. Tuvieron que ser críticos de la economía ortodoxa los que introdujeran en la ciencia económica el hecho de que la economía de un país está sujeta a fases recurrentes de contracciones y expansiones. Mitchell (1927) cita dos nombres en particular: Sismondi y Rodbertus.

J.C.L. Simonde de Sismondi fue un suizo-italiano ferviente seguidor de las ideas de Adam Smith en sus inicios, hasta el punto de que llegó a publicar un libro para expandirlas, titulado *De la Richesse Commerciale* (1803). Tras unos años en los que se dedicó más a la historia que a la economía, en 1818 el físico escocés Sir David Brewster le cursó una invitación para que escribiese un artículo sobre "Economía Política" en la nueva *Edinburgh Encyclopaedia*. Sismondi aceptó la invitación, pensando en hacer una breve exposición de los "principios universalmente admitidos". No obstante, tras el estudio de las crisis que sacudieron Europa tras las guerras napoleónicas, las dudas sobre las teorías previamente aceptadas de Adam Smith, le comenzaron a surgir. Estaba especialmente afectado por la crisis de Inglaterra, pues le parecía significativo que en el país de los economistas, de la libertad económica y de la filosofía del *laissez faire*, en el país en el que existía libertad para producir lo que quisiese, parecía que la gente no podía comprar lo que quería consumir. Sismondi se emplazó a si mismo a resolver el problema. El resultado fue su libro *Nouveaux Principes d'Économie Politique* (1819). Las soluciones que aporta, pese a ser toscas, sirvieron, y sirven, para teorías y desarrollos posteriores.

En su teoría, Sismondi hace varias sugerencias. La primera es una descripción del hombre de negocios como una persona que desconoce el número, los gustos y el poder de compra de los consumidores. La única guía de que dispone para producir son los precios. Comparando precios y costes presentes, el empresario decide aumentar o restringir la producción en el futuro. Una segunda sugerencia es que en períodos de actividad industrial, la renta disponible para comprar por parte de los consumidores es menor que los bienes enviados al mercado, debido a que el poder adquisitivo de un año es la renta agregada del año anterior. Cuanto más aumenta el ritmo de producción, mayor se hace la brecha entre la renta del año anterior y la producción del presente. Sismondi hace una tercera sugerencia, relacionada con el sobre-ahorro ("over-saving") como causa de las crisis, el cual está detrás de la principal idea sugerida por Sismondi: la causa fundamental de las crisis es la desigualdad en la distribución de la renta.

Sismondi fue el escritor más sugestivo de entre un grupo de personas que intentaban dar explicaciones y recetas en un mundo especialmente especulador en el que estaban afectadas muchas fortunas. Posteriores crisis llevaron a nuevos estudiosos a centrarse en el tema, lo que condujo a que se multiplicaran las explicaciones del ciclo. Antes de que terminara el siglo XIX se había acumulado un gran número de explicaciones y especulaciones acerca de las crisis.

La teoría de la "sobreprducción" estaba bastante aceptada: debido a la adopción de la maquinaria moderna, el poder de la sociedad para producir había sobrepasado su poder de consumo. De aquí la periódica ocurrencia de las crisis: episodios paradójicos en los que la superabundancia causa escasez. Incapaces de vender la creciente producción de bienes a precios normales, los empresarios no tienen más remedio que vender sus empresas, lo cual reduce todavía más el poder de compra de la comunidad.

Para la mayoría de los economistas clásicos, esta teoría de la "sobreprducción" era una herejía a extirpar, pues mantenían que la oferta de un tipo de bienes necesariamente constituye la demanda de otro tipo de bienes. Admitían el mal ajuste de la producción diciendo que las crisis se debían a malas inversiones de capital en proyectos nefastos. A menudo mantenían que el mal uso del capital era el resultado de una tendencia de los beneficios a un mínimo.

El intento más vigoroso para probar que las crisis son un mal crónico del capitalismo fue hecho por Rodbertus y desarrollado por Karl Marx. El origen se encuentra en Sismondi y en Robert Owen. La idea se basaba en que los salarios forman una fracción del valor del producto y aumentan menos rápidamente que el poder de producir. Como las masas que dependen de los salarios son el grueso de la población, la demanda de consumo no puede igualar la oferta en épocas en las que las fábricas funcionan a pleno rendimiento. Mientras, los empresarios invierten sus ahorros en nuevas empresas productivas, que añaden sus cuotas a la producción total anterior. Este proceso de excesivo almacenamiento de productos funciona de manera acumulativa hasta el punto en el que la imposibilidad de vender con beneficios o incluso al precio de coste, lleva a la crisis.

Una teoría más aceptada era la de la inflación. Un aumento en oro, papel moneda o en depósitos de divisas comportaba un avance en los precios. Este avance en los precios estimulaba los negocios, animándose la actividad económica hasta extremos de inversiones

arriesgadas y especulaciones que terminaban en una crisis de crédito y en bancarrota generalizada.

La explicación "psicológica" fue desarrollada por John Mills en 1867. Este punto de vista mantiene que la causa fundamental de las crisis no residía tanto en el carácter de las instituciones económicas como en las aberraciones emocionales a las cuales los juicios de los negocios están sujetas. El comercio justo lleva al optimismo, el optimismo a la temeridad y la temeridad engendra el desastre. Los desastres llevan al pesimismo y éste al estancamiento. Desde la depresión, los negocios sólo se recuperan cuando el espíritu de los hombres se recupera, dándose éstos cuenta de que las cosas no han ido tan mal como habían temido. Así como Mills se basó en la psicología, Jevons se basaría en la física (los efectos de las manchas solares) para explicar el ciclo económico, como se verá más adelante.

Finalmente, algunos economistas, como Wilhelm Roscher, dejaban de lado cualquier intento de encontrar una teoría que explicara las causas de las crisis. Éstas eran sucesos anormales, producidos por alguna causa perturbadora, como por ejemplo la introducción de inventos revolucionarios, el desarrollo de nuevas líneas de transporte, guerras, el retorno a la paz, impuestos, etc. Este punto de vista asume que el equilibrio de los procesos económicos es tan delicado que puede ser afectado por coyunturas desfavorables de diverso signo. Esto lleva a que cada crisis tiene una causa especial que debe ser examinada estudiando los elementos perturbadores que preceden a una crisis.

Mientras se debatían toda clase de interpretaciones como causas de las crisis y depresiones, se avanzó en la medición y descripción de estos fenómenos. Nerlove, Grether y Carvalho (1979) sitúan al astrónomo Sir William Herschel como el primero en intentar encontrar una relación entre las manchas solares y los precios del trigo, en el año 1801. Robert Everest, en 1843, conjeturó que las hambrunas de la India podían ser periódicas y sugería un ciclo de 18 años relacionado con la luna. Hyde Clark, Guy y Forbes son algunos de los nombres que sobresalen en el inicio del estudio cuantitativo de los ciclos. Después de ellos encontramos a J.W. Gilbert, un funcionario británico de banca, el cual creyó descubrir una ley del ciclo anual de la circulación del dinero. Charles Babbage, considerado un genio y un delicioso excéntrico, estudió los ciclos diarios del dinero, así como los semanales. Fue el uso de la estadística que desarrollaron estos científicos lo que permitió que se pasara de la teoría de las crisis a las teorías de los ciclos económicos.

2.1.2. Diez maneras de entender el ciclo

Desde los primeros estudiosos sobre los ciclos hasta la publicación de la *General Theory*, el tema de los ciclos llegó a ocupar un lugar muy importante en la literatura económica de la época. Mitchell (1927) clasifica las teorías de los ciclos existentes antes de la aparición de la obra de Keynes en diez grupos diferentes. A continuación se hará un breve repaso a estas diez maneras de entender los ciclos económicos.

1. El tiempo.

Una de las explicaciones de los ciclos más elegante es la basada en la meteorología. Las ideas de Sir William Herschel acerca de las manchas solares y los precios del trigo fascinaron a W. Stanley Jevons y le llevaron a formular la hipótesis de que los ciclos económicos están causados por las manchas solares. Para comprobar esta idea, Jevons estudió los registros ingleses de comercio de 1721 a 1878 para ver la concordancia de los dos ciclos. Concluyó que habían sucedido 16 crisis en 157 años, dando una media de longitud del ciclo económico de 10,466 años, que casi coincidía exactamente con la longitud del ciclo asignada por aquel entonces al ciclo de manchas solares: 10,45 años. Jevons se declaraba así mismo

perfectamente convencido de que estas crisis decenales dependen de variaciones meteorológicas del mismo período, las cuales dependen a su vez con toda probabilidad, de variaciones cósmicas de las cuales tenemos evidencia en la frecuencia de las manchas solares, auroras y perturbaciones magnéticas¹.

Desafortunadamente para su teoría, los astrónomos revisaron sus cálculos sobre el ciclo de las manchas solares en 1878 y encontraron una longitud media de más de once años. No obstante, en 1909 el hijo de Jevons, el profesor Herbert Stanley Jevons, sugirió una modificación de la hipótesis solar. Creía que los meteorólogos habían demostrado la existencia de un ciclo de radiación solar y de presión barométrica de tres años y medio de duración. Estudiando los datos agrícolas encontró evidencia de una periodicidad de tres años y medio en las cosechas. Los ciclos económicos, sostenía, duran o siete años o diez años y medio. Juntando los dos resultados veía que un solo ciclo agrícola no bastaba para provocar una crisis, pero que dos o

¹ Jevons (1884), págs 235 y 236.

tres eran suficientes. Así, aunque revisada, concluía que la teoría meteorológica de su padre sobre el ciclo económico seguía siendo válida.

Otros estudios, como los de Henry L. Moore y los de Sir William H. Beveridge, trataron el tema de los datos meteorológicos y el ciclo económico, comprobando que había una regularidad que había que tener en cuenta a la hora de sacar conclusiones sobre los ciclos económicos.

Una variante la introdujo, en el año 1919, Ellsworth Huntington. Éste se declaraba convencido de que la salud era una causa más que una consecuencia de las condiciones económicas, después de comprobar que una alta tasa de mortalidad precedía las crisis y que una baja tasa de mortalidad precedía los momentos de prosperidad. Además descubrió que esta tasa precedía en un año la asistencia a las escuelas, en tres años a las liquidaciones bancarias de Nueva York, en cuatro años a los precios y a los depósitos del National Bank y en cinco años a la inmigración. Huntington concluía diciendo que los ciclos económicos dependen ampliamente de la actitud mental de la comunidad, la cual depende de la salud y ésta del tiempo, al cual situaba como causa última y fundamental.

2. Incertidumbre.

Desarrollando las ideas de Sismondi sobre los precios como guías de la producción, Charles O. Hardy apuntaba a los precios y a las órdenes avanzadas como guías inciertas (en tanto que falibles) de la producción, pues dan información sobre el estado de la demanda, pero no dan ningún indicio acerca de los cambios en la oferta que los mismos productores causan. Esta situación resulta en una tendencia a las alternancias de sobre e infraproducción. Al final, los ciclos económicos son consecuencia de la incertidumbre, sobre todo de la incertidumbre por parte de los productores e intermediarios acerca de las condiciones que prevalecerán en el mercado cuando estén listos sus productos.

3. El factor emocional en las decisiones económicas.

Es fácil reconocer la incertidumbre a la que se enfrenta un empresario cuando planifica sus operaciones, pero la incertidumbre sólo da la oportunidad al trabajo de otros factores que tal vez sean más importantes. Uno de esos factores es el psicológico. A. C. Pigou proponía que la confianza empresarial es la causa dominante de las fluctuaciones rítmicas que se experimentan

en la industria: los errores pesimistas y los optimistas dan lugar a más errores, en una cadena sin fin. La mayoría de los errores irían en la misma dirección y no se cancelarían. La diferencia con la teoría de la incertidumbre estriba en que los errores están relacionados, de acuerdo con Pigou, con el estado de alegría o de desaliento que reina en la comunidad.

En la misma línea, Maurice Beck Hexter relacionaba el descubrimiento de Huntington sobre las tasas de mortalidad y el ciclo económico con motivos psicológicos y no medioambientales. Una alta tasa de mortalidad era el motivo para desanimar a la gente, lo cual conllevaba una futura crisis.

4. Innovación y progreso.

Joseph A. Schumpeter mantenía que la causa fundamental de los ciclos económicos era la innovación hecha por un número relativamente pequeño de hombres de empresa: aplicaciones prácticas de descubrimientos científicos e inventos mecánicos, desarrollo de nuevas formas de organización industrial y comercial, introducción de nuevos productos, conquista de nuevos mercados, cambio de rutas de comercio, etc. Cambios de este tipo, hechos a gran escala, alteran los datos con los cuales opera la masa de empresarios rutinarios y bajo los cuales planifican su producción. Estos planes admitían cierto elemento de error, pero las innovaciones antes comentadas eran las que llevaban, según Schumpeter, a una situación más grave.

De alguna manera, las empresas deben adaptarse a las nuevas condiciones y enfrentarse a ellas o quebrar. Un número considerable no consigue superar esas condiciones, mientras que las demás dirigen su trabajo a nuevas planificaciones basadas en los nuevos datos referidos a costes, precios relativos, y nuevos métodos y mercados. Pero este proceso de ajuste lleva tiempo, un tiempo de ajuste que debe ser soportado incluso por las empresas más innovadoras. Este período es el que corresponde a la depresión y dura hasta que el reajuste ha llegado a producir unas condiciones de estabilidad que permiten al mercado ganar la suficiente confianza en el futuro.

Schumpeter añade que las innovaciones vienen en oleadas y ese es el motivo de una crisis generalizada. Para explicar el porqué de esas oleadas Schumpeter explica que la combinación de capacidades requeridas para concebir nuevas empresas y llevarlas a cabo pese a todos los obstáculos, es extraña entre los hombres; pero que cuando unos pocos individuos especiales han conseguido el éxito, su ejemplo allana el camino a una tropa de imitadores. Crecientes

precios, una demanda en aumento y la generalización del optimismo hacen a los prestatarios más ambiciosos y a los prestamistas menos precavidos, lo cual lleva a los empresarios que no tienen la capacidad para innovar, a desarrollar y mejorar esos inventos, generándose así una oleada de inventos.

5. Los procesos de ahorro e inversión.

Una de las explicaciones de las crisis que está más a favor de los empresarios es que aquéllas están causadas por la escasez de capital. Las inversiones durante la etapa de prosperidad son tan elevadas que la oferta de fondos crediticios se va acabando gradualmente. Cuando se llega al punto en el que no quedan más fondos para prestar, los prestatarios no pueden completar la financiación de su proyecto y el boom inicial termina convirtiéndose en una crisis. Esta idea fue desarrollada por el ruso Michel Turgan-Baranovski en 1894.

Turgan-Baranovski comienza distinguiendo entre fondos de crédito y capital invertido en producción. El fondo de crédito es el agregado de ahorro hecho por los individuos pertenecientes a todas las clases y por las empresas. Durante las depresiones, este ahorro decae. No obstante, hay una importante clase social la cual ve como su ahorro queda muy poco afectado por las crisis. Son los terratenientes, los poseedores de bonos, etc., que ven como sus ahorros incluso aumentan de valor, al bajar el coste de la vida. Así, el ahorro continúa siendo elevado durante las depresiones, y si cae, seguro que lo hace menos que las inversiones. La razón por la cual estos fondos no se invierten se encuentra en la desorganización de los negocios. Pero la caída de los tipos de interés que conlleva lo abultado del ahorro agregado, hace que puedan fluir de nuevo esos fondos hacia nuevos proyectos de inversión. Dichos proyectos, estimulados por sus propios efectos, se expanden hasta sobrepasar el nivel de ahorro existente, lo que hace que el tipo de interés suba hasta unos niveles prohibitivos para muchas empresas, comenzando de nuevo el período recesivo. Turgan-Baranovski acaba diciendo que este proceso no sería tan profundo si la renta estuviese mejor distribuida, a fin de no causar una acumulación de capital tan intensa, que es la causante de la crisis.

6. El trabajo en la construcción.

Entre los teóricos influidos por las ideas de Turgan-Baranovski, se encuentran aquéllos que han mostrado lo que el análisis del ahorro significa en el proceso productivo. Al hacerlo se cambia el énfasis del sobreahorro a la sobreproducción de un tipo de bienes en comparación con otros tipos. Esta teoría fue desarrollada por el alemán Arthur Spiethoff y por el americano George H. Hull.

Hull culpa a los precios de la construcción de las depresiones que sufren las naciones industriales. Para demostrarlo comienza diciendo que el sector de la construcción suponía el 77% de todos los productos industriales de la nación, tras deducir la tierra y las necesidades vitales. Cerca de dos tercios de ese 77% consiste en reparaciones, recambios y las extensiones requeridas por el crecimiento de la población. Esta porción de producción, afirma Hull, es necesaria y debe ejecutarse cada año. Pero la porción restante es la "construcción óptima", y se lleva a cabo o no de acuerdo con los inversores. Cuando los costes de la construcción han caído lo suficiente, muchos, guiados por la posibilidad de conseguir beneficios, entran en el negocio de construcción de viviendas, llevados por la necesidad de construcción y de provisión de bienes a los consumidores. El impulso inicial lleva a la subida de precios y de salarios que terminará por desembocar en una nueva crisis. Por lo tanto, la sobreproducción en un solo sector acaba arrastrando a toda la economía en el ciclo económico.

7. Sobreproducción generalizada.

Mentor Bouniatan y Albert Aftalion mantienen ideas contrarias a las expresadas por Turgan-Baranovski en tanto en cuanto no admiten fondos de capital no invertidos. Tampoco coinciden con Hull, cuando éste afirma que las crisis están producidas por un solo sector. Bouniatan y Aftalion los corrigen, diciendo que las crisis están causadas por procesos generalizados de sobreproducción. Lo explican diciendo que cuando los precios suben tras un período depresivo, los empresarios ven que la demanda de ese momento es mayor que la oferta existente a los antiguos precios. Para asegurar sus cuotas de beneficios, los empresarios aumentan el volumen de su equipo industrial, lo que a su vez aumenta el empleo y estimula la demanda, que de nuevo anima la inversión. Para finalizar la inversión de la industria, se requieren meses e incluso años. Así, debe pasar un tiempo considerable hasta que llega al mercado la nueva oferta de productos. Durante ese período de gestación, la oferta de bienes de consumo continua inadecuada, los precios siguen subiendo, el empleo crece, la renta aumenta y reina la prosperidad.

Tras la finalización de los proyectos de inversión, según estos dos autores, existe una gran cantidad de nueva maquinaria preparada para aportar nueva oferta de bienes. Entonces comienzan los problemas y la crisis. De acuerdo con las leyes de valor, ante una mayor cantidad de bienes disponibles, disminuye el precio y aumentan los tipos de interés, al mismo

tiempo en que comienza la crisis de la sobreproducción generalizada. La sobreproducción dura un año o dos más, debido a que la inversión ha sido muy costosa y debe mantenerse funcionando en la medida de lo posible. De hecho, la sobreproducción aumenta por un tiempo. Cuando la crisis es un hecho, comienzan a bajar los tipos de interés al mismo tiempo que bajan los precios. La recuperación llega cuando los precios han parado su caída. Esto sucede tres o cuatro años después del inicio del proceso. Es entonces cuando comienza la recuperación y las perspectivas de nuevos negocios y nuevas inversiones se hacen patentes, iniciándose otro período de prosperidad.

8. Operaciones bancarias.

Todas las explicaciones precedentes parten de la idea de que los procesos que describen tienen lugar en comunidades equipadas con modernos sistemas bancarios y monetarios, siendo el dinero y el crédito bancario simples mecanismos a través de los cuales distintas fuerzas causan los ciclos económicos. Sin embargo, hay otro grupo de teorías que explican los ciclos económicos como consecuencia de las operaciones bancarias. El mayor defensor de este tipo de explicaciones fue Alvin H. Hansen, aunque también la apoyó R. G. Hawtrey.

Hansen afirmaba que la demanda se basaba en el poder adquisitivo, el cual se basaba a su vez en la renta que salía de la producción de bienes y servicios. Así, bienes y servicios se cambiaban por bienes y servicios. Según Hansen, en una economía de trueque no habría ciclos económicos. Pero en una economía monetaria, el poder adquisitivo de una sociedad se mide por la cantidad de dinero en circulación y por el volumen de crédito bancario en la forma de depósitos. Así, la cuantía del poder adquisitivo, y por tanto de demanda, hecha disponible por los bancos, es limitada, básicamente por dos motivos. El primero por la cantidad de reservas y el segundo por lo deseable que es convertir crédito personal en crédito bancario, lo que depende de la tasa de descuento y de los beneficios que pudiera dar el capital en la industria. Pues bien, si ninguno de estos límites está fijado, el poder adquisitivo que pueden proveer los bancos tampoco está fijado. Cuando los bancos aumentan el poder adquisitivo nominal al garantizar más crédito, están añadiendo capital en circulación. El efecto final es un aumento en los precios y ningún aumento en el poder de compra real. El efecto final es una redistribución de la renta a favor de los prestatarios. Esta redistribución cambia la demanda, los precios relativos, afecta al margen de beneficios y finalmente a la producción. Aquí es donde Hansen encuentra la causa fundamental de los ciclos económicos.

9. La producción y el flujo de rentas monetarias.

En un sentido u otro, las teorías revisadas hasta este punto trataban de explicar porqué la gente de un país a veces no podía comprar a precios normales todo lo que producen, o lo que es lo mismo: porqué se produce más de lo que se vende. La vía más directa de resolver esto consistía en dar nuevas razones a la pregunta de Sismondi de porqué en períodos de actividad la renta monetaria permanecía por debajo del valor monetario de los bienes producidos. R. E. May construye una teoría que se basa en dos pilares fundamentales. Primero: en una comunidad industrial moderna, los salarios conforman el mayor flujo de rentas. Y segundo: los salarios aumentan menos rápidamente en tiempos prósperos que el valor agregado de los bienes producidos. Así, el poder de compra de la clase más importante de consumidores de un país no puede mantener el ritmo del grueso de bienes que buscan ser vendidos. Cuando el exceso de oferta sobre demanda se acumula un año o dos, el mercado de consumo está saturado. Entonces aparecen la crisis y la depresión que restaurarán la salud de la economía al forzar la bajada de los precios que permita a los asalariados comprar lo que se ofrece.

Emil Lederer se basó más en acentuar la idea de que los consumidores "le pierden el paso" a los bienes de consumo. La escuela Pollak, formada por Catchings, Foster y Hastings, también apoyaba la misma idea, pero difería de Lederer en las tasas a las que los diferentes precios avanzaban.

10. El papel jugado por la generación de beneficios.

Hay teorías que explican el ciclo económico por el hecho de que la producción, transporte y distribución de bienes se hace generalmente por empresas que buscan maximizar su beneficio. Estas teorías las desarrollaron Thorstein Veblen (1904) y Jean Lescure (1906).

Veblen comenzaba su discusión planteando que los ciclos económicos son fenómenos de perturbaciones de precios, que afectan a la industria porque ésta está dirigida en términos de precios y en consideración de los beneficios. Un período de prosperidad iniciado por un aumento de los precios, afecta a una industria o grupo de industrias, las cuales intensifican su actividad y aumentan su inversión para aumentar los beneficios. En parte, por el actual incremento de la demanda y, en parte, por la anticipación de futuros aumentos, las empresas extienden de manera agresiva las inversiones a ramas más lejanas. El aumento de la demanda en todas las ramas lleva a una capitalización mayor de las empresas y a un aumento del valor de

las mismas, lo cual permite un aumento del crédito tomado a los bancos. Este proceso termina cuando los costes (salarios, precios de los demás productos) empiezan a crecer lo suficiente como para reducir los beneficios. En ese momento, la capitalización de la empresa, basada en beneficios futuros, comienza a parecer excesiva y los prestamistas comienzan a dudar sobre la seguridad de retorno de sus créditos. Para que llegue la crisis total sólo es necesario que un acreedor importante concluya que un deudor o grupo de deudores no pueden garantizar más la capitalización anterior. En ese momento, estalla una ola de liquidaciones que lleva consigo la conversión de la prosperidad en depresión.

Veblen mantenía que una vez comenzada la ola depresiva, ésta tendía a perpetuarse, en lugar de tender a un posterior resurgimiento de la actividad. La reorganización financiera de las empresas con problemas reduce sus cargas fijas y convierte a los competidores más débiles en los más peligrosos para ahondar en la crisis. Así pues, para Veblen el factor más importante en la determinación de un período económico era la relación entre capitalización corriente y capacidad de ganancia anticipada. Cuando las perspectivas de beneficios crecían, la economía experimentaba un período de auge en el cual la capitalización se extendía rápidamente. Pero el aumento de costes acababa por minar la base del aumento de beneficios, con lo que la capitalización final debía quedar por debajo de la inicial, iniciándose entonces el período depresivo.²

2.1.3. Problemas derivados de la diversidad de las explicaciones

El desarrollo de las teorías que acabamos de exponer marca el grupo de actividades económicas envueltas en los ciclos económicos. Todas ellas se basaban en hipótesis con más o menos sentido económico, lo cual parecía dotar a un estudioso en el tema de una amplia batería de elementos para juzgar los ciclos. Sin embargo, si se repasan detalladamente las ideas expuestas puede llegarse a la conclusión contraria de que se ha sido demasiado exitoso. ¿Qué explicaciones son incompatibles con otras? ¿Se puede trabajar con tantas hipótesis al mismo tiempo? ¿Debía elaborarse una teoría ecléctica que seleccionase elementos diferentes de las distintas teorías? ¿O era mejor elaborar una explicación unificada de la teoría de los ciclos económicos para luego incorporar las demás hipótesis?

² Un análisis posterior del efecto del mercado de capitales en la economía fue desarrollado por O. J. Blanchard (1981).

Las preguntas no encuentran respuesta fácil. La experiencia práctica en el estudio de los ciclos económicos permite comprobar que la economía en general está afectada por numerosos factores físicos, psicológicos, políticos, económicos o sociales en su origen; locales, nacionales o mundiales en su alcance; obvios u oscuros en su carácter; y temporales o duraderos en su efecto. Y además se puede constatar que la actividad económica depende del funcionamiento suavemente coordinado de multitud de procesos económicos: desde la extracción de minerales hasta el ahorro y la inversión de capital. Todos, factores y procesos, pueden utilizarse para construir una teoría explicativa de los ciclos económicos, que recoja tan solo uno de ellos para explicar fluctuaciones recurrentes independientes en una economía. Pero, como es evidente, esa no era la manera de avanzar, pues ninguna de las teorías podía ser rechazada sin ser completamente cierta al mismo tiempo.

Todo el trabajo teórico que se desarrolló tuvo su contrapartida en el campo de conocimiento cuantitativo. La concepción del ciclo económico como un conjunto de cambios en distintos procesos que tienen lugar al mismo tiempo requería la utilización de potentes métodos estadísticos y econométricos. Sólo con ellos era posible saber la importancia relativa de cada fenómeno, la amplitud relativa de las fluctuaciones, la secuencia de aparición de las fluctuaciones por intervalo de tiempo, etc. Para W. C. Mitchell (1927), "la mejor opción de avanzar en el trabajo de anteriores autores está en esta dirección"³.

³ Pág 53.

2.2. LOS CICLOS ECONÓMICOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

2.2.1. Definición del ciclo

En general, cuando se habla del ciclo, lo primero en lo que se piensa es en una curva sinusoidal con un esquema regular y recurrente. Sin embargo, en economía el término ciclo es un concepto más general.

En 1922, en una Conferencia sobre Ciclos, representantes de distintas ciencias discutieron el fenómeno cíclico. El primer orador de dicha conferencia, el Dr. F. E. Clements, mostró una definición que resultó aceptable para los demás:

en el uso científico general, la palabra (ciclo) denota una recurrencia de diferentes fases de más y menos desviaciones, que a menudo son susceptibles de medición exacta. No hay una relación necesaria de un intervalo de tiempo definitivo, aunque frecuentemente es una característica de los ciclos astronómicos. Aparte de los familiares ciclos del día, del mes lunar y del año, el más conocido es la recurrencia de las manchas solares, al cual se le aplica el término ciclo de manera universal. Esto refuerza la evidencia de que el significado del término reside en el hecho de la recurrencia más que en el intervalo de tiempo, ya que el ciclo de manchas solares ha variado su longitud de 7 a 17 años desde 1788, mientras que la fase mínimo-máximo ha estado en el rango de 3 a 5 años y la fase máximo-mínimo ha estado en el rango de 6 a 8 años desde 1833. En consecuencia, parece deseable utilizar *ciclo* como el término adecuado para todas las recurrencias que permiten ser medidas, y *período* o *periodicidad* para aquéllos con un intervalo de tiempo definido, reconociendo, sin embargo, que no hay líneas fijas entre los dos.⁴

Los trabajos iniciados por Juglar, Kondratieff, Kitchkin, Jevons y otros fueron continuados por el mismo Mitchell y por Burns en el National Bureau of Economic Research. En Burns y Mitchell (1946) se define el ciclo como:

⁴ Clements (1923). Págs. 657-658.

un tipo de fluctuaciones encontrada en la actividad económica agregada de las naciones que organizan su trabajo principalmente en empresas de negocios: un ciclo consiste en expansiones que ocurren al mismo tiempo en muchas actividades económicas, seguidas por recesiones igualmente generales, contracciones y recuperaciones, que se fusionan con la fase de expansión del siguiente ciclo; esta secuencia de cambios es recurrente pero no periódica; en duración los ciclos económicos varían desde más de un año hasta más de diez o doce; no son divisibles en ciclos más cortos de carácter similar con amplitudes que aproximan la propia.⁵

Al trabajo de Burns y Mitchell respondió Koopmans en 1947 en un artículo que tituló "Medición sin teoría". Koopmans presentaba básicamente dos críticas. La primera era que en ese estudio no había una discusión sistemática de las razones teóricas para la inclusión de variables concretas o para excluir otras. Antes de seleccionar las variables, afirma Koopmans, se necesita alguna noción de la teoría que genera las fluctuaciones económicas. La segunda es que en el trabajo de Burns y Mitchell faltan supuestos explícitos sobre la distribución de probabilidad de las variables, en concreto de cómo operan las perturbaciones aleatorias en la economía a través de las relaciones económicas entre las variables. Para Koopmans, debería utilizarse un sistema estructural de ecuaciones como principio organizativo y luego hallar el modelo de probabilidad que generan las series económicas utilizando test estadísticos. Koopmans convenció a la profesión económica de que hacer otra cosa no era científico. Así, Jan Tinbergen y otros siguieron con sus modelos econométricos la corriente iniciada por Keynes y Kalecki, que dejó a los ciclos económicos en un segundo plano durante muchos años.

2.2.2. Los ciclos y la teoría económica en los últimos treinta años

Desde el punto de vista del desarrollo de modelos teóricos de análisis de los ciclos económicos, surgen los modelos de equilibrio con racionamiento cuantitativo del intento de fundamentar microeconómicamente el modelo keynesiano completo, entendiendo como tal la formulación IS-LM de Hicks (1937) y sucesivas versiones (Samuelson, 1948 o Sargent, 1979).

⁵ Pág. 5.

El primer modelo de equilibrio general que desarrollaba las implicaciones de la rigidez completa de precios y del intercambio bajo condiciones no walrasianas (realización de transacciones bajo un vector de precios que no asegura el *vaciado* de todos los mercados) es el de Barro y Grossman (1979). Antes de este trabajo se habían desarrollado funciones de comportamiento agregado como soluciones a programas de optimización explícitos, como las funciones de demanda de dinero (Tobin, 1958), de inversión (Sargent, 1979), de consumo (Rojo, 1981) y de oferta monetaria (Baltensperger, 1980). Sin embargo, ninguno se realizaba en un contexto de equilibrio general como el de Barro y Grossman, el cual generó la llamada "economía del desequilibrio", conocida así porque se llegaba a estados en los que los agentes no tienen incentivos para cambiar sus planes, esto es, se llega al equilibrio aunque posiblemente racionado. Los trabajos de Benassy (1975, 1982), Grandmont (1977a, 1977b) y Malinvaud (1977) se encuentran en esta línea, la cual se refinó con la inclusión de mecanismos de racionamiento explícitos y con técnicas de demostración de la existencia de equilibrio con precios fijos propias de la teoría de equilibrio general competitivo (Debreu, 1959). El desarrollo econométrico de estos modelos en España ha sido particularmente interesante, pudiéndose citar en concreto los trabajos de Ballabriga (1990), Molinas *et al.* (1990) y López y Taguas (1990).

Frente a los modelos keynesianos, el monetarismo cuestionó las conclusiones de política económica y la especificación de la oferta agregada (sobre todo la curva de Phillips) y fue la línea de pensamiento económico que predominó en los años setenta. Heredera de esta corriente es la nueva macroeconomía clásica, la cual se basa en la relevancia de los factores monetarios en el ciclo; en la inconsistencia del uso de reglas fijas en la conducción de la política económica en general frente a actuaciones discrecionales; y en la crítica a la curva de Phillips y a la especificación de los bloques de precios y salarios de los modelos macroeconómicos keynesianos.

La nueva macroeconomía clásica cuida mucho más los aspectos formales que el monetarismo, como por ejemplo el recurso a modelos explícitos, la consideración más detallada de la dinámica, el tratamiento de la economía como en un sistema de equilibrio general walrasiano o el uso de las hipótesis de expectativas racionales.

Un modelo de ciclo económico que recoge las principales características de la nueva macroeconomía clásica es el de Lucas (1972, 1973, 1977), en el cual los agentes racionales sufren confusiones entre los niveles relativos y absolutos de precios debido a la presencia de

barreras informativas. El origen de esta confusión se encuentra en el nivel general de precios como consecuencia de cambios en la cantidad de dinero. Este modelo permite que los agregados monetarios ejerzan su influencia sobre la actividad económica, aunque sólo de forma transitoria y no susceptible de la explotación sistemática por parte de la autoridad monetaria, puesto que ello acarrearía el cambio de la regla de toma de decisiones por parte de los agentes. Esto conlleva la imposibilidad de evaluar econométricamente la política monetaria, puesto que cualquier cambio en su régimen produce cambios en el modelo, lo que hace que las estimaciones originales sean obsoletas. Éste es el núcleo de la conocida crítica de Lucas (Lucas, 1976).

Antes de pasar a considerar que los modelos de crecimiento sirvan como base a los modelos cíclicos, hay que recordar que Lucas y Phelps recogen la idea de la incertidumbre como generadora de ciclos económicos, apuntada por Charles Hardy, para construir un modelo cíclico que tiene como idea central la información imperfecta. Es el modelo de ajuste nominal incompleto.

La idea fundamental del llamado modelo de Lucas es que cuando un productor observa un cambio de precio de su producto no sabe si ese cambio refleja un cambio en el precio relativo de su bien o si refleja un cambio en el nivel agregado de precios. El primero le invita a variar su producción en el mismo sentido que la variación de los precios, mientras que el segundo deja la producción inalterada.

La respuesta racional del productor es atribuir el cambio total de los precios a una suma ponderada de los dos cambios: del nivel agregado de precios y de los precios relativos. Esto implica que los productores aumentarán algo su producción. Este razonamiento conduce a un modelo monetario del ciclo económico que aconseja políticas monetarias estables. Por otro lado, las conclusiones de este modelo critican la rigidez de los modelos econométricos, ya que finalmente los parámetros de las relaciones supuestamente estables que rigen la economía dependen de la evolución de las variables, lo que desaconseja la utilización de los modelos econométricos para el diseño de políticas económicas.

Los modelos de ciclos reales parten del programa metodológico planteado por la nueva macroeconomía clásica: los agentes están considerados de manera explícita y buscan optimizar

sus funciones de utilidad y beneficios, forman sus expectativas de manera racional y todo ello está encuadrado en un marco walrasiano en el que el vector de precios observado asegura la compatibilidad generalizada de los planes de los agentes. Esta coincidencia de planteamientos no es óbice para que los modelos de ciclos reales sean radicalmente opuestos a sus predecesores en el tiempo y que, al tiempo, los sustituyeran casi por completo, cometiendo, en palabras de Quilis (1995) "una suerte de parricidio analítico".

Las diferencias entre los modelos de la nueva macroeconomía clásica y los modelos de ciclos reales radican tanto en su diseño, como en el origen de las perturbaciones o en la evaluación cuantitativa que emplean. El diseño de los primeros se centra más en la creación de los impulsos, mientras que los segundos desarrollan con más cuidado la propagación de los mismos. Por lo que respecta al origen de los shocks, en los primeros los impulsos monetarios de tipo nominal son los causantes de los ciclos, mientras que en los segundos son los cambios *reales* que afectan a la productividad de los factores los que mueven los ciclos. Por último, la evaluación cuantitativa cuidadosa con que se arropaban los modelos que incluían expectativas racionales de la nueva macroeconomía clásica no puede compararse con el proceso de determinación de los parámetros críticos del modelo empleando datos de corte transversal, conocido como *calibración*, de los modelos de ciclos reales. Al trabajo pionero de Kydland y Prescott (1982) siguieron numerosas aportaciones que se comentarán en otros apartados de la presente tesis.

Si los años ochenta estuvieron dominados por los modelos de ciclos reales, en los noventa estos modelos se han visto enfrentados a los pertenecientes a la nueva economía keynesiana, la cual se caracteriza por el énfasis otorgado a los fundamentos microeconómicos de la rigidez nominal de precios y salarios, a las consecuencias macroeconómicas de la competencia imperfecta y a las especificidades informativas e institucionales de los principales mercados. Este nuevo marco de análisis abarca toda la macroeconomía, siendo el fenómeno de los ciclos una parte del mismo.

La relación que existe entre la nueva economía keynesiana y la economía del desequilibrio tiene como tronco común la síntesis neoclásica, pero la segunda queda bloqueada en un callejón sin salida de un vector de precios cuya exogeneidad no se justifica, mientras que la primera sigue el orden natural de explicar primero la rigidez de precios y examinar después sus consecuencias. Sin embargo, la explicación de los ciclos basada en más de un origen en que se

fundamentan ambas teorías, contrasta con las explicaciones *monoteístas* de la nueva macroeconomía clásica (origen monetario de los ciclos) y de los ciclos económicos reales (origen real de los ciclos).

Tal y como se ha citado anteriormente, hay una serie de aspectos destacables en la nueva economía keynesiana: la rigidez nominal, la competencia imperfecta o las especificidades de los mercados. Pero además hay otros desarrollos significativos, como por ejemplo el tratamiento del mercado crediticio, la falta de sincronía en las variaciones de los precios, los problemas de coordinación y las características especiales de algunos mercados de bienes (clientela, guerras de precios, etc.). A continuación, se repasan brevemente algunos de los aspectos citados y sus principales características.

La rigidez nominal se basa en casar el comportamiento optimizador de los agentes económicos con una respuesta insuficiente de los precios a perturbaciones nominales. El hecho de considerar que son los propios agentes los que determinan el vector de precios (y no un ente ficticio como el subastador walrasiano) implica dotar a los agentes de cierto poder de mercado, abandonando así los principios de competencia perfecta. La rigidez de precios, no obstante, viene motivada por hipótesis auxiliares, como por ejemplo la consideración de costes en el ajuste de los precios (costes de menú) y la *cuasi racionalidad* de los agentes.⁶

La competencia imperfecta refleja la percepción generalizada de que los mercados de bienes, crédito y trabajo se organizan de forma diferente a la competencia perfecta. Además se posibilita el análisis detallado del proceso de fijación de precios. No obstante, se debe elegir qué clase de juego rige uno u otro mercado. Ésto resta generalidad a los análisis pero permite especificaciones más detalladas para mercados distintos. La amplitud teórica que aquí se refiere no ha impedido que la mayoría de los modelos empleen la competencia monopolística como referencia general. Los resultados habitualmente obtenidos con estos modelos son la ineficiencia paretiana (el nivel de producto es inferior al potencial); la eficiencia de la política fiscal (un incremento del gasto público afecta al nivel de producción en la misma dirección y frecuentemente con un multiplicador superior a la unidad); neutralidad del dinero (para que el dinero influya realmente se necesitan hipótesis auxiliares, como los costes de ajuste de los

⁶ Un agente es *cuasi racional* si no altera sus decisiones frente a una perturbación dX si la pérdida asociada a ese comportamiento es función de dX^2 : pequeñas desviaciones respecto a la optimización completa no son especialmente gravosas y pueden ser perfectamente asumidas.

precios o la *cuasi racionalidad*); y la semejanza formal con los modelos keynesianos de precios fijos (las expresiones que encapsulan las funciones de demanda y oferta de estos modelos recogen tanto variables cuantitativas como nominales). Entre los modelos que se pueden citar como representativos de éstas características, se encuentra el de Mankiw (1988), con una extensión interesante de Caminal (1990), el de Blanchard y Kiyotaki (1987) y el de Hairault y Portier (1993). Referencias generales de estos modelos son Silvestre (1993) y Dixon y Rankin (1994).

Al igual que las teorías de los ciclos han ido desarrollándose en las últimas décadas, la definición de los ciclos económicos también ha evolucionado. Así, en 1977, Lucas definió el ciclo económico como las desviaciones del producto real agregado de la tendencia. Esta definición es muy distinta a la de Mitchell, que ponía el énfasis en los puntos de giro (*turning-points*) y en las fases del ciclo, y que lideró el estudio de los ciclos hasta la segunda guerra mundial. Esta definición está muy influenciada por el desarrollo de la teoría que siguió al trabajo de Mitchell; en concreto, los trabajos de Friedman y Schwartz (1963) acerca de perturbaciones monetarias y de Muth (1960) sobre las expectativas racionales. Siguiendo la teoría de Lucas, para recoger la tendencia de una economía debe elaborarse un modelo económico que recoja como solución una senda equilibrada de crecimiento. Esa idea es la que debe recoger el concepto de tendencia. Los trabajos sobre ciclos se han basado, sobre todo, en el modelo de crecimiento de Solow y Swan, que es un sistema económico artificial plenamente articulado. Sin embargo, con el modelo de crecimiento no es suficiente, y es necesaria una definición estadística de la componente tendencial y de la componente cíclica de las series económicas. La descomposición de las series temporales en componentes no observables es, hoy en día, uno de los temas más abiertos dentro de la econometría, pero no hay que perder de vista el marco teórico en el que se trabaja. Este aspecto se desarrollará más adelante.

En el siguiente epígrafe se desarrollarán los elementos básicos del modelo de crecimiento de Solow-Swan, el cual servirá de base para desarrollar posteriormente el modelo de ciclo real.

2.3. CICLOS Y CRECIMIENTO

2.3.1. Introducción

Primero fueron los economistas clásicos, como Adam Smith (1776), David Ricardo (1817) y Thomas Malthus (1798), y mucho después Allyn Young (1928), Frank Knight (1944) y Joseph Schumpeter (1934) los que aportaron la mayoría de los ingredientes básicos que aparecen en las teorías modernas de crecimiento económico. Estas ideas incluyen aproximaciones básicas de comportamiento competitivo y dinámica de equilibrio, el papel de los rendimientos decrecientes y su relación con la acumulación de capital físico y humano, la interrelación entre la renta per capita y el crecimiento de la población, los efectos de progreso técnico, y el papel del poder de monopolio como incentivo al avance tecnológico.

Desde el punto de vista cronológico, Barro y Sala-i-Martin (1995) sitúan al artículo de Ramsey de 1928 como punto de partida. En este artículo se trata la optimización del comportamiento de las familias y se va mucho más allá del crecimiento económico, analizándose teoría del consumo, precios de los activos e incluso teorías del ciclo económico. Más adelante, aparecen los trabajos de Harrod (1939) y Domar (1946), que intentan integrar los principios de la economía keynesiana con los elementos del crecimiento económico. En su modelo usaban funciones de producción con poca sustituibilidad entre inputs, para demostrar lo inestable del sistema capitalista. Estos trabajos fueron ampliamente aceptados en su época, ya que, tras la experiencia de la gran depresión de 1929, muchos esperaban una nueva crisis al término de la segunda guerra mundial. No obstante, hoy en día, sus trabajos no juegan un papel importante en el análisis de crecimiento económico.

La siguiente contribución importante en el campo del crecimiento económico se debe a los trabajos de Solow (1956) y Swan (1956). El elemento clave de sus modelos es la función de producción neoclásica, que asume rendimientos constantes a escala, rendimientos decrecientes en cada input y una elasticidad de sustitución entre inputs positiva. Esta función de producción se combina con una tasa de ahorro constante para generar un modelo de equilibrio general extremadamente simple. Pese a la sencillez del modelo, algunas de las predicciones que de él se extraen han traído consigo mucha literatura en los últimos años. Una de ellas es la idea de convergencia condicional entre países, explotada por Barro y Sala-i-Martin (1992) y discutida por otros autores, como D. Quah (1993 y 1996). Otra predicción del modelo es que, en

ausencia de continuas mejoras en el nivel de la tecnología, el crecimiento económico cesa. Esta conclusión, a la que también llegaron Malthus y Ricardo, se basa en el supuesto de rendimientos decrecientes del capital. Los teóricos de los años cincuenta y de los sesenta reconocían las deficiencias del modelo, pero tan solo añadieron el crecimiento exógeno de la tecnología para que éste coincidiera con la realidad. La conclusión era que el modelo quedaba en una situación insatisfactoria.

Cass (1965) y Koopmans (1965) recogieron el análisis de Ramsey de la optimización del consumidor y lo añadieron al modelo de crecimiento, resultando una determinación endógena de la tasa de ahorro. Esta extensión era más rica que las anteriores en términos de transición dinámica, pero seguía manteniendo una tendencia a preservar la hipótesis de convergencia condicional. Por otro lado, la endogeneidad de la tasa de ahorro tampoco acababa con la consideración del progreso tecnológico como exógeno.

Arrow (1962) y Sheshinki (1967) construyeron modelos en los cuales las ideas eran importantes en la producción, y se acumulaban por un proceso de aprendizaje ("learning-by-doing"). En estos modelos los descubrimientos de cada persona se esparcían por toda la economía en un proceso de difusión instantánea que se toma como perfectamente plausible debido al carácter no rival del conocimiento. Romer (1986) mostró años después, en su modelo de crecimiento endógeno, que puede mantenerse el armazón competitivo determinando una tasa de equilibrio de crecimiento tecnológico, pese a que el resultado no es un óptimo de Pareto. Finalmente acaba requiriéndose un modelo de competencia imperfecta para que se dé la acumulación de capital humano suficiente que permita desarrollar la actividad de investigación que produce el avance tecnológico, motor último de las economías.

En los epígrafes siguientes se van a desarrollar, de manera breve, los supuestos del modelo básico de crecimiento de Solow y Swan, base de la mayoría de los modelos de ciclos económicos reales. Este modelo intenta reproducir una serie de hechos relacionados con el crecimiento que se dan en la realidad.

Kaldor (1963) encuentra seis hechos estilizados que caracterizan el crecimiento económico de los países capitalistas:

1. el producto per capita crece en el tiempo y su tasa de crecimiento no tiende a disminuir;
2. el capital físico por trabajador crece en el tiempo;

3. la tasa de retorno del capital es aproximadamente constante;
4. el ratio de capital físico por unidad de producto es aproximadamente constante;
5. las participaciones del trabajo y del capital físico en la renta nacional son aproximadamente constantes;
6. el crecimiento del producto por trabajador difiere de manera sustancial entre países.

2.3.2. El modelo Solow-Swan

Este modelo también es conocido como el modelo de crecimiento exógeno y como el modelo de crecimiento neoclásico. Se parte de que las familias son las poseedoras de los inputs y de los activos de la economía (que incluyen los derechos de propiedad de las empresas) y escogen las fracciones de su renta que consumirán y ahorrarán. El segundo supuesto es acerca de las empresas, las cuales alquilan los inputs a las familias y los utilizan para producir bienes que venden a las mismas familias y a otras empresas. Las empresas tienen acceso a la tecnología que permite transformar los inputs en bienes. El tercer supuesto se refiere a los mercados, en los cuales las empresas venden sus productos y las familias alquilan sus inputs. Las cantidades demandadas y ofrecidas acabarán determinando los precios de los inputs y de los productos.

El modelo comienza escogiendo una función de producción de la que resulta un bien y en la que entran los inputs capital y trabajo. La función de producción tiene rendimientos constantes a escala y es homogénea de grado uno, con lo que se cumple el teorema de Euler de exhaustividad de la producción. Sabemos que las derivadas parciales de la función de producción son los productos marginales de los inputs, que a su vez deben ser iguales a las tasas de retorno de los inputs. Por tanto, lo que se produce es suficiente para pagar a los factores. El siguiente supuesto que se toma es el de productos marginales positivos y decrecientes para cada input. También deben cumplirse las *condiciones de Inada*, que marcan que el producto marginal del capital tiende a infinito cuando el capital se aproxima a cero, y que tiende a 0 cuando el capital tiende a infinito.

Una vez definida la función de producción, se define la dinámica de cambio del stock de capital, en la que el ahorro es una fracción constante de la renta, y existe depreciación del capital en cada período. La dinámica del stock de capital per cápita es perfectamente estable. Si una economía se encontrase por encima o por debajo del stock de capital de equilibrio, las fuerzas del sistema la llevan al equilibrio. Esto lleva consigo la idea de convergencia hacia el

estado estacionario, en el cual la única fuente de crecimiento reside en el aumento de la población, ya que si todas las variables per capita permanecen constantes, las variables brutas deben estar creciendo a una tasa igual al crecimiento de la población. La tasa de ahorro tan solo sirve para marcar el nivel del estado estacionario, pero no para marcar una pauta de crecimiento superior en el largo plazo.

Este sencillo modelo cae en una serie de contradicciones que pueden descubrirse considerando algunos rasgos del crecimiento mundial de los últimos cincuenta años:

1. los países con las mayores tasas de inversión (ahorro), invierten (ahorran) 3 veces más que los países con menores tasas de inversión (ahorro);
2. los países más ricos tienen una renta per capita cien veces más elevada que los países más pobres;
3. las tasas de crecimiento por trabajador no están fuertemente relacionadas con los niveles de renta per capita.

Los hechos (1) y (2) son incompatibles entre sí, si tenemos en cuenta el modelo Solow-Swan, ya que no tiene sentido que una tasa de ahorro tres veces superior dé unas diferencias relativas de renta (de stock de capital de equilibrio, en el fondo) cercanas a la centena. El hecho (3) tampoco parece lógico teniendo en cuenta que se supone la existencia de convergencia hacia un estado estacionario: un país con bajos niveles de renta debería crecer, mientras que un país con altos niveles de renta debería decrecer en términos per capita. Estas incongruencias del modelo pueden resolverse en parte si se introduce la tecnología en el mismo, llegando al modelo ampliado que considera explícitamente el estado de la tecnología, el cual puede considerarse dinámico.

Mediante la diferenciación del modelo ampliado se puede obtener el residuo de Solow, el cual permite conocer la evolución del estado de la tecnología en una economía. A partir de los hechos caracterizados por Kaldor, las participaciones de los factores en el producto son constantes. Entonces, tomando esos coeficientes como dados (sus valores suelen tomarse iguales a 0,35 para el capital y 0,65 para el trabajo aproximadamente) y tomando las series temporales de variaciones de producto, capital físico y población, se obtiene la serie de variación del factor tecnológico. También puede interpretarse como una medida del factor de productividad total. Pese a ser una medida sencilla, el residuo de Solow acaba recogiendo todos

los aspectos del crecimiento no explicados por el crecimiento de los inputs y no sólo los aspectos relacionados con la productividad o la tecnología.⁷

2.3.3. Extensiones del modelo de Solow. El modelo de crecimiento endógeno

La crítica más obvia a este modelo se refiere a la exogeneidad del crecimiento de la componente tecnológica. Para introducir la tecnología como endógena en un modelo de crecimiento, P. Romer (1990) desarrolla un modelo basado en que el cambio tecnológico está en el corazón del crecimiento económico; en que el cambio tecnológico se da por acciones de agentes que responden a incentivos de mercado; y basado en que las instrucciones para trabajar con materias primas son, en sustancia, unos bienes de naturaleza económica distinta a la de los bienes económicos normales (son bienes no rivales). El resultado de dicho modelo muestra cómo la senda de crecimiento de una economía depende de la acumulación de capital humano, dejando que el crecimiento no se determine de manera exógena.⁸

King *et al.* (1988b) muestra la manera de introducir crecimiento estocástico a un modelo de crecimiento endógeno, aunque sin llegar a resultados concretos. Posteriormente, Stadler (1990) desarrolla un modelo de ciclos con crecimiento endógeno a la *learning by doing*, ilustrando cómo shocks transitorios afectan la dinámica de largo plazo del producto. No obstante, en este modelo la tasa de crecimiento no es estacionaria, lo que es contrario a los datos. Collard (1995) combina *learning by doing* con un efecto racionalización de la actividad productiva. Así, la hipótesis de crecimiento endógeno implica que el proceso de las series más importantes exhiben una raíz unitaria, de manera que el modelo aporta un marco para tratar la neutralidad o estacionariedad de los shocks que recibe la economía. Su conclusión se centra en que es posible que un shock, tanto tecnológico como de gasto del sector público, puede tener efectos en el largo plazo. El signo depende del peso relativo del *learning by doing* y de los efectos de racionalización en la acumulación de capital humano.

⁷ Barro y Sala-i-Martin (1995) recogen esta idea en el concepto de la β -convergencia condicionada, que añade muchas otras variables para recoger todos los aspectos no relacionados con lo que se puede entender con productividad o cambio tecnológico.

⁸ En Rebelo (1990) se describe un modelo de crecimiento endógeno, basado en el de Romer, con políticas públicas a las que otorga un papel importante a la hora de explicar las diferencias entre países descritas por Kaldor.

2.4. ALGUNAS CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El estudio de los ciclos económicos ha pasado por diversas épocas, de más y de menos interés para los economistas. Sin embargo, su importancia está fuera de toda duda, sobre todo si se tiene en cuenta la misma filosofía con que hoy se trabaja en ciclos, usando modelos de equilibrio general dinámico. Éstos se basan en suponer un comportamiento básico de los agentes económicos para después analizar la respuesta de esos individuos ante cambios inesperados en las variables fundamentales de la economía.

Por otro lado, cualquier estudio que se realice sobre el ciclo económico, por muchos aspectos que quiera considerar, dejará de lado alguna razón relevante que pueda estar detrás de perturbaciones cíclicas en la economía. La multitud de explicaciones que se han repasado en esta introducción sólo pueden conducir a considerar el objetivo que se puede plantear en una tesis como la que aquí se presenta: analizar algún aspecto concreto que puede añadir luz sobre alguna cuestión que se quiera plantear en teoría económica. Intentar reproducir *todos* los rasgos que están detrás de un proceso tan complejo como los ciclos económicos sólo puede conducir a confusión, de modo que intentar reproducir la *realidad* llevaría a un completo fracaso en cualquier caso. Desde este punto de vista, lo fundamental es intentar responder alguna cuestión *relevante* concerniente al fenómeno que se esté estudiando. Por todo esto, en la tesis sólo he buscado circunscribirme a un aspecto muy concreto de los ciclos económicos, que se justificará ampliamente en el capítulo tres. Me refiero a considerar que las economías nacionales no están solas en el mundo que las rodea, sino que pertenecen a algo más complejo. Intentar entender las principales fuerzas que operan en la vertiente internacional de los ciclos económicos es un objetivo de esta tesis.

Como vehículo para alcanzar el objetivo he escogido una visión de los ciclos que se ha llamado antes *monotelista*. En concreto, es la de los ciclos económicos reales. Tal y como se ha justificado en el capítulo uno, el estudio de las repuestas de los agentes ante cambios de los precios relativos es un aspecto fundamental que considero más importante que las posibles repuestas de aquéllos a las rigideces que existan en la economía. No obstante, pensar que los ciclos económicos se deben exclusivamente a las fluctuaciones del crecimiento de la tecnología es asumir que la mayoría de las explicaciones que se han repasado en este capítulo son falsas, o por lo menos insuficientes. Por eso, asumo con estas líneas que la visión que suponen las teorías de ciclos reales que aquí se adoptan como vehículo de los diferentes supuestos que se

van a desarrollar, pueden parecer sesgadas, pero sólo pretenden ser un mero vehículo de un análisis de teoría económica mínimamente serio.

En lo que respecta a la vertiente econométrica de la tesis, la definición misma de los ciclos económicos supone un problema al que se ha intentado poner coto en la literatura, tal y cómo se ha visto en este capítulo. Sin embargo, la misma definición de ciclo económico supone un auténtico ejercicio de asunción de supuestos que permitiría hallar diferentes respuestas cuantitativas a una misma pregunta, del tipo: cuál es la dispersión del ciclo del producto, del consumo o de cualquier otra variable. En la tesis se hace un breve repaso a las principales técnicas asumidas en la literatura de ciclos económicos.

Por otro lado, con la evaluación cuantitativa de las diferentes teorías que se pueden plantear en la tesis no pretendo en ningún caso establecer un orden entre modelos. Así, un modelo de teoría económica no podrá ser nunca mejor que otro, por definición. La diversidad de medidas que pueden plantearse como fundamentales entre variables (dispersión, correlaciones entre variables, funciones de correlaciones cruzadas, espectros, coherencias, funciones de fase, etc.) hace que cualquier rasgo pueda plantearse como fundamental si lo que se pretende es focalizar un determinado aspecto. Por eso, nunca pretenderé poner un modelo de manera global por delante de otro. Sin embargo, sí que creo necesario plantear una regla de medida del aspecto que se quiera estudiar del modelo que sea. Este aspecto centrará gran parte del capítulo cuatro.

A continuación, pues, en el capítulo tres presento a grandes rasgos los aspectos fundamentales de la teoría de los ciclos económicos reales y me centro en los aspectos internacionales de las teorías de ciclos.

3. CICLOS ECONÓMICOS REALES

3.1. ORIGEN, DESARROLLO Y EXTENSIONES PRINCIPALES

3.1.1. Necesidad de la existencia de la consideración real del ciclo

Como respuesta a los modelos nominales desarrollados por Lucas y otros, surgen los modelos de ciclos económicos reales. De hecho, el calificativo de *real* se utilizó para distinguirlos de los modelos *nominales*, que se basaban en una explicación fundamentalmente monetaria para aclarar las desviaciones de una economía respecto de su senda de crecimiento equilibrado. Por contra, los modelos de ciclos reales se fundamentan en la consideración de los shocks tecnológicos (perturbaciones *reales*) como motores de los cambios cíclicos en la economía. Esta consideración es la respuesta a un rompecabezas que se encuentra cuando se estudian los hechos relativos a las fluctuaciones cíclicas. Este rompecabezas parte de la consideración del modelo de crecimiento de Solow y Swan, que se ha visto anteriormente.

Las piezas que componen el rompecabezas son las siguientes. Por un lado, el consumo y el ocio se mueven en direcciones opuestas durante el ciclo, lo cual lleva a pensar que el ocio debe ser contracíclico con respecto al producto. Consumo y ocio son elementos que la gente disfruta y que tienen una consideración de bienes normales, con lo que, ante un aumento en la renta del individuo, éste querrá aumentar tanto su consumo como su ocio. Por tanto, si en el ciclo observamos que ocio y consumo oscilan de manera inversa, tendrá que ser debido a un cambio de los precios relativos de ambos bienes, de manera que el salario real (que es el precio del ocio) disminuye en las fases depresivas del ciclo. Por lo tanto, el salario real debe ser procíclico.

Por otro lado, las empresas emplean menos trabajo durante una recesión, lo cual deberá aumentar el producto marginal del factor trabajo, que debe igualarse con el salario real. Esto lleva a que el salario real deba aumentar en las fases contractivas del ciclo: los salarios reales deben ser contracíclicos.

La existencia de una paradoja entre el primer proceso, maximizador de utilidad, y el segundo, maximizador de beneficios, lleva a la necesidad de considerar fluctuaciones en el nivel tecnológico para poder explicar las variaciones de los ciclos reales.

El principal objetivo de los modelos de ciclos económicos reales es calcar la realidad. Esto es, intentar conseguir un modelo que sea capaz de reproducir las características cíclicas más importantes de la realidad. Al igual que Kaldor describía una serie de hechos estilizados para el crecimiento económico, se pueden definir una serie de rasgos de la parte cíclica de la economía. Cooley y Prescott (1995)¹ definen los siguientes rasgos:

- 1.- la magnitud de las fluctuaciones en el producto y en el agregado de horas de trabajo es casi igual, lo cual confirma que el ciclo se manifiesta claramente en el mercado de trabajo;
- 2.- el empleo fluctúa casi tanto como el producto y el total de horas de trabajo, mientras que la media semanal de horas fluctúa considerablemente menos, lo que viene a sugerir que la mayor parte de las fluctuaciones en las horas totales representan movimientos dentro y fuera de la fuerza de trabajo, más que ajustes en la media de horas trabajadas;
- 3.- el consumo de bienes no duraderos y de servicios es suave y fluctúa mucho menos que el producto;
- 4.- la inversión y el consumo de bienes duraderos fluctúan mucho más que el producto;
- 5.- el stock de capital fluctúa mucho menos que el producto, con el cual tiene muy poca correlación;
- 6.- la productividad es ligeramente procíclica y varía considerablemente menos que el producto;
- 7.- los salarios fluctúan menos que la productividad;
- 8.- la correlación entre la compensación media por hora y el producto es esencialmente cero;
- 9.- el gasto público está esencialmente no correlacionado con el producto; y
- 10.- las importaciones son procíclicas y lo son de manera más intensa que las exportaciones.

Dos trabajos reconocidos como precursores de este tipo de modelos, corresponden a dos artículos claves. El primero de ellos es Kydland y Prescott (1982) y el segundo es Hansen (1985). Ambos son extensiones del modelo de Brock y Myrman (1972), que incluye

¹ Los rasgos aquí descritos son las conclusiones que se extraen después de estudiar los datos relativos a la componente cíclica de una serie de variables macroeconómicas de los últimos cuarenta años de la economía de los Estados Unidos. Dicha componente se extrae en el trabajo de Cooley y Prescott después de eliminar la tendencia de la serie mediante la utilización del filtro desarrollado en Hodrick y Prescott (1980).

perturbaciones tecnológicas en un modelo de crecimiento. El primero de ellos consigue imitar algunos aspectos de la realidad considerando que las inversiones necesitan más de un período para poder incorporarse al capital físico productivo y que el ocio depende del pasado, mientras que el segundo se centra más en la indivisibilidad del factor trabajo. Pero antes de considerar estas dos aportaciones primero se desarrollará el modelo básico de ciclos reales, descrito por Goerlich (1990).

3.1.2. El modelo básico

Como ya se ha comentado, se parte del modelo Solow-Swan descrito anteriormente, en el cual el individuo tiene acceso a una tecnología:

$$y_t = a_t f(k_t, n_t),$$

donde y_t es el producto; k_t es el stock de capital; n_t es el trabajo; a_t es un proceso estacionario de Markov que refleja el estado de la tecnología, con esperanza incondicional igual a la unidad y realización positiva con probabilidad 1; y f es una función de producción homogénea de grado 1 y que cumple las propiedades de la función descrita en el capítulo que describía el modelo de crecimiento neoclásico.

El producto puede convertirse en consumo, c_t , o en inversión, i_t , por lo que en cada período se verifica la restricción:

$$c_t + i_t \leq y_t.$$

En cada período se deprecia una parte del capital, δ , el cual sigue la siguiente relación:

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + i_t.$$

El modelo se completa con el supuesto de que la inversión (el ahorro) es una fracción s de la renta:

$$i_t = s y_t.$$

Para encontrar la solución a este modelo hay que empezar recogiendo medidas independientes de los shocks tecnológicos. Una medida de los mismos es el *residuo de Solow* que se vio con anterioridad en el apartado 2.3.2. A partir de una medida inicial del stock de capital, con las mediciones de los shocks tecnológicos y con unas medidas independientes de los parámetros del modelo, es posible repetir la senda de las variables de esta economía. Para conseguir las mediciones de los parámetros se recurre al proceso denominado *calibración*, que no es más que recurrir a estudios externos, tanto microeconómicos como de equilibrio a largo plazo, para

determinar dichos parámetros. Por ejemplo, para determinar el residuo de Solow, la calibración de los parámetros sería la elección de unas participaciones de los factores capital y trabajo iguales a 0,35 y a 0,65 respectivamente. Otro ejemplo sería la elección del valor de la depreciación del stock de capital. Este proceso de cálculo de parámetros es completamente diferente al proceso seguido normalmente para la medición de los parámetros en una regresión ordinaria. Aquí estos parámetros están dados y lo que se ajusta es la correcta elección de formas funcionales de la utilidad o de la producción, junto con los supuestos restrictivos que mejor aproximan el modelo a la realidad.

Una vez escogidas las formas funcionales, los parámetros, etc., sólo hay que ir sustituyendo los resultados del modelo en las ecuaciones de los distintos momentos del tiempo, para así acabar construyendo una senda de crecimiento artificial del producto de la economía. Para comprobar si el modelo se comporta correctamente hay que comparar la evolución de los momentos de segundo orden de las mediciones, las correlaciones y otras medidas, con las de la realidad, que definen los hechos estilizados que se toman como correctos.

Sin embargo, esta estructura no es la más adecuada para el estudio de los ciclos económicos, ya que aquí se supone que ni el empleo ni la tasa de ahorro varían. Entonces es cuando surge la pregunta de qué determina éstas variables, lo cual es un tema central para los ciclos. Por tanto, el modelo de crecimiento se amplía para que sea un modelo de equilibrio general dinámico, añadiendo a tal fin el comportamiento de los individuos, los cuales realizan una elección entre trabajo y ocio. La economía que se examina está poblada por una gran número de familias idénticas, que viven infinitos períodos y con preferencias idénticas, definidas sobre el consumo en cada período. Se asume, además, que las preferencias son separables aditivamente. La forma más sencilla de motivar este tipo de modelos es considerar de partida una economía tipo Robinson Crusoe en la que los individuos actúan como consumidores y productores al mismo tiempo. Un individuo representativo de esta economía que vive infinitos períodos maximiza en cada período la utilidad esperada, la cual toma la forma:

$$E_t \left[\sum_{j=0}^{\infty} \beta^j U(c_{t+j}, l_{t+j}) \right],$$

donde β es el factor subjetivo de descuento que se encuentra en el círculo unidad; c_t es el consumo; l_t es el ocio; U es la función de utilidad que cumple las mismas propiedades que la función neoclásica. Se escogen las unidades de medida apropiadas para que se cumpla que

trabajo (n_t) y ocio suman toda la dotación de tiempo de que dispone en individuo representativo: $n_t + l_t \leq 1$.

Es posible llegar a una solución analítica del modelo en cuestión. Dada la existencia de un único agente, la concavidad en las preferencias y la convexidad en las posibilidades de producción, es posible utilizar los teoremas de la Economía del Bienestar², para mostrar que el equilibrio es único y corresponde al único equilibrio competitivo. Dicho equilibrio es Pareto óptimo y corresponde a la solución de un problema de planificador social, lo que permite analizar movimientos en cantidades sin necesidad de examinar el comportamiento de los precios, por lo que el supuesto planificador social escogerá secuencias de consumo, trabajo y stock de capital $\{c_t, n_t, k_{t+1}\}_{t=0}^{\infty}$, que maximizan la suma de utilidades descontadas del consumidor sujeto a la función de producción, a la restricción presupuestaria y a la ley de acumulación del capital, dado un stock de capital inicial y un proceso estocástico a_t .

El estado de la economía en el período t está descrito por las variables k_t y a_t , siendo las variables de control n_t , c_t e i_t . Este tipo de problemas se resuelven mediante técnicas de programación dinámica en las que es necesario encontrar la única función $V : S \rightarrow R$ (donde S es el espacio de estado) que satisface la siguiente ecuación de Bellman:

$$V(k_t, a_t) = \max \{ U(c_t, 1 - n_t) + \beta E[V(k_{t+1}, a_{t+1}) | k_t, a_t] \}, \quad (3.1.1)$$

donde la maximización es sobre las variables de control (n_t , c_t e i_t) y está sujeta a las restricciones anteriores. La función V representa la máxima utilidad que se puede obtener a partir del conjunto de planes posibles. Las soluciones a este problema son de la forma:

$$\begin{aligned} c_t &= C(k_t, a_t), \\ n_t &= N(k_t, a_t), \\ i_t &= I(k_t, a_t), \end{aligned}$$

donde las funciones C , N e I son funciones continuas. Para hallar soluciones cerradas es necesario tomar formas funcionales para las funciones de utilidad y de producción U y f respectivamente. Dichas formas funcionales pueden tomar las siguientes especificaciones:

$$U(c_t, 1 - n_t) = (1 - \gamma) \ln c_t + \gamma \ln(1 - n_t), \quad (3.1.2)$$

² El primer teorema de la Economía del Bienestar dice que cualquier asignación de equilibrio competitiva de una economía de este tipo, es una asignación Pareto-óptima.

El segundo teorema de la Economía del Bienestar dice que, si hay descuento, el óptimo puede encontrarse como un equilibrio competitivo descentralizado con un sistema de precios que tiene una representación de producto interna.

$$f(n_t, k_t) = n_t^{1-\theta} k_t^\theta. \quad (3.1.3)$$

Además, para poder llegar a una solución analítica, es necesario tomar depreciación completa en cada período, esto es: $\delta = 1$. Sustituyendo las función de utilidad (3.1.2) y de producción (3.1.3) en la ecuación de Bellman (3.1.1), queda:

$$V(k_t, a_t) = \max_{k_{t+1}, n_t} \left\{ (1-\gamma) \ln(a_t n_t^{1-\theta} k_t^\theta - k_{t+1}) + \gamma \ln(1 - n_t) + \beta E[V(k_{t+1}, a_{t+1}) / k_t, a_t] \right\}. \quad (3.1.4)$$

Para resolver la maximización se supone una función de valor del tipo :

$$V(k, a) = E + F \ln k + G \ln a.$$

La condición de primer orden de (3.1.4) respecto de k_{t+1} da como resultado:

$$\frac{\partial V}{\partial k_{t+1}} = \frac{1}{a_t n_t^{1-\theta} k_t^\theta - k_{t+1}} - \frac{\beta F}{k_{t+1}} = 0,$$

de modo que:

$$k_{t+1} = \frac{\beta F}{(1 + \beta F)} (a_t n_t^{1-\theta} k_t^\theta).$$

Utilizando una versión de la fórmula de Benveniste y Scheinkman³, se obtiene:

$$V' = \frac{1}{a_t n_t^{1-\theta} k_t^\theta - k_{t+1}} \frac{\theta a_t n_t^{1-\theta} k_t^\theta}{k_t}.$$

Combinando las dos últimas expresiones se obtiene fácilmente el parámetro de la función V:

$$F = \frac{\theta}{1 - \theta\beta}.$$

El cual se utiliza en encontrar la ley de movimiento de la variable k_{t+1} :

$$k_{t+1} = \beta\theta (a_t n_t^{1-\theta} k_t^\theta) = \beta\theta y_t.$$

La condición de primer orden de (3.1.4) respecto de la variable n_t , es:

³ La versión a la que se refiere es la que aparece en Sargent (1987), la cual toma la siguiente forma:

$$V'(x) = \frac{\partial r}{\partial x} [x, h(x)] + \beta \frac{\partial g}{\partial x} [x, h(x)] V'(g[x, h(x)]),$$

que es una forma muy conveniente de una especialización de la ecuación de Bellman.

$$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{(1-\gamma)(1-\theta)a_t n_t^{1-\theta} k_t^\theta}{n_t(a_t n_t^{1-\theta} k_t^\theta - k_{t-1})} - \frac{\gamma}{(1-n_t)} = 0.$$

Sustituyendo los resultados anteriores en esta ecuación se llega a:

$$\bar{n} = n_t = \frac{\gamma(1-\beta\theta)}{1-\gamma\beta\theta}.$$

Por último, como hay depreciación total en cada período, resulta que la restricción de recursos puede escribirse como:

$$c_t = y_t - k_{t+1},$$

así que el consumo será:

$$c_t = \phi_0 a_t k_t^\theta.$$

La ley de movimiento del producto se obtiene fácilmente a partir de la función de producción:

$$y_t = \phi_1 a_t k_t^\theta.$$

Siendo ϕ_0 y ϕ_1 dos constantes que dependen de θ , β , y γ . Gracias a la ley de movimiento del capital, los procesos de consumo y de producto también pueden ser descritos como autorregresivos de orden uno dinámicamente estables. La solución también puede encontrarse a partir de un equilibrio competitivo.

Para esta economía, el sistema de precios puede encontrarse como sigue: se asume que las familias son propietarias de los inputs capital y trabajo y que los alquilan a las empresas. Como las empresas sólo necesitan alquilar capital y trabajo en cada período, puede describirse la empresa como maximizadora de beneficios en un problema estático de un período:

$$\begin{aligned} & \max_{k_t, n_t} (p_t [y_t - r_t k_t - w_t n_t]), \\ \text{sujeto a: } & y_t \leq a_t f(k_t, n_t). \end{aligned}$$

De las condiciones de maximización, el salario real, w_t , y el precio de alquiler del capital, r_t , en términos de producto, deben ser:

$$w_t = \frac{\partial y_t}{\partial n_t}, \quad r_t = \frac{\partial y_t}{\partial k_t},$$

para todo t . Si se asumen rendimientos constantes a escala, en equilibrio no hay beneficios o dividendos a distribuir entre las familias, de modo que se pueden ignorar las cuestiones referentes a la propiedad de las empresas. Las familias, por su parte, resuelven el siguiente problema:

$$\max \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j U(c_t, l_t),$$

sujeto a:

$$\sum_{t=0}^{\infty} p_t [c_t + k_{t+1}] = \sum_{t=0}^{\infty} p_t [w_t + (r + 1 - \delta)k_t].$$

Los elementos necesarios para definir un equilibrio de secuencia de mercados son las funciones de política de las empresas $y(k_t, a_t)$, $n(k_t, a_t)$ y $k(k_t, a_t)$; las funciones de política de las familias $i(k_t, a_t)$ y $c(k_t, a_t)$; una ley de movimiento del capital $k_{t+1} = g(k_t, a_t)$; y las funciones de precios $w(k_t, a_t)$ y $r(k_t, a_t)$. Entonces, para el equilibrio:

- las funciones de política de la empresa deben ser óptimas dadas las funciones de precios;
- las funciones de política de las familias deben ser óptimas dadas las funciones de precios y la ley de movimiento del capital per capita;
- los mercados se vacían, esto es, que para todo k_t y a_t

$$\bar{n} = n(k_t, a_t), \quad k_t = k(k_t, a_t),$$

$$i(k_t, a_t) + c(k_t, a_t) = y(k_t, a_t).$$

Las condiciones de primer orden al problema de las familias implica que los precios deben hacer indiferentes a las familias entre consumir hoy o consumir en otro momento:

$$\frac{p_t}{p_{t+1}} = \frac{U'(c_t, l_t)}{\beta U'(c_{t+1}, l_t)},$$

de donde se determina que el tipo de interés es:

$$i_t = \frac{p_t}{p_{t+1}} - 1.$$

Esta aproximación para encontrar el equilibrio es limitada. El principal tipo de economías a las que se aplica es de economías con un solo tipo de familias y sin distorsiones, lo que excluye de su utilización a las economías con externalidades, restricciones *cash-in-advance*, elementos monopolísticos, etc.

De todas maneras, este sencillo modelo es capaz de generar persistencia. Ésta se genera debido al hecho de que dado un shock, el incremento de producto asociado al mismo es distribuido entre consumo e inversión. La inversión se añade al stock de capital y éste repercute en el producto del período siguiente. El ciclo se repite hasta que el sistema vuelve al estado estacionario. En equilibrio, los individuos prefieren transformar cualquier incremento inesperado de producto en incrementos de consumo presentes y futuros, lo cual también añade persistencia al modelo. Por otro lado, el modelo predice productividad procíclica, dado que el empleo es constante.

Los aspectos más insatisfactorios de este modelo se refieren: primero, a la consideración del empleo como constante, ya que un hecho importante de la realidad es la volatilidad del empleo en los ciclos económicos; y segundo, el modelo predice fluctuaciones en el producto, en la inversión y en el consumo de igual intensidad, lo cual no es lo que se observa en la realidad.

Así pues, la literatura sobre ciclos económicos reales se centró en resolver este tipo de cuestiones. La situación de partida es que el modelo de ciclos económicos reales estándar se basa exclusivamente en un shock tecnológico para generar fluctuaciones, de modo que el hecho de que las horas trabajadas varíen más que la productividad implica que la elasticidad de la oferta de trabajo a corto plazo debe ser elevada. A continuación, se comentarán cuatro de las extensiones más importantes del modelo básico.

3.1.3. Cuatro extensiones del modelo básico

La primera extensión del modelo es reconocer que la utilidad puede depender no sólo del ocio corriente sino también del ocio pasado. Esto lleva a introducir las *preferencias no separables*, que aparecieron en Kydland y Prescott (1982). La segunda extensión es el supuesto de *trabajo indivisible*, Hansen (1985) y Rogerson (1988), de modo que los trabajadores pueden trabajar un cierto número de horas o no trabajar nada. La tercera extensión es la introducción de *shocks de gasto público*, Christiano y Eichenbaum (1988), que entra en la función de utilidad del consumidor como sustituto imperfecto del consumo privado, y que hace que la curva de oferta de trabajo vaya cambiando a lo largo de la curva de demanda de trabajo. La cuarta es la relativa a la *producción familiar*, Benhabib, Rogerson y Wright (1991), en la que la idea básica es que además del trabajo en el mercado, también hay trabajo en el hogar que tiene como resultado bienes de consumo que entran en la función de utilidad.

1. Ocio no separable:

Siguiendo a Kydland y Prescott (1982), se intenta incorporar la idea de que la utilidad instantánea depende no sólo del ocio del momento presente, sino que es función de una media ponderada del ocio pasado y presente. Una interpretación es que una persona puede dedicarse a su jardín media hora cada día o tres horas una vez a la semana. El impacto importante de este supuesto es que, si el ocio en un período es un buen sustituto del ocio de períodos cercanos, entonces los agentes tenderán a sustituirlo temporalmente, lo que aumenta la elasticidad de la oferta de trabajo a corto plazo.

Para empezar se asume que la función de utilidad instantánea es:

$$u(c_t, L_t) = \log(c_t) + A \log(L_t),$$

donde L_t está dado por:

$$L_t = \sum_{i=0}^{\infty} a_i l_{t-i}.$$

Los coeficientes a_i se restringen de modo que su suma dé uno. También se impone la restricción de que:

$$a_{i+1} = (1-\eta)a_i,$$

para $i=1, 2, \dots$, de modo que la contribución del ocio pasado a L_t decaiga geométricamente a la tasa η . Por tanto, dos parámetros (a_0 y η) determinan todos los coeficientes del ocio del momento t . Como ahora es L_t , y no simplemente l_t , la que aporta utilidad, los individuos están más dispuestos a sustituir ocio por trabajo más en unos períodos y menos en otros. El equilibrio puede encontrarse de nuevo resolviendo el problema del planificador social.

2. Trabajo indivisible:

El modelo de trabajo indivisible fue desarrollado por Hansen (1985), el cual introdujo la restricción de que los individuos podían trabajar o cero o \hat{h} horas en cada período, donde $0 < \hat{h} < 1$. Esta restricción captura la idea de que el proceso de producción tiene importantes no-convexidades o costes fijos que pueden hacer que la variación del número de trabajadores sea más eficiente que la variación de horas por trabajador. Rogerson (1988) fue el primero en ver que en el equilibrio de este modelo, los trabajadores serán asignados aleatoriamente al paro o al empleo en cada período, con un seguro de consumo contra la posibilidad de quedarse en paro. Así, este modelo genera fluctuaciones en el número de trabajadores empleados durante el ciclo.

También tiene la característica que la elasticidad del total de horas trabajadas aumenta en relación con el modelo estándar.

Sea π_t la probabilidad de que un agente dado esté empleado en el período t , de modo que $H_t = \hat{h} \pi_t$ son las horas per capita trabajadas si se asume un número elevado de agentes idénticos ex-ante. Por otro lado, sea c_{0t} el consumo de un agente en paro, y sea c_{1t} el consumo de un agente que trabaja. Entonces, como parte del problema del planificador social, se escogen π_t , c_{0t} y c_{1t} para maximizar:

$$Eu(c_t, l_t) = \pi_t u(c_{1t}, l - \hat{h}) + (1 - \pi_t) u(c_{0t}, l),$$

en cada período, sujeto a la restricción:

$$\pi_t c_{1t} + (1 - \pi_t) c_{0t} = c_t,$$

donde c_t es el consumo total per capita. Cuando se asume una función de utilidad del tipo

$$U(c, l) = \log(c) + A \log(l),$$

la solución implica un resultado del tipo $c_{1t} = c_{0t} = c_t$, lo cual es consecuencia de que u es separable en c y en l y no se mantiene para funciones de utilidad generales. Así pues, en el caso de trabajo indivisible, la función de utilidad esperada puede escribirse como:

$$Eu(c_t, l_t) = \log(c_t) + \pi_t A \log(l - \hat{h}) = \log(c_t) - B H_t,$$

donde:

$$B \equiv \frac{-A \log(l - \hat{h})}{\hat{h}} > 0.$$

De modo que el modelo de trabajo indivisible es equivalente al modelo de trabajo divisible con preferencias descritas por:

$$\tilde{U} = E \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \tilde{u}(c_t, H_t),$$

donde:

$$\tilde{u}(c_t, H_t) = \log(c_t) - B H_t.$$

Basándose en esta equivalencia, puede resolverse el modelo de trabajo indivisible como si fuera uno de trabajo divisible con una función de utilidad instantánea diferente, maximizando la utilidad del consumidor sujeta a las condiciones iniciales.

Hay dos rasgos a mencionar de este modelo. El primero es que las fluctuaciones en el factor trabajo vienen dadas por fluctuaciones en el empleo más que por fluctuaciones en la cantidad de horas de cada trabajador. Esto es opuesto al modelo estándar, y tal vez sea preferible ya que la mayor parte de la varianza en las horas trabajadas totales se debe a la varianza en el empleo, tal y como se describía en los hechos estilizados de los ciclos económicos. El segundo rasgo se refiere a que este modelo genera un gran efecto de sustitución intertemporal para el agente representativo porque la utilidad instantánea es lineal en H , con lo cual las curvas de indiferencia entre ocio de dos períodos cualesquiera son lineales. Esto es cierto pese al hecho de que las horas trabajadas son constantes para un trabajador continuamente empleado.

3. Gasto público:

El modelo de gasto público que se desarrolla aquí está basado en Christiano y Eichenbaum (1988). Se asume, para empezar, que el gasto público g_t , está regido por:

$$\log(g_{t+1}) = (1 - \lambda)\log(\bar{g}) + \lambda\log(g_t) + \mu_t,$$

donde λ pertenece al círculo unidad y μ_t es independiente y distribuida normalmente con media cero y desviación estándar σ_μ . Además se asume que el shock de gasto público es independiente del shock tecnológico. También se asume que el gasto público se financia mediante un impuesto de suma total y que éste no entra ni en la función de utilidad ni en la función de producción.

El gasto público entra en el modelo por dos vías. La primera de ellas es a través de la función de utilidad, que puede escribirse como $u(C, l)$, siendo $C = C(c, g)$. Si se toma $C = c + g$, se supone que el gasto público es un sustituto perfecto de los bienes de consumo privados. Una generalización de esta función podría ser:

$$C(c, g) = [\alpha c^\varphi + (1 - \alpha)g^\varphi]^{1/\varphi},$$

donde $1/(1 - \varphi)$ es la elasticidad de sustitución. La segunda vía de entrada del gasto público en el modelo es mediante la restricción de recursos, que se convierte en:

$$c_t + i_t + g_t = y_t.$$

Un aumento de g_t es una reducción del resto de componentes del producto. Si el ocio es un bien normal, un efecto riqueza negativo de un aumento del gasto público lleva a las familias a trabajar más. Intuitivamente, los shocks de g_t trasladan la curva de oferta de trabajo a lo largo de la curva de demanda del mismo modo que los shocks tecnológicos cambian la curva de

demanda de trabajo a lo largo de la curva de oferta. El primer efecto produce una relación negativa entre horas y productividad, mientras que el segundo produce una relación positiva. El efecto neto en la correlación entre horas y productividad en el modelo depende del tamaño de los shocks de g_t y del efecto riqueza que arrastra, además de los parámetros de la ley de movimiento de g_t . Por eso la calibración de este proceso es crítica. Sobre este tipo de modelos también ha trabajado McGrattan (1994).

4. Producción familiar:

En Benhabib, Rogerson y Wright (1991) se analiza un modelo de producción familiar. La utilidad instantánea es de la forma:

$$u(c_t, L_t) = \log(c_t) + A \log(L_t).$$

Pero ahora el consumo y el ocio tienen una interpretación diferente. En concreto, se asume que:

$$c_t = [a c_{Mt}^e + (1-a) c_{Ht}^e]^{1/e},$$

$$l_t = 1 - h_{Mt} - h_{Ht},$$

donde c_{Mt} es el consumo de un bien producido en el mercado, c_{Ht} es el consumo de un bien producido en casa, h_{Mt} son las horas trabajadas en el sector de mercado y h_{Ht} son las horas trabajadas en el sector de las familias, todo en el período t .

Se asume que los dos tipos de trabajo son sustitutos perfectos, mientras que los dos bienes de consumo se combinan mediante un agregador, que implica una elasticidad de sustitución constante igual a $1/(1-e)$. Este modelo dispone de dos funciones de producción (de dos tecnologías):

$$f(z_{Mt}, k_{Mt}, H_{Mt}) = \exp(z_{Mt}) k_{Mt}^\theta h_{Mt}^{1-\theta},$$

$$g(z_{Ht}, k_{Ht}, H_{Ht}) = \exp(z_{Ht}) k_{Ht}^\eta h_{Ht}^{1-\eta},$$

donde θ y η son los parámetros de participación del capital.

Los dos shocks tecnológicos siguen los procesos siguientes:

$$z_{Mt+1} = \rho z_{Mt} + \varepsilon_{Mt},$$

$$z_{Ht+1} = \rho z_{Ht} + \varepsilon_{Ht},$$

donde las dos innovaciones se distribuyen normalmente con desviaciones estándar σ_M y σ_H , tienen correlación contemporánea $\gamma = \text{corr}(\varepsilon_{Mt}, \varepsilon_{Ht})$, y son independientes en el tiempo. En cada período se mantiene una restricción de capital de modo que $k_{Mt} + k_{Ht} = k_t$, donde el capital total

evoluciona de acuerdo con la ecuación ya conocida de $k_{t+1} = (1-\delta)k_t + i_t$. Finalmente, las restricciones son:

$$c_{Mt} + i_t = f(z_{Mt}, k_{Mt}, h_{Mt}),$$

$$c_{Ht} = g(z_{Ht}, k_{Ht}, h_{Ht}),$$

lo que quiere decir que todo el capital se produce en el sector de mercado.

3.1.4. Ciclos reales en economías abiertas

Una vez vistas estas cuatro extensiones del modelo básico de ciclos reales, a continuación, se inicia el análisis de ciclos internacionales que motiva la presente tesis.

Así, cabe decir que una extensión lógica del estudio teórico de los ciclos económicos, es la consideración de las economías objeto de estudio como elementos que forman parte de un todo más complejo y global. Así, las economías de los países se encuentran inmersas en un marco internacional, el cual tiene características propias, que influyen tanto en la riqueza a largo plazo de los países, como en las fluctuaciones cíclicas de los mismos.

Al efectuar un estudio de las economías abiertas, una de las principales características que se puede destacar es la capacidad que éstas tienen para comerciar con bienes o para participar en el mercado de capitales. La finalidad de estos movimientos es conseguir que una inversión obtenga en todo momento el mayor beneficio posible. Este comportamiento produce una serie de consecuencias, de las que aquí se destacan dos. La primera es la idea de *alisamiento* del consumo entre países y conduce a la existencia de déficits o superávits en las balanzas exteriores. La segunda es el hecho de que los sucesos en un país repercuten económicamente en aquellos países con los que mantiene vínculos comerciales. Una de las vías de investigación que estos fenómenos comportan se ha centrado en el estudio de las características de los ciclos económicos de las economías abiertas; es decir, de qué modo las conexiones económicas entre los países influyen en el mecanismo de transmisión de las fluctuaciones agregadas de sus economías.

Desde el punto de vista del estudio de los ciclos económicos reales internacionales, los modelos de ciclos económicos reales experimentan un *boom* a partir de las contribuciones de Backus, Kehoe y Kydland (1992 y 1994), que sigue los trabajos de Dellas (1986), Stockman y Svensson (1987) y Cantor y Mark (1988) desde la perspectiva de la teoría del equilibrio

general dinámico. Estos trabajos, junto con los de Canova y Dellas (1990), Baxter y Crucini (1993), se han dedicado al análisis de modelos en los que los países integrantes de la economía mundial diseñada eran idénticos. Sin embargo, hay numerosos trabajos que aportan recopilaciones de datos de ciclos de diferentes países, mostrando que el comportamiento y magnitud de los ciclos es bastante distinto entre países. Así, es numerosa la literatura sobre países individuales, como por ejemplo Blackburn y Ravn (1992), Brandner y Neusser (1992), Danthine y Girardin (1989), Englund, Persson y Svensson (1992), Girardin (1991), Hassler, Lundvil, Persson y Söderlin (1992) y Kydland y Prescott (1990). Además, se han desarrollado trabajos con comparaciones entre países, entre los cuales destacan Backus, Kehoe y Kydland (1992), Blackburn y Ravn (1991), Baxter y Stockman (1989), Cooley y Ohanian (1991), Entorf (1991), Fiorito y Kollintzas (1994), Head (1991), Stockman y Tesar (1991), Ravn (1993), Zimmermann (1994) y Ortega (1998a).

Otra vertiente en el análisis de los ciclos reales en economías abiertas es la iniciada por Correia, Neves y Rebelo (1995), que construyen una economía ficticia abierta al exterior y que por sus características sólo puede considerarse como *pequeña*, en la medida en la que no es capaz de influir en el tipo de interés mundial. Martín-Moreno (1998) desarrolla una aplicación de este tipo de modelos al caso español.

En general, el estudio de los ciclos económicos se había centrado en los Estados Unidos. En parte por la disponibilidad de los datos y en parte por la creencia de que no había necesidad de estudiar otras economías. Según Lucas (1977):

"No hay necesidad, por lo que yo sé, de calificar estas observaciones [*de movimientos cíclicos comunes*] al redirigirlas a países concretos o periodos temporales diferentes: aparecen regularidades comunes a todas las economías de mercado descentralizadas. Pese a que no hay ninguna razón para anticiparlo, puede concluirse por los hechos que, en lo que respecta al comportamiento cualitativo de los movimientos comunes entre series, todos los ciclos económicos se parecen. Para los economistas más teóricos, esta conclusión debería ser atractiva y desafiante, ya que sugiere la posibilidad de una explicación unificada de los ciclos económicos, fundada en leyes generales que gobiernan las economías de mercado, más que en características políticas o institucionales específicas de países o periodos concretos".

"He omitido el comportamiento de las estadísticas de comercio exterior del catálogo anterior de elementos-a-explorar, en parte debido a que, para una economía grande como la de los Estados Unidos, las estadísticas de comercio exterior no exhiben una conformidad suficiente para ser cíclicamente interesantes. Para países más pequeños, seguramente las oscilaciones de las exportaciones harían bastante en la tarea de "explicar" los ciclos, pero centrarse en explicaciones de economías abiertas, dejaría de lado las cuestiones más cruciales de los orígenes últimos de los movimientos cíclicos."

Zimmermann (1994) analiza el comportamiento cíclico de 19 países industrializados, entre ellos España, centrándose en las series relacionadas con el comercio internacional, teniendo en cuenta asimismo el tamaño de los países. Las conclusiones más importantes sobre estos aspectos podemos llamarlas hechos estilizados del comercio internacional, y son las siguientes:

1. **Producto:** la volatilidad del producto varía mucho de un país a otro, sin que ésta dependa del tamaño.
2. **Autocorrelaciones:** siempre son mayores para los países más grandes, con la única excepción de los precios de las exportaciones.
3. **Importaciones reales:** son muy volátiles, altamente procíclicas y ni adelantan ni atrasan al ciclo del producto.
4. **Importaciones e inversión:** están altamente correlacionadas, indicando que la inversión dirige una parte muy importante de las fluctuaciones de las importaciones. Este efecto es mayor conforme el país es más grande.
5. **Peso de las importaciones sobre el producto:** altamente volátil. Dicha volatilidad depende de la media del peso de las importaciones. Este peso es procíclico, con un retardo de un trimestre con respecto al producto.
6. **Exportaciones reales:** menos volátiles y procíclicas que las importaciones, sin que se aprecien retardos o adelantos significativos, con la excepción de los Estados Unidos, donde hay un retardo de dos trimestres.
7. **Peso de las exportaciones sobre el producto:** su volatilidad depende de peso de las exportaciones medio. No suele manifestarse como procíclico o contracíclico, y tampoco presenta desfases con el ciclo del producto.

8. **Peso de las exportaciones netas:** su volatilidad depende del grado de apertura al exterior de cada economía. Es moderadamente contracíclico, presentándose un retardo en los países pequeños y un adelanto en los países más grandes.
9. **Precios de las importaciones** muy volátiles, más en los países grandes. Son contracíclicos con un fuerte adelanto al ciclo del producto.
10. **Precios de las importaciones e importaciones:** los precios de las importaciones adelantan las importaciones reales unos cuatro trimestres, especialmente en los países grandes.
11. **Precios de las exportaciones:** son menos volátiles que los precios de las importaciones, especialmente en los países grandes. Se muestran contracíclicos, con un fuerte adelanto en los países grandes.
12. **Precios de las exportaciones y exportaciones:** los precios de las exportaciones adelantan, aunque débilmente, las exportaciones reales en los países pequeños.
13. **Términos de Comercio - Relación de Intercambio (*Terms of Trade*):** muy volátiles, con una gran dispersión entre países. Es acíclico, presentando un fuerte adelanto al ciclo, sobre todo en los países grandes.
14. **Correlaciones entre las exportaciones netas y la relación de intercambio:** aparece la típica curva en forma de J, con las excepciones de los Estados Unidos y Canadá.
15. **Pesos de la inversión y el ahorro:** están más correlacionados en los países grandes. En los pequeños dicha correlación es muy baja e incluso en algunos casos negativa. El peso del ahorro adelanta el peso de la inversión en algunos países.
16. **Inversiones reales y niveles de ahorro:** las correlaciones son más fuertes que para los pesos, sin que haya ningún adelanto aparente.
17. **Correlaciones cruzadas de consumo y producto:** las correlaciones cruzadas del consumo son, en general, más bajas que las correlaciones cruzadas del producto, más entre países vecinos o países pequeños.
18. **Correlaciones cruzadas de la inversión:** normalmente son positivas, pese a que también aparecen algunas como negativas. Esta correlación es elevada para países vecinos y grandes mientras que es baja para los que no lo son.

Igual que se hizo anteriormente con el modelo de una economía cerrada, se intenta ahora desarrollar un modelo que calque los hechos estilizados descritos más arriba. El modelo que

se considerará como básico en el apartado 3.4 es una modificación del modelo de Backus, Kehoe y Kydland (1992) desarrollada en Bec (1995).

3.2. EL MODELO DE PARTIDA

3.2.1. El modelo

Una vez vistas las cuatro extensiones del modelo básico de ciclos reales y la línea que va a conducir esta tesis, a continuación se presenta el modelo que consideraré como básico de una economía cerrada que tan solo produce un bien y que será el punto de partida para posteriores ampliaciones.

Así pues, en este modelo se parte de un país el cual está habitado por un gran número de hogares consumidores que viven para siempre, los cuales tienen la misma función de utilidad. Además hay un gran número de empresas, las cuales tienen todas la misma tecnología de producción que les sirve para producir un único bien. La producción podrá ser consumida, invertida o gastada por parte de un sector público, que se asume que se financia por impuestos tipo *Lump Sum*.

Así, el problema de maximización de la utilidad del consumidor puede plantearse como:

$$\max\{U(c_t, l_t)\},$$

donde c_t es el consumo y l_t es el ocio de que pueden disfrutar los consumidores. Se asume que los hogares tienen preferencias aditivamente separables:

$$u(c_0, l_0; c_1, l_1; c_2, l_2; \dots) = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t, l_t), \quad 0 < \beta < 1,$$

donde β es el factor de descuento que las familias aplican a la utilidad. Se asume que la función de utilidad es continuamente diferenciable en ambos argumentos y que es estrictamente cóncava. Esta función de maximización está sujeta a las restricciones de factibilidad propias de este tipo de modelos:

$$y_t = a_t f(k_t, l_t) + CA_t,$$

Donde la producción, y_t , depende de a_t , nivel tecnológico, k_t , capital y n_t , trabajo. La función f es continuamente diferenciable en capital y trabajo, monótona y cóncava separadamente en capital y trabajo. Además, existen costes de ajuste del capital, CA_t , que hacen que siempre que varía la cantidad de capital productivo de la economía, una parte del esfuerzo se pierde. Así,

$$y_t = cp_t + i_t + g_t,$$

donde la producción, y_t , se puede gastar en consumo privado, cp_t , inversión, i_t , y gasto público, g_t . Asimismo,

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + i_t$$

es la ley de movimiento del capital. El capital, k_t , puede crecer siempre que se invierta, i_t , más que la depreciación total del capital, δ . Se está asumiendo que el stock de capital se deprecia exponencialmente a la tasa δ y que las familias añaden una cierta cantidad del producto al stock de capital en forma de inversión. La inversión del periodo t aumenta el capital del periodo $t+1$.

La diferencia entre el consumo total o efectivo que tiene en cuenta el consumidor en su función de utilidad y el consumo privado es que el primero puede incluir también una porción α del gasto público:

$$c_t = cp_t + \alpha g_t.$$

La interpretación del parámetro α tiene que ver con la utilidad marginal del consumo privado. De hecho, cuando ese parámetro toma valor 1, un aumento del gasto público igual a la unidad afecta a la utilidad marginal del consumo privado de manera absoluta, mientras que si el valor del parámetro es igual a 0, el efecto del gasto público sobre la utilidad marginal del consumo privado es nulo. Se supone que el gasto público de los dos países se financia mediante impuestos, los cuales reducen la renta familiar.

En concreto, las preferencias que he escogido son funciones aditivamente separables:

$$u(c_t, l_t) = \log c_t + \gamma \log l_t.$$

Se asume que el parámetro γ toma signo positivo.

El gasto público, por su parte, sigue un proceso estocástico definido por:

$$\log g_t = (1 - \rho_g) \log g + \rho_g \log g_{t-1} + \varepsilon_{g,t},$$

donde g es el nivel medio de gasto público *per capita*, $|\rho_g| < 1$, y las innovaciones $\varepsilon_{g,t}$ son independientes en el tiempo, y tienen media 0 y varianza σ_g^2 .

Se asume que la tecnología tiene rendimientos constantes a escala. Esta función está afectada por unos *shocks* exógenos a la productividad, a_t . La función de producción toma finalmente

la forma de una Cobb-Douglas con tecnología y además la inversión está sujeta a costes de ajuste cuadráticos:

$$y_t = a_t k_t^\theta n_t^{1-\theta} - \left(\frac{\phi}{2}\right)(k_{t+1} - k_t)^2,$$

donde $0 < \theta < 1$, $\phi > 0$.

La tecnología sigue un proceso estocástico autorregresivo:

$$\log a_t = \rho_a \log a_{t-1} + (1 - \rho_a) \log a + \varepsilon_{a,t}.$$

Es necesario que $|\rho_a| < 1$. $\varepsilon_{a,t}$ son las innovaciones que se producen en el proceso tecnológico y están caracterizadas por una media igual a 0 una varianza σ_a^2 .

Las restricciones que se asumen en lo que se refiere a la dotación individual de tiempo, se definen en que éste se normaliza a la unidad en ambos países, de modo que las restricciones de trabajo están dadas por:

$$n_t + l_t \leq 1.$$

Como se ha comentado anteriormente, el estado financia el gasto público con impuestos, de modo que $g_t = t_t$.

3.2.2. Resolución del modelo

Debido a que se acepta que existe equilibrio competitivo y que éste es Pareto-eficiente, el equilibrio puede alcanzar una solución a un problema de planificación social. Dicho problema buscará la utilidad máxima, sujeta a las restricciones descritas más arriba, y está representado por la siguiente ecuación de Bellman:

$$V(k_t, a_t, g_t) = \max_{n_t, i_t} \left\{ \log \left[a_t k_t^\theta n_t^{1-\theta} - \frac{\phi}{2} (i_t - \delta \cdot k_t)^2 - i_t + (\alpha - 1) g_t \right] + \gamma \log(1 - n_t) + \right. \\ \left. + \beta \cdot E_t V(k_{t+1}, a_{t+1}, g_{t+1}) \right\},$$

sujeito a: $k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + i_t.$

Tomando $w_t = \beta \frac{\partial V(k_{t+1}, a_{t+1}, g_{t+1})}{\partial k_{t+1}}$, las condiciones de primer orden que satisfacen el

problema de maximización son las siguientes:

$$\frac{\partial V}{\partial n_t} = \frac{(1-\theta)a_t k_t^\theta n_t^{-\theta}}{c_t} - \frac{\gamma}{1-n_t} = 0;$$

$$\frac{\partial V}{\partial i_t} = \frac{-\pi[\phi(i_t - \delta k_t) + 1]}{c_t} + w_t = 0;$$

$$w_t = \frac{\beta\pi[\theta a_{t+1} k_{t+1}^{\theta-1} n_{t+1}^{1-\theta} + \delta\phi(i_{t+1} - \delta k_{t+1})]}{c_{t+1}} + \beta(1-\delta)w_{t+1};$$

siendo la condición de transversalidad:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E_0 \left(\beta^{t+1} \frac{\partial V'}{\partial k_{t+1}} k_{t+1} \right) = 0.$$

Para solucionar este problema se debe recurrir a una aproximación, ya que sólo existe la solución analítica en el caso particular de depreciación completa en cada período, como ya se ha visto en el apartado 3.1. Algunas de las aproximaciones más comunes en la literatura sobre ciclos económicos reales son la lineal cuadrática, desarrollada en Kydland y Prescott (1982), y la loglineal cuadrática presentado en King *et al.* (1988). En el presente trabajo se ha optado por la segunda, basada en una loglinealización del sistema alrededor del estado estacionario. Esta aproximación tiene, por lo menos, dos ventajas. La primera es que permite llegar a una solución correcta en el caso particular antes comentado y la segunda es que aporta una relación simple entre los parámetros del modelo subyacente con los parámetros que aparecen en la solución aproximada. El resultado al que se llega describe un sistema dinámico lineal que describe la senda de desviaciones de las variables endógenas respecto del estado estacionario cuando se producen *shocks* exógenos. El sistema se expresará en función de variables del tipo:

$$\hat{z}_t = \log\left(\frac{z_t}{z}\right) \approx \frac{z_t - z}{z},$$

que denota el porcentaje de desviación de la variable z_t respecto del estado estacionario z .

Para terminar de caracterizar el estado estacionario del modelo, se utilizan la función de producción y la ley de movimiento del capital, junto con las condiciones de primer orden, llegándose a las cantidades de equilibrio *per capita*:

$$i = \delta k;$$

$$k = \left[\frac{\beta\theta}{1 - \beta(1-\delta)} \right] y;$$

$$c^p = \left[\frac{(1-\theta)(1-n)}{\gamma n} - \alpha \frac{g}{y} \right] y;$$

$$y = a^{1/1-\theta} \left(\frac{k}{y} \right)^{\theta/1-\theta} n;$$

La aproximación loglineal¹ de las condiciones de primer orden y de la ley de movimiento del capital se encuentra en el anexo. Las ecuaciones lineales resultantes pueden escribirse como un sistema de matrices:

$$M_{cc} \hat{C}_t = M_{cs} \hat{S}_t + M_{cf} \hat{F}_t, \quad (3.2.1)$$

$$M_{ss}(L) E_t \hat{S}_{t+1} = M_{sc}(L) E_t \hat{C}_{t+1} + M_{sf}(L) E_t \hat{F}_{t+1}, \quad (3.2.2)$$

donde M_{cc} , M_{cs} y M_{cf} , son matrices reales y $M_{ss}(L)$, $M_{sc}(L)$ y $M_{sf}(L)$ son matrices polinomiales de primer orden. C_t , S_t y F_t son los siguientes vectores de variables:

$$\hat{C}_t = (\hat{c}_t, \hat{i}_t)',$$

$$\hat{S}_t = (\hat{k}_t, \hat{w}_t)',$$

$$\hat{F}_t = (\hat{a}_t, \hat{g}_t)'$$

Este sistema se resuelve como en King, *et al.* (1988). Para empezar, de (3.2.1) se despeja el vector \hat{C}_t , y se sustituye en (3.2.2), quedando el siguiente sistema de matrices:

$$\hat{S}_{t+1} = W \hat{S}_t + R \hat{F}_{t+1} + Q \hat{F}_t. \quad (3.2.3)$$

Este sistema de ecuaciones en diferencias se resuelve siguiendo a Blanchard y Kahn (1980), donde se transforma el vector \hat{S}_t de modo que en cada una de las ecuaciones del sistema de

¹ La estrategia que aquí se ha seguido ha sido la siguiente. Para loglinealizar una función del tipo $a_i b_i / c_i$, donde $c_i = u_i + v_i$, el problema se encuentra en el elemento $\log(u_i + v_i)$, puesto que el resto se puede expresar como $\hat{a}_i + \log a + \hat{b}_i + \log b$. La solución consiste en efectuar una aproximación de Taylor de primer orden entorno a los valores de estado estacionario del $\log c_i$, al cual previamente se ha transformado de modo que quede como $\log[\exp(\log u_i) + \exp(\log v_i)]$. Lo que se desea es que $\log c_i$ sea una función del tipo $f(\log u_i, \log v_i)$. Dicha aproximación se desarrolla del siguiente modo:

$$\log c_i = f(\log u_i, \log v_i) = f(\log u, \log v) + \left[\frac{u}{c}, \frac{v}{c} \right] \begin{bmatrix} \log u_i - \log u \\ \log v_i - \log v \end{bmatrix},$$

lo que da lugar a:

$$\log c_i = \log(u + v) + \frac{u}{c} \hat{u}_i + \frac{v}{c} \hat{v}_i,$$

que no es más que una linealización en términos de variables en desviaciones porcentuales, que son las que se deseaban conseguir desde un primer momento.

matrices sólo aparezca una variable de sistema en diferencias. Para hacerlo se realiza la descomposición de Jordan de la matriz W , de modo que:

$$W = C J C^{-1},$$

donde J es una matriz diagonal con los valores propios de W ordenados de menor a mayor, y C contiene los vectores propios. Para que el sistema tenga solución deberá haber dos valores propios por encima de la unidad y otros dos por debajo de la unidad. La transformación del vector \hat{S}_t , utiliza la matriz de vectores propios C , obteniendo:

$$C^{-1}\hat{S}_t = \begin{pmatrix} \hat{X}_t \\ \hat{P}_t \end{pmatrix}.$$

A continuación se particionan las tres matrices resultantes de la descomposición de Jordan:

$$J = \begin{pmatrix} J1 & 0 \\ 0 & J2 \end{pmatrix},$$

$$C = \begin{pmatrix} C11 & C12 \\ C21 & C22 \end{pmatrix},$$

$$C^{-1} = \begin{pmatrix} B11 & B12 \\ B21 & B22 \end{pmatrix},$$

así como las matrices de parámetros R y Q :

$$R = \begin{pmatrix} R_k \\ R_w \end{pmatrix}, \quad Q = \begin{pmatrix} Q_k \\ Q_w \end{pmatrix}.$$

Una vez realizada la transformación, el sistema (3.2.3) se puede expresar de la siguiente manera:

$$\hat{x}_{t+1} = J1\hat{x}_t + [B11R_k + B12R_w]\hat{F}_{t+1} + [B11Q_k + B12Q_w]\hat{F}_t, \quad (3.2.4)$$

$$\hat{p}_{t+1} = J2\hat{p}_t + [B21R_k + B22R_w]\hat{F}_{t+1} + [B21Q_k + B22Q_w]\hat{F}_t. \quad (3.2.5)$$

La segunda ecuación, (3.2.5), se resuelve de modo recursivo para despejar \hat{p}_t , lo que resulta en el siguiente límite:

$$\hat{p}_t = \lim_{T \rightarrow \infty} \left\{ -\sum_{j=0}^{T-1} J2^{-j-1} [B21R_k + B22R_w] \hat{F}_{t+j+1} - \sum_{j=0}^{T-1} J2^{-j-1} [B21Q_k + B22Q_w] \hat{F}_{t+j} + J2^{-T} P_{t+T} \right\} \quad (3.2.6)$$

De los dos sumatorios que aparecen en el límite de (3.2.6), sustituyendo

$\hat{F}_{t+1} = \rho_F \hat{F}_t + \rho_\varepsilon \hat{\varepsilon}_{t+1}$, se obtiene:

$$-\sum_{j=0}^{T-1} J2^{-j-1} [(B21R_k + B22R_w)\rho_F + (B21Q_k + B22Q_w)] \rho_F^j \hat{F}_t,$$

lo cual converge a un valor finito, llamémoslo BE , puesto que la matriz $J2$ posee los valores propios fuera del círculo unidad, y ρ_F comprende los parámetros del proceso autorregresivo del vector \hat{F}_t .

La segunda parte del límite de (3.2.6) converge a cero, equiparándose a la condición de transversalidad impuesta anteriormente. Así, la expresión (3.2.6) queda como:

$$\hat{p}_t = BE \hat{F}_t. \quad (3.2.7)$$

El sistema establecido retorna a las variables originales premultiplicando por la matriz de valores propios C , quedando un sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \hat{k}_{t+1} \\ \hat{w}_{t+1} \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} C11J1B11 & C11J1B12 \\ C21J1B11 & C21J1B12 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{k}_t \\ \hat{w}_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} C11(B11R_K + B12R_w) \\ C21(B11R_K + B12R_w) \end{pmatrix} \hat{F}_{t+1} + \\ &+ \begin{pmatrix} C11(B11Q_K + B12Q_w) \\ C21(B11Q_K + B12Q_w) \end{pmatrix} \hat{F}_t + \begin{pmatrix} C12 \\ C22 \end{pmatrix} \hat{p}_{t+1}. \end{aligned} \quad (3.2.8)$$

En la primera ecuación de este sistema de matrices (3.2.8) se sustituyen \hat{w}_t y \hat{p}_{t+1} , resultando:

$$\begin{aligned} \hat{k}_{t+1} &= [C11J1(B11 - B12B22^{-1}B21)]\hat{k}_t + [C11J1B12B22^{-1} + C12J2]\hat{p}_t + \\ &+ [C11(B11R_k + B12R_w) + C12(B21R_k + B22R_w)]\hat{F}_{t+1} + [C11(B11Q_k + B12Q_w) + C12(B21Q_k + B22Q_w)]\hat{F}_t \end{aligned}$$

Sustituyendo \hat{p}_t de la expresión (3.2.7), el sistema queda como un autorregresivo del vector $e_t = (\hat{k}_t, a_t, g_t)'$, con perturbaciones estocásticas $\varepsilon_t = (\varepsilon_{a,t}, \varepsilon_{g,t})'$ y se llega a la solución:

$$\hat{e}_{t+1} = M1\hat{e}_t + M2\varepsilon_{t+1}. \quad (3.2.9)$$

Las variables de control se definen según la siguiente ecuación:

$$\hat{C}_t = \Pi \hat{e}_t. \quad (3.2.10)$$

Los elementos de las matrices Π , $M1$ y $M2$ son funciones de los parámetros estructurales del modelo. Los elementos Π_{ij} se pueden interpretar como las elasticidades instantáneas de la variable j respecto de la variable i .

3.2.3. Parametrización y resultados

Para analizar cuáles son las características fundamentales de este tipo de modelos, se toman parte de los valores de los parámetros que aparecen en Bec (1995) para calibrar el modelo y así obtener resultados numéricos concretos. En la tabla 3.2.1 se observan los valores de dichos parámetros.

Tabla 3.2.1. Valores de la calibración del modelo

θ	δ	ϕ	β	σ_a	ρ_a	σ_g	ρ_g	g/y
0,42	0,025	0,05	0,988	0,009	0,97	0,02	0,97	0,2

A partir de estos valores, y de suponer que en esta economía el consumidor no tiene en cuenta el gasto público en su función de utilidad (de modo que $\alpha=0$), se obtiene unas matrices del sistema establecido por las ecuaciones (3.2.7) y (3.2.8), con valores que se muestran en la tabla 3.2.2. Hay que decir que, por la calibración escogida, $M2$ es igual a una matriz identidad.

Tabla 3.2.2. Matrices del sistema: elasticidades respecto las variables de estado (k, a, g)

$M1, e_i=(k, a, g)$	$\Pi, C_i=(n, i)$
0,95779 0,09983 0,00005	-0,42877 0,69723 0,21646
0,00000 0,95000 0,00000	-0,68836 3,99310 0,00202
0,00000 0,00000 0,97000	

Nota: donde $\hat{e}_{t+1} = M1\hat{e}_t + M2\varepsilon_{t+1}$ y donde $\hat{C}_t = \Pi \hat{e}_t$.

En la tabla 3.2.3. se muestran los principales resultados del modelo para 100 réplicas de 120 datos cada una, junto con los rasgos cíclicos de la economía de los Estados Unidos, que hemos extraído de Cooley y Prescott (1995).

A la vista de los mismos, puede observarse cómo se consigue reproducir bastante bien la volatilidad del producto y de la productividad. La volatilidad de la inversión y el consumo y la variable trabajo quedan bastante por debajo de lo que aparece en los datos. Esto lleva a pensar que una parametrización diferente, por ejemplo usando unos costes de ajuste del capital distintos a los que se han empleado, se conseguirían mejores resultados. En cuanto a las correlaciones cruzadas de las variables con el producto, se nota cómo el producto del modelo depende en gran medida de la productividad del trabajo, mientras que dicha productividad es bastante baja en los datos.

Tabla 3.2.3. Comparación de los momentos cíclicos de las economías real y teórica

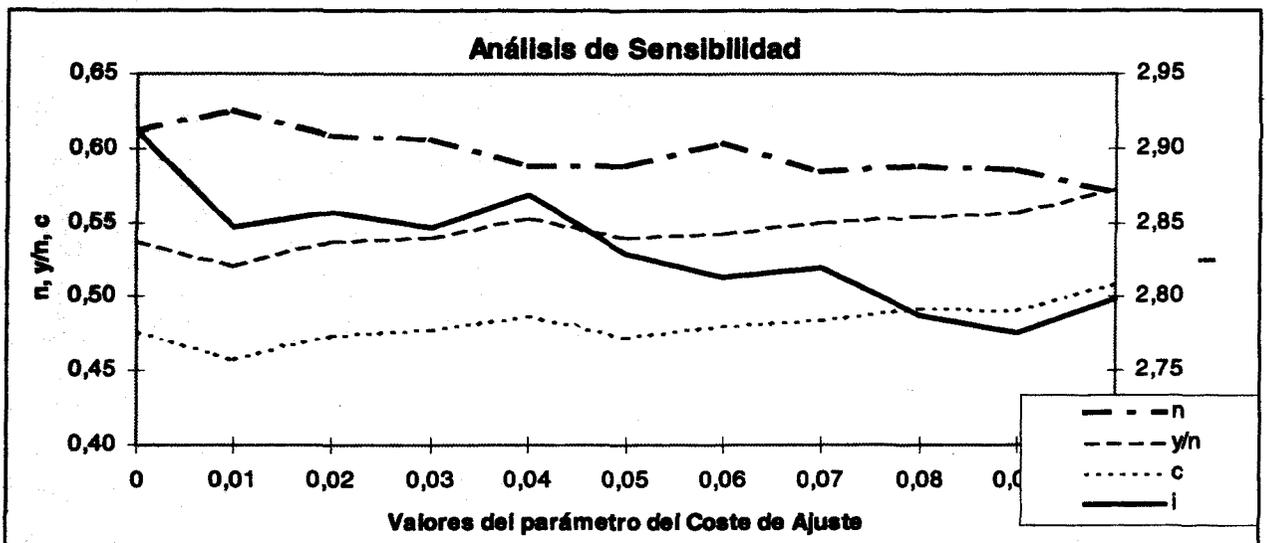
Comportamiento Cíclico de la Economía de los Estados Unidos												
Fuente: Cooley y Prescott (1995), para el periodo 1954:I-1991:II												
Correlación cruzada con el producto												
Dispersión (%)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
Y	1,72	0,02	0,16	0,38	0,63	0,85	1,0	0,85	0,63	0,38	0,16	-0,02
CP	1,27	0,25	0,42	0,57	0,72	0,82	0,83	0,67	0,46	0,22	-0,01	-0,20
I	8,24	0,04	0,19	0,38	0,59	0,79	0,91	0,76	0,50	0,22	-0,04	-0,24
N	1,59	-0,06	0,09	0,30	0,53	0,74	0,86	0,82	0,69	0,52	0,32	0,11
Y/N	0,90	0,06	0,14	0,20	0,30	0,33	0,41	0,19	0,00	-0,18	-0,25	-0,24
Comportamiento Cíclico de la Economía Simulada												
Modelo de Un País y Un Sector												
Correlación cruzada con el producto												
Dispersión (%)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
Y	1,47	-0,12	0,04	0,3	0,627	0,90	1,00	0,90	0,63	0,3	0,04	-0,12
	<i>0,23</i>	<i>0,15</i>	<i>0,15</i>	<i>0,13</i>	<i>0,07</i>	<i>0,02</i>	<i>0,00</i>	<i>0,02</i>	<i>0,07</i>	<i>0,13</i>	<i>0,15</i>	<i>0,15</i>
CP	0,70	-0,23	-0,13	0,06	0,308	0,54	0,69	0,7	0,59	0,42	0,25	0,14
	<i>0,11</i>	<i>0,17</i>	<i>0,17</i>	<i>0,16</i>	<i>0,14</i>	<i>0,13</i>	<i>0,11</i>	<i>0,11</i>	<i>0,13</i>	<i>0,16</i>	<i>0,19</i>	<i>0,20</i>
I	4,16	-0,06	0,1	0,35	0,656	0,9	0,97	0,84	0,55	0,22	-0,05	-0,2
	<i>0,69</i>	<i>0,17</i>	<i>0,16</i>	<i>0,13</i>	<i>0,08</i>	<i>0,03</i>	<i>0,01</i>	<i>0,03</i>	<i>0,08</i>	<i>0,13</i>	<i>0,15</i>	<i>0,14</i>
N	0,88	-0,01	0,13	0,36	0,634	0,84	0,89	0,74	0,45	0,13	-0,12	-0,25
	<i>0,13</i>	<i>0,18</i>	<i>0,17</i>	<i>0,15</i>	<i>0,10</i>	<i>0,05</i>	<i>0,04</i>	<i>0,06</i>	<i>0,10</i>	<i>0,14</i>	<i>0,15</i>	<i>0,14</i>
Y/N	0,80	-0,21	-0,08	0,16	0,448	0,71	0,86	0,83	0,65	0,41	0,19	0,05
	<i>0,13</i>	<i>0,16</i>	<i>0,16</i>	<i>0,14</i>	<i>0,11</i>	<i>0,08</i>	<i>0,06</i>	<i>0,07</i>	<i>0,10</i>	<i>0,15</i>	<i>0,18</i>	<i>0,19</i>

Nota: las cifras en cursiva corresponden a los errores estándar de las medidas del modelo. Las variables son: Y producto, CP consumo privado, I inversión bruta en capital fijo, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

La consideración de diferentes valores de uno de los parámetros en función de un resultado del modelo que se desea reproducir nos lleva al análisis de sensibilidad. Así, si damos diferentes valores al parámetro ϕ , podemos comprobar cómo cambian los resultados de algunos de los aspectos más insatisfactorios del modelo. Un ejemplo de esta metodología puede apreciarse en el gráfico 3.2.1, en el cual se muestra la dispersión relativa de las variables trabajo, consumo, inversión y productividad en función de distintos valores del parámetro ϕ .

Así, mientras aumenta el valor de dicho parámetro, disminuye la dispersión relativa de la inversión y del trabajo, mientras que aumenta la del consumo y la de la productividad. Así, ante un crecimiento en el valor del parámetro ϕ , en algunos aspectos relativos a la volatilidad de las variables, el modelo mejora (consumo y productividad) y en otros empeora (inversión y trabajo). En este caso encontramos lo que podría llamarse una anomalía en el modelo, de manera que existe un desajuste entre los resultados, los cuales no mejoran de manera conjunta ante el cambio de uno de los parámetros del modelo.

Gráfico 3.2.1. Dispersión relativa de las variables del modelo ante distintos valores de ϕ



Nota: Las variables son: C consumo privado, I inversión bruta en capital fijo, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

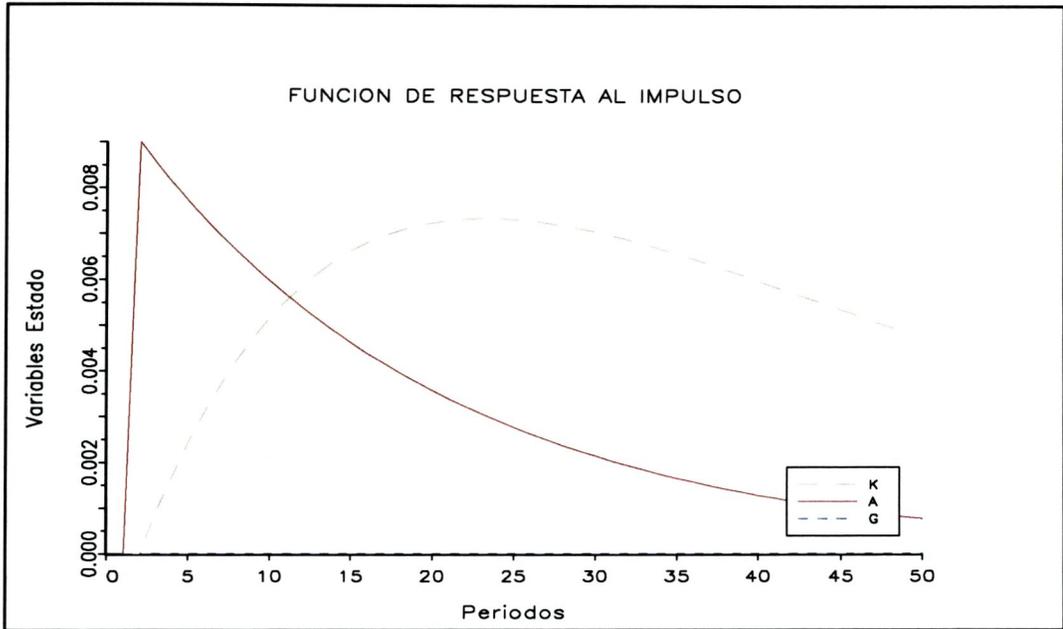
Para entender mejor cómo funciona el modelo, en los gráficos 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 y 3.2.5 se presentan algunas de las funciones de respuesta al impulso del modelo. En los dos primeros, la función de respuesta es a un impulso de un aumento de la tecnología igual a una desviación estándar del shock tecnológico. En los dos siguientes gráficos, el impulso se debe a la otra fuente de variación de esta economía: el sector público.

Dichos gráficos muestran cómo ante una mejora tecnológica, la variable que responde de manera más pronunciada es la inversión. Eso se debe a que el consumidor está dispuesto a consumir menos cantidad de producto en los periodos iniciales para así poder consumir más en periodos futuros. La senda óptima de consumo requiere invertir en los periodos iniciales, en los cuales el esfuerzo que debe desarrollarse para producir la misma cantidad de producto que antes del shock, es menor. El trabajo, por su parte, aumenta, por el mismo motivo ya apuntado.

Así pues, se da una sustitución de esfuerzo en el tiempo, gracias a la cual puede alcanzarse una utilidad máxima mayor que si se pudiese dar el equilibrio intertemporal.

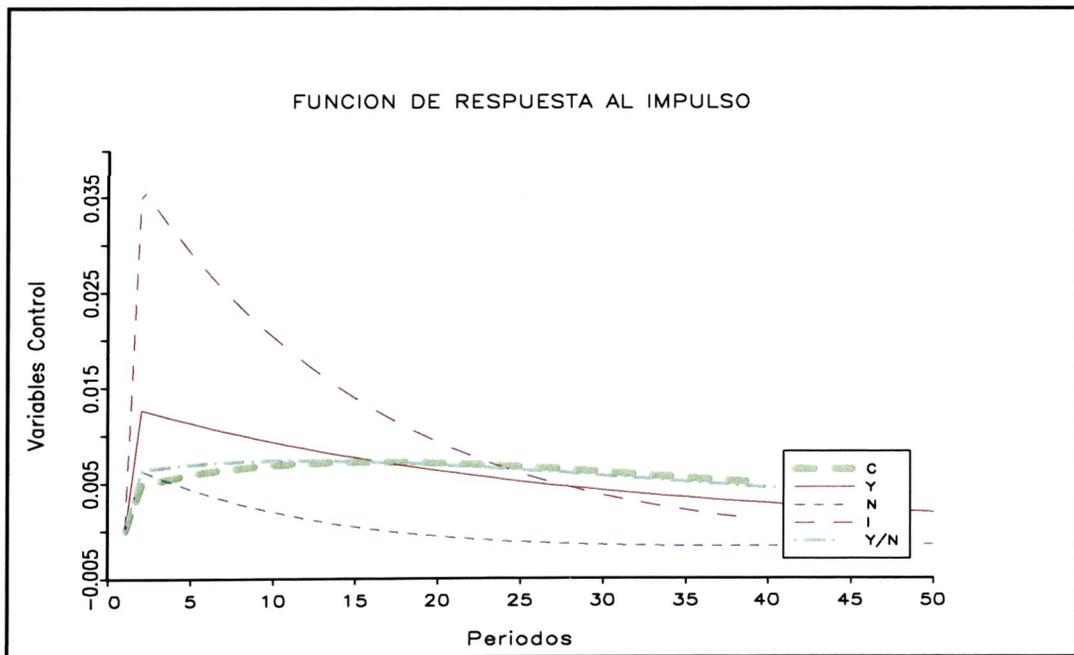
En el caso en el que el gasto público aumenta, se da un efecto sustitución sobre el consumo privado, al mismo tiempo que aumenta el producto para satisfacer dicho aumento de demanda. Este aumento de la producción, debe efectuarse íntegramente gracias a un aumento del trabajo, ya que el capital (y la inversión anteriormente, por tanto) no se ve prácticamente afectado. Como el aumento del producto es menor que el aumento del trabajo, se da una bajada de la productividad en esta economía.

Gráfico 3.2.2. Función de respuesta al impulso ante una mejora de la tecnología.
Variables de estado



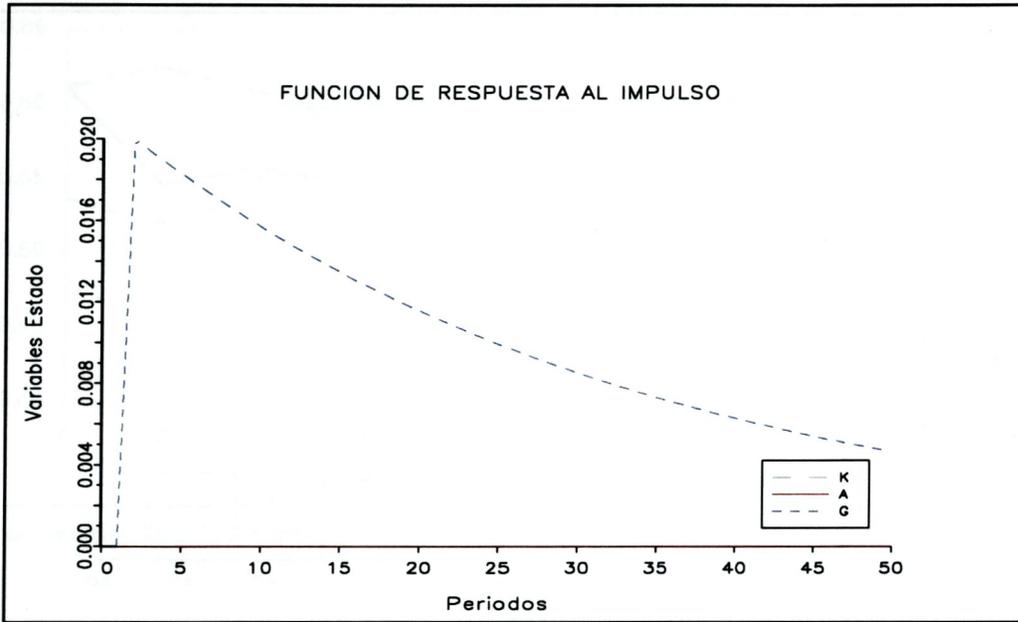
Nota: Las variables son: K capital, A tecnología y G gasto público.

Gráfico 3.2.3. Función de respuesta al impulso ante una mejora de la tecnología.
Variables de control



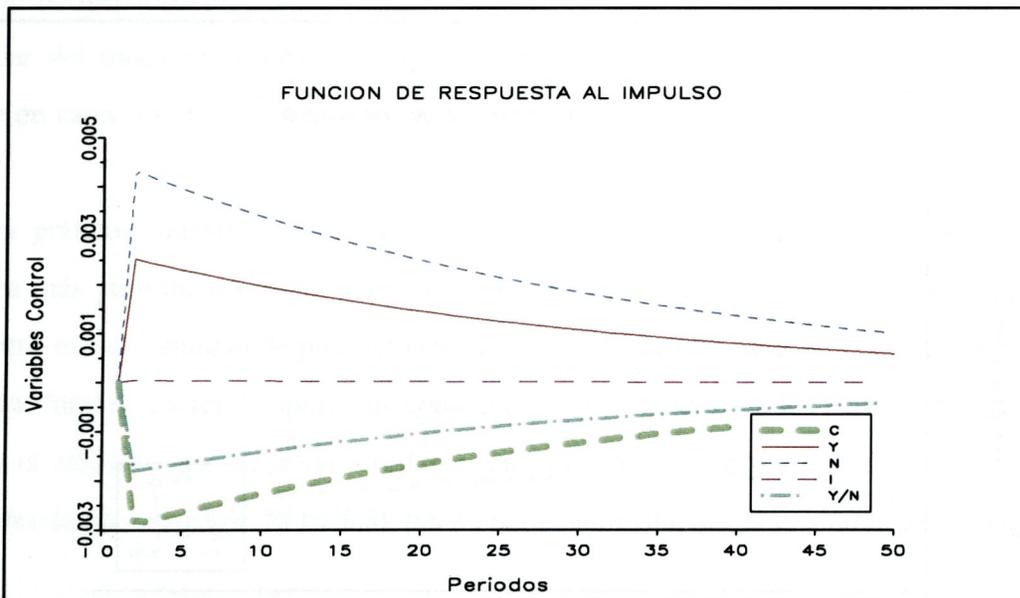
Nota: Las variables son: Y producto, C consumo privado, I inversión bruta en capital fijo, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Gráfico 3.2.4. Función de respuesta al impulso ante un aumento del gasto público. Variables de estado



Nota: Las variables son: K capital, A tecnología y G gasto público.

Gráfico 3.2.5. Función de respuesta al impulso ante un aumento del gasto público. Variables de control



Nota: Las variables son: Y producto, C consumo privado, I inversión bruta en capital fijo, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

3.3. EXTENSIÓN DEL MODELO BÁSICO A DOS SECTORES

3.3.1. Antecedentes

Una extensión a este modelo de un país que produce un tipo de bien, es la consideración de la existencia de dos sectores diferenciados en la economía, en lugar de un solo sector como se ha supuesto hasta ahora. Uno de los aspectos más característicos del ciclo económico es el movimiento común entre la producción de distintos sectores de la economía. Esta observación podría sugerir que los ciclos económicos están impulsados por shocks agregados para toda la economía. Pero Long y Plosser (1983) mostraron cómo unos shocks de productividad incorrelacionados e independientes de varios sectores diferenciados pueden causar una correlación positiva importante entre sectores, así como persistencia en el tiempo. En este trabajo se propone un modelo de ciclos reales con sectores intermedios diferenciados, los cuales se asume que siguen shocks tecnológicos estocásticos totalmente independientes.

El tipo de autocorrelación que genera este modelo se basa en las relaciones tecnológicas entre los diferentes sectores de la economía. Estas relaciones provocan que ciertos sectores sean motores cíclicos de la economía.

Desde un punto de vista más empírico, Long y Plosser (1983) descomponen las innovaciones del producto en factores comunes no observables y en perturbaciones únicas, y encuentran que para los Estados Unidos, el peso de una perturbación agregada es significativa para las producciones sectoriales, pero no es suficientemente grande para la mayoría de ellas, lo cual apoyaría la hipótesis de la importancia de los shocks tecnológicos estocásticos sectoriales independientes.

Más adelante, Stockman (1988) emplea un modelo de componentes de varianza con efectos fijos para mostrar que en siete países europeos y en los Estados Unidos, tanto los shocks agregados como los shocks específicos de cada industria son empíricamente importantes, de manera que las fluctuaciones económicas no están causadas únicamente por shocks agregados.

Durlauf (1989) fue el primero en apuntar que la presunción de que un shock tecnológico sectorial era el determinante más importante de las fluctuaciones agregadas sugeriría la ausencia de cointegración entre las componentes desagregadas del producto. Uno debería esperar, por tanto, que las producciones sectoriales exhibiesen tendencias estocásticas y que no estuviesen cointegradas entre sí. Trabajando con series norteamericanas, Durlauf encontró algunas

producciones sectoriales cointegradas con la actividad agregada, y por tanto, cierta evidencia indirecta de cointegración entre diferentes sectores.

Engle e Issler (1992) aplicaron el modelo de Long y Plosser (1983) a los datos empleados por Durlauf y utilizaron la metodología de Johansen (Johansen 1988, 1991) para contrastar la presencia de cointegración. Los resultados a los que llegaron permitieron encontrar menos vectores de cointegración que en el trabajo de Durlauf. En concreto, para ocho sectores, encontraron dos vectores de cointegración y seis tendencias comunes idiosincráticas. Estos resultados estarían, pues, en la línea de mantener la hipótesis de shocks de productividad sectoriales independientes. Pero en este trabajo, además, desarrollaron la idea de los “rasgos comunes”¹. Sus resultados muestran que los productos sectoriales no presentan en general tendencias comunes, pero en cambio, los ciclos parecen idénticos en forma, duración y periodificación, de modo que están generados por una componente cíclica común. Mientras que los shocks tecnológicos (muy diversos) serían los introductores de las tendencias sectoriales, los ciclos económicos vendrían determinados por relaciones tecnológicas, tipo input-output.

Danthine y Donaldson (1993) analizan los datos de los Estados Unidos junto a los de otros países industrializados. En su trabajo encontraron que los resultados de los datos norteamericanos no son representativos de otros países y que incluso podrían establecerse como la excepción a la regla. Lucke (1998) investiga resultados para la economía de la República Federal Alemana y encuentra que las producciones sectoriales de la economía alemana están caracterizadas por tendencias estocásticas ampliamente independientes. Esto implicaría que las participaciones de los sectores en la economía no son estacionarias y que no existe una tendencia a volver a situaciones anteriores. Ejemplos de esto se podrían encontrar en el declive de la agricultura o en la expansión de los servicios. Pero, por otro lado, los shocks de productividad no pueden explicar las tendencias estocásticas que se dan en la economía. Así, no está claro que los shocks de productividad tengan alguna raíz unitaria común. Estos resultados vienen a decir que, si bien los shocks de productividad tienen potencia para explicar fluctuaciones, parece que hay otras fuentes de shocks, capaces de generar raíces unitarias, que se obvian en los modelos de ciclos económicos reales.

¹ “Rasgos Comunes”, en inglés *common features*. El término *features* fue introducido anteriormente por Engle y Kozicki (1993) y expresa la idea de la existencia de una autocorrelación-persistencia común entre las componentes cíclicas de un mecanismo de corrección del error que busca la existencia de cointegración entre las tendencias estocásticas de los diferentes sectores.

Centrándose más en el mercado de trabajo, Lilien (1982a) formuló la hipótesis de los cambios sectoriales y esgrimía que los cambios de la demanda de trabajo entre los sectores de una economía podían explicar una parte importante de la variación del desempleo en el ciclo. Otros trabajos analizaron el papel de los shocks sectoriales en el empleo agregado. Así, Davis (1987a, 1987b) se centra en el papel de las perturbaciones de asignación y en el capital físico o humano específico de cada sector. Hamilton (1986) analiza los efectos de las perturbaciones negativas entre sectores y si es costoso pasar de un sector a otro.

La aproximación de Lilien fue criticada por Abraham y Katz (1986), que mostraron que sus resultados podían deberse a un problema de causalidad inversa, lo cual podía ser la causa de que la demanda de trabajo y desempleo se explicasen mutuamente. Murphy y Topel (1987), utilizando datos individuales de panel, mostraron que los cambios sectoriales no son los determinantes de las fluctuaciones del factor trabajo, ya que a medida que aumentaba el desempleo, la relocalización de trabajadores entre sectores disminuía.

En el modelo sectorial que se considerará a continuación se tendrá en cuenta la existencia de más de un bien en la economía. Esto llevará asociada la existencia de dos sectores tecnológicos diferenciados que están afectados por unas componentes tecnológicas del tipo de las estudiadas en el modelo de un solo sector. Estos dos sectores producen una serie de bienes intermedios que forman la producción agregada. Es la producción agregada, resultante por tanto de un *compuesto* de las diferentes producciones sectoriales, la que se distribuye entre consumo privado, gasto público e inversión.

Así, el modelo que ahora se considerará, no tiene en cuenta relaciones tecnológicas tipo input-output, como el modelo de Long y Plosser (1983), sino que emplea una tecnología que considera el producto agregado como un compuesto de producción de diferentes sectores con diferentes tecnologías y diferentes componentes tecnológicas estocásticas.

3.3.2. El modelo

Debido a la especial atención al estudio de los ciclos económicos, la especificación que ahora se presenta no tendrá en cuenta la consideración de que las participaciones de los sectores en la economía pueden cambiar de manera secular en el tiempo, tal y como propone Lucke (1998).

Así, en el siguiente modelo se consideran, pues, dos sectores. De nuevo, en el país vive un gran número de hogares consumidores con las mismas características de los que vivían en el

país con un solo sector.

La diferencia fundamental estriba en que los hogares de este nuevo país tienen acceso a un producto agregado el cual se forma utilizando dos bienes intermedios, los cuales disponen de tecnologías idénticas. Los hogares proveen de capital y trabajo a estos dos sectores intermedios. Estas tecnologías son semejantes a la tecnología del modelo del apartado 3.2:

$$Y_{i,t} = a_{i,t} F(k_{i,t}, n_{i,t}) + CA_t.$$

Se asume que existe cierta inelasticidad entre los dos sectores, de manera que un país no puede subsistir tan solo con la producción de uno de los dos sectores: necesitará de un mínimo de producción de los dos sectores para poder funcionar. Por ello, el producto agregado de toda la economía sigue la siguiente función:

$$Y_t = [\omega_1 Y_{1,t}^{1-\rho} + \omega_2 Y_{2,t}^{1-\rho}]^{1/\rho}, \quad (3.3.1)$$

donde $1/\rho$ es la elasticidad de sustitución entre la producción del sector 1, Y_1 , y la producción del sector 2, Y_2 . ω_1 y ω_2 son dos parámetros que relacionan el tamaño de ambos sectores en la economía. Esta función se conoce como el Agregador de Armington, y es particularmente conveniente para modelos con sector exterior, como más adelante se verá. Pese a que el modelo de este apartado es un modelo de economía cerrada, se adopta esta parametrización previendo las futuras extensiones en los modelos de los apartados 3.4 y 3.5.

Se asume de nuevo que la ley de movimiento del capital es:

$$k_{i,t+1} = (1 - \delta)k_{i,t} + i_{i,t},$$

para cada uno de los sectores considerados. Así, el capital puede fluir libremente de un sector a otro en forma de inversión. La restricción agregada de recursos toma, en el presente modelo, la siguiente forma:

$$cp_t + i_{1,t} + i_{2,t} + g_t = Y_t.$$

Esta expresión puede desarrollarse teniendo en cuenta las producciones sectoriales. Para ello es necesario tener en cuenta los precios relativos de cada bien respecto el nominal de precios de la economía, que será una unidad de consumo. Por tanto, la producción agregada puede desarrollarse como:

$$Y_t = \frac{\partial cp_t}{\partial y_{1,t}} y_{1,t} + \frac{\partial cp_t}{\partial y_{2,t}} y_{2,t}.$$

Precios del bien del sector uno:
$$\frac{\partial cp_t}{\partial y_{1,t}} = p_{1,t} = \omega_1 \left(\frac{y_{1,t}}{y_t} \right)^{-\rho}.$$

Precios del bien del sector dos:
$$\frac{\partial cp_t}{\partial y_{2,t}} = p_{2,t} = \omega_2 \left(\frac{y_{2,t}}{y_t} \right)^{-\rho}.$$

Precios relativos de los dos bienes:
$$\frac{\frac{\partial cp_t}{\partial y_{1,t}}}{\frac{\partial cp_t}{\partial y_{2,t}}} = p_{2,t}^1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} \left(\frac{y_{2,t}}{y_{1,t}} \right)^{\rho}.$$

De modo que:

$$Y_t = p_{1,t}y_{1,t} + p_{2,t}y_{2,t} = p_{2,t} \left(p_{2,t}^{-1}y_{1,t} + y_{2,t} \right).$$

Tomando la figura de un planificador social, de nuevo, éste se encuentra ante el problema de escoger las secuencias de consumo agregado, y de trabajo y capital en cada sector, de manera que maximice la utilidad, sujeta a las restricciones de recursos:

$$V_t = \max_{n_{1,t}, n_{2,t}, l_{1,t}, l_{2,t}} \{u(c_t, l_t) + \beta V_{t+1}\}.$$

La parametrización escogida es, pues, similar a la anterior. Las preferencias de los individuos vienen determinadas por:

$$U_t = \log c_t + \gamma \log(l_t),$$

donde $c_t = cp_t + \alpha g_t$.

La tecnología de cada sector será:

$$Y_{i,t} = a_{i,t} k_{i,t}^{\theta_i} n_{i,t}^{1-\theta_i} - AC_{i,t}, \quad i = 1, 2,$$

donde AC_t son los costes de ajuste del capital: $AC_{i,t} = \frac{\phi_i}{2} (k_{i,t+1} - k_{i,t})^2$.

Los shocks de productividad siguen un proceso multivariante estocástico estacionario exógeno dado por:

$$\begin{pmatrix} \log a_{1t} \\ \log a_{2t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho_1 & \rho_{12} \\ \rho_{12} & \rho_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log a_{1,t-1} \\ \log a_{2,t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 - \rho_1 & -\rho_{12} \\ -\rho_{12} & 1 - \rho_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log a_1 \\ \log a_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{pmatrix},$$

donde la matriz de parámetros de la parte autorregresiva tiene valores propios menores a la unidad para asegurar la estabilidad. ε_{1t} y ε_{2t} son las innovaciones que se producen en el proceso tecnológico y están caracterizadas por unas medias iguales a 0, varianzas σ_{a1}^2 y σ_{a2}^2

y covarianza $\sigma_{a_1 a_2}$.

Asimismo, el sector público sigue un proceso autorregresivo estocástico de orden uno:

$$g_{t+1} = \rho_g g_t + \varepsilon_t.$$

3.3.3. Resolución del modelo

Las condiciones de primer orden que satisfacen este problema son las siguientes:

$$\frac{\partial V}{\partial n_1} = \frac{1}{c_t} Y_t^\rho \omega_1 Y_{1,t}^{-\rho} (1-\theta_1) a_{1,t} k_{1,t}^{\theta_1} n_{1,t}^{1-\theta_1} - \frac{\gamma}{1-n_{1,t}-n_{2,t}} = 0;$$

$$\frac{\partial V}{\partial n_2} = \frac{1}{c_t} Y_t^\rho \omega_2 Y_{2,t}^{-\rho} (1-\theta_2) a_{2,t} k_{2,t}^{\theta_2} n_{2,t}^{1-\theta_2} - \frac{\gamma}{1-n_{1,t}-n_{2,t}} = 0;$$

$$\frac{\partial V}{\partial i_1} = \frac{-1}{c_t} \left[Y_t^\rho \omega_1 Y_{1,t}^{-\rho} \phi_1 (i_{1,t} - \delta_1 k_{1,t}) + 1 \right] + w_{1,t} = 0;$$

$$\frac{\partial V}{\partial i_2} = \frac{-1}{c_t} \left[Y_t^\rho \omega_2 Y_{2,t}^{-\rho} \phi_2 (i_{2,t} - \delta_2 k_{2,t}) + 1 \right] + w_{2,t} = 0;$$

$$w_{1,t} = \beta \frac{1}{c_{t+1}} Y_{t+1}^\rho \omega_1 Y_{1,t+1}^{-\rho} \left\{ \alpha_1 a_{1,t+1} k_{1,t+1}^{\theta_1-1} n_{1,t+1}^{1-\theta_1} + \phi_1 \delta_1 (i_{1,t+1} - \delta_1 k_{1,t+1}) \right\} + \beta (1-\delta) w_{1,t+1};$$

$$w_{2,t} = \beta \frac{1}{c_{t+1}} Y_{t+1}^\rho \omega_2 Y_{2,t+1}^{-\rho} \left\{ \alpha_2 a_{2,t+1} k_{2,t+1}^{\theta_2-1} n_{2,t+1}^{1-\theta_2} + \phi_2 \delta_2 (i_{2,t+1} - \delta_2 k_{2,t+1}) \right\} + \beta (1-\delta) w_{2,t+1};$$

$$\text{donde } \frac{\partial V_{t+1}}{\partial k_{1,t+1}} \beta = w_{1,t} \text{ y } \frac{\partial V_{t+1}}{\partial k_{2,t+1}} \beta = w_{2,t}.$$

Así, las condiciones de estado estacionario serán:

$$\omega_1 = \left(\frac{Y_1}{Y} \right)^\rho; \quad \omega_2 = \left(\frac{Y_2}{Y} \right)^\rho;$$

$$\frac{Y_1}{Y_2} = \frac{n_1 (1-\theta_1)}{n_2 (1-\theta_2)};$$

$$\frac{k_1}{Y_1} = \frac{\beta \theta_1}{1-\beta(1-\delta_1)}; \quad \frac{k_2}{Y_2} = \frac{\beta \theta_2}{1-\beta(1-\delta_2)};$$

$$Y_1 = a_1^{1/(1-\theta_1)} \left[\frac{k_1}{Y_1} \right]^{\theta_1/(1-\theta_1)} n_1; \quad Y_2 = a_2^{1/(1-\theta_2)} \left[\frac{k_2}{Y_2} \right]^{\theta_2/(1-\theta_2)} n_2;$$

$$n_1 = \frac{\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{\frac{1}{\rho}} \frac{(1-\theta_1)}{(1-\theta_2)}}{\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{\frac{1}{\rho}} \frac{(1-\theta_1)}{(1-\theta_2)} + 1} n; \quad n_2 = \frac{1}{\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{\frac{1}{\rho}} \frac{(1-\theta_1)}{(1-\theta_2)} + 1} n;$$

$$a_1 = \left[\frac{1-\theta_1}{1-\theta_2}\right]^{(1-\theta_1)} a_2^{(1-\theta_1)/(1-\theta_2)} \frac{\left(\frac{k_2}{y_2}\right)^{\theta_2(1-\theta_1)/(1-\theta_1)}}{\left(\frac{k_1}{y_1}\right)^{\theta_1}}.$$

A continuación se pasa a analizar con más detalle el equilibrio de estado estacionario del modelo.

Este modelo tiene dos relaciones fundamentales que dirigen el equilibrio. La primera es la ecuación del Agregador de Armington (3.3.1), que determina la relación entre bienes. Así, dado un nivel agregado de output (Y), la relación entre Y_1 e Y_2 puede expresarse como:

$$Y_2 = \left(\frac{Y^{1-\rho} - \omega_1 Y_1^{1-\rho}}{\omega_2}\right)^{\frac{1}{1-\rho}},$$

donde la curvatura de la función está dada por la elasticidad de sustitución ($1/\rho$). La pendiente de la función está determinada por el ratio $-\omega_1/\omega_2$, esto es, $-Y_1/Y_2$, y la coordenada en el origen viene determinada por el ratio Y/Y_2 . Esta función tendrá una elevada curvatura si la elasticidad de sustitución entre ambos bienes es baja, mientras que la curvatura será pequeña si dicha elasticidad es alta. Esto puede apreciarse en los gráficos 3.3.1 y 3.3.2. En el gráfico 3.3.1, la curva de trazo sólido pertenece a una función con un valor del parámetro ρ igual a 0.5 (alta elasticidad de sustitución), mientras que la curva de trazo grueso pertenece a una función con un parámetro ρ igual a 1.5 (baja elasticidad de sustitución). La pendiente que aparece en estas dos funciones viene determinada por los siguientes pesos de los dos sectores: $Y_1/Y=0.7$ e $Y_2/Y=0.3$: esto es, una pendiente bastante plana. El origen de la curva viene determinado por la elección de un valor de Y agregado igual a 100.

La segunda relación que es importante para el equilibrio es la que viene establecida por la igualdad de productividades marginales del capital entre sectores.

$$\frac{\partial Y_1}{\partial k_1} = \frac{\partial Y_2}{\partial k_2},$$

lo cual significa:

$$Y_2 = \left(\frac{\theta_1 k_2}{\theta_2 k_1} \right) Y_1.$$

Esta pendiente será siempre positiva. La relación k_i/α_i puede hallarse a partir del valor de estado estacionario del ratio k_i/y_i . Asumiendo iguales tasas de depreciación, por simplicidad, ($\delta_1 = \delta_2$), se llega a:

$$Y_2 = \left(\frac{Y_2}{Y_1} \right) Y_1,$$

donde la relación por cociente que aparece entre paréntesis es el ratio de estado estacionario del tamaño de los dos sectores. Si ese ratio es igual a la unidad (los dos sectores tienen el mismo tamaño) la pendiente será de 45°. Si el sector 2 es mayor que el sector 1, entonces la pendiente será mayor que 45° y viceversa si es el sector 1 el sector más grande.

Gráfico 3.3.1. Relaciones entre sectores ante diferentes elasticidades

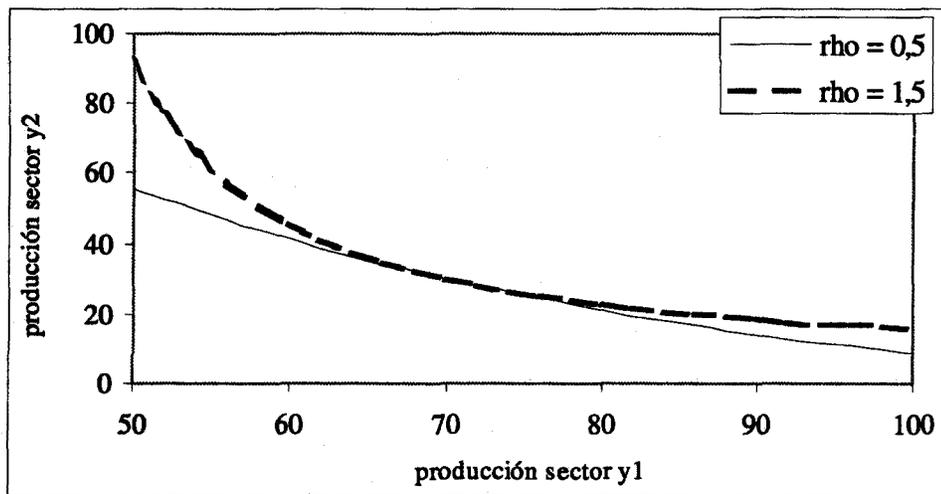
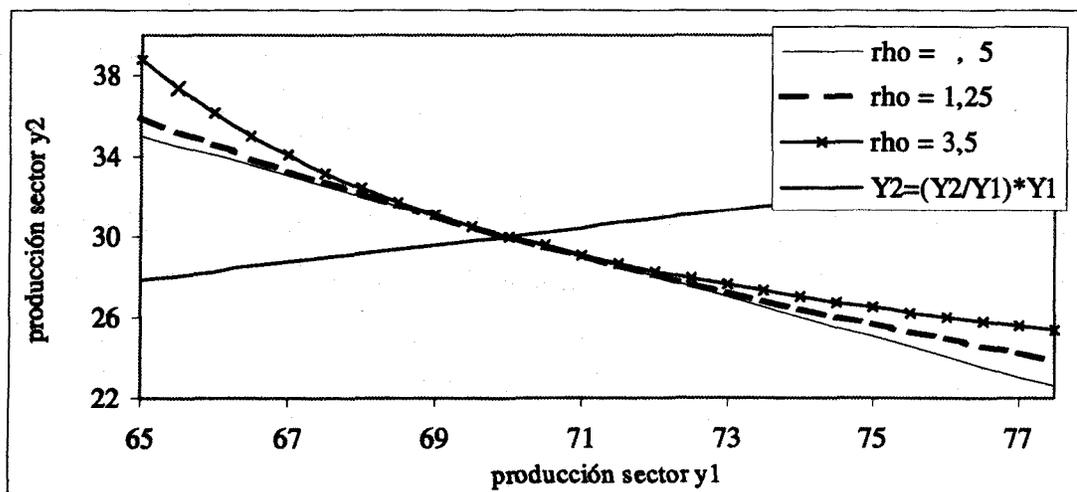


Gráfico 3.3.2. Relaciones de equilibrio



En el gráfico 3.3.2 se muestran las curvas de las dos relaciones que determinan el equilibrio. Puede apreciarse cómo ante diferentes valores de la elasticidad de sustitución entre sectores (ante diferentes valores del parámetro ρ) se obtiene el mismo equilibrio, pero al mismo tiempo, los cambios en los tamaños relativos de los sectores serán más o menos pronunciados en función de la elasticidad de sustitución.

La aproximación loglineal de las condiciones de primer orden y de la ley de movimiento del capital se encuentra en el anexo. El modelo se resuelve siguiendo las mismas pautas que en el modelo básico.

3.3.4. Parametrización y resultados

La parametrización propuesta es básicamente la misma que la del modelo anterior. Las particularidades impuestas por la existencia de dos sectores se resuelven proponiendo que los dos sectores tienen el mismo tamaño relativo, pero no tienen los mismos parámetros tecnológicos, para así permitir cierta heterogeneidad en el modelo. En concreto, si la participación del capital en el producto en el modelo de un solo sector era igual a 0,42, para dos sectores se han escogido unos parámetros que hagan que uno de los sectores esté relativamente especializado en productos con mayor componente de capital ($\theta=0,44$) y el otro sector esté relativamente especializado en productos en los que la mano de obra es más importante ($\theta=0,39$). Estos valores se han obtenido de la estimación de Stockman y Tesar (1995). Las estimaciones de la varianza de los residuos de Solow de cada sector también se toman del mismo trabajo. Los valores de todos los parámetros del modelo se presentan en la tabla 3.3.1.

A la hora de determinar la elasticidad de sustitución, se ha escogido trabajar con dos valores diferentes de ρ (0,5 y 1,5) para así comprobar el comportamiento del modelo ante diferentes posibilidades técnicas de sustitución. Igual que en el modelo del apartado 3.2, se asumirá un valor de $\alpha=0$.

Tabla 3.3.1. Valores de la calibración del modelo

Parámetros del Proceso Tecnológico			Tasa de descuento intertemporal	Gasto Público	Proceso Tecnológico	Escenario 1 Ausencia de <i>Spillovers</i>		Escenario 2 Existencia de <i>Spillovers</i>	
θ_1	δ_1	ϕ_1	β	σ_g	σ_1	ρ_1	ρ_{12}	ρ_1	ρ_{12}
0,44	0,025	0,05	0,988	0,97	0,019	0,95	0	0,70	0,25
θ_2	δ_2	ϕ_2		ρ_g	σ_2		ρ_2		ρ_2
0,39	0,025	0,05		0,02	0,014		0,95		0,70

Tabla 3.3.2. Comportamiento cíclico de varias economías a nivel sectorial

País	Dispersión (%)						Correlación $Y^{com}, Y^{no\ com}$
	Producto	Residuo de Solow	Capital	Trabajo	Inversión	Consumo	
Alemania							
<i>Agregado</i>	1,95	1,50	2,79	1,60	5,25	n.d.	0,61
<i>Comerc.</i>	2,24	1,64	2,79	1,77	6,51	n.d.	
<i>No Comerc.</i>	1,93	1,73	3,15	1,52	5,59	n.d.	
Italia							
<i>Agregado</i>	2,37	2,60	2,58	1,01	5,28	0,76	0,86
<i>Comerc.</i>	3,03	2,69	2,01	1,73	6,18	0,70	
<i>No Comerc.</i>	1,55	2,90	3,82	0,66	6,19	0,86	
Estados Unidos							
<i>Agregado</i>	2,69	1,60	2,82	1,96	6,18	1,25	1,00
<i>Comerc.</i>	3,99	2,74	1,76	2,72	7,59	1,64	
<i>No Comerc.</i>	1,47	1,94	4,07	1,26	8,83	1,21	

Fuente: Stockman y Tesar (1995). Datos correspondientes al período 1970 -1986

En lo que respecta al proceso estocástico que dirige la economía, cabe decir que se ha escogido trabajar con dos escenarios diametralmente opuestos. Así, en el primero de ellos, los dos sectores tienen unos procesos tecnológicos que no están relacionados en absoluto entre sí, de manera que el parámetro ρ_{12} será igual a cero. Por el contrario, en el segundo escenario los dos sectores disfrutan de *spillovers* tecnológicos, lo que hace que un incremento de la productividad en uno de los dos sectores repercuta en una mejora de la productividad del otro sector de la economía. En este caso, se ha escogido una difusión tecnológica elevada y simétrica, con una matriz del vector autorregresivo que se muestra en la tabla 3.3.1, en la cual se fija ρ_{12} igual a 0,25 junto con unos valores de la diagonal principal que permitan la existencia de una persistencia similar. Además, se asumirá que los shocks tecnológicos ε_{1t} y ε_{2t} están incorrelacionados, lo cual no tiene porqué ser cierto, pero simplifica el análisis de las características del modelo.

En la tabla 3.3.2. se muestran los hechos estilizados de la producción sectorial de bienes comercializables (relativamente especializados en el factor trabajo) y de bienes no comercializables (relativamente especializados en el factor capital) de diferentes economías.

A partir de los valores de la calibración presentados en la tabla 3.3.1, los resultados se presentarán a continuación según los diferentes escenarios propuestos.

3.3.4.1. Primer escenario

Para empezar, se analiza el modelo con $\rho=0,5$ (elasticidad elevada e igual a 2) y con ausencia de *spillovers* tecnológicos ($\rho_{12}=0$). Las matrices que dirigen el movimiento del modelo se presentan en la tabla 3.3.3.

Tabla 3.3.3. Matrices del modelo: elasticidades respecto las variables de estado ($k1, k2, a1, a2, g$)

$M1, e_t=(k1, k2, a1, a2, g)$	$\Pi, C_t=(n1, n2, i1, i2)$
0,93972 0,02676 0,06915 0,01406 -0,0002	-0,01884 0,30587 0,6087 -0,10890 0,21249
0,02788 0,93271 0,01258 0,07513 0,00052	-0,33606 -0,0363 -0,08883 0,60661 0,22013
0,00000 0,00000 0,95000 0,00000 0,00000	-1,41102 1,07058 2,76594 0,56237 -0,00819
0,00000 0,00000 0,00000 0,95000 0,00000	1,11502 -1,69166 0,50336 3,00526 0,02074
0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,97000	

Nota: donde $\hat{e}_{t+1} = M1\hat{e}_t + M2\varepsilon_{t+1}$ y donde $\hat{C}_t = \Pi \hat{e}_t$.

En este caso, dada la elevada elasticidad de sustitución entre producciones de los dos sectores, es relativamente sencillo sustituir producción de un bien por producción del otro para conseguir el mayor producto agregado posible. A continuación, se analizan los casos en los que se producen diferentes shocks en la economía.

En el primer caso, cuando se da un shock tecnológico positivo en el sector intensivo en capital, aumenta la producción de dicho sector pero a costa de la producción en el otro sector, tal y como puede apreciarse en las funciones de respuesta al impulso del gráfico 3.3.3. Esto se debe fundamentalmente a la disminución de la cantidad de trabajo que se realiza en el sector intensivo en mano de obra para que aumente proporcionalmente mucho más la cantidad de trabajo en el sector intensivo en capital. La inversión, por su parte, aumenta en los dos sectores, ya que un shock tecnológico sea del sector que sea siempre actúa de manera positiva en la inversión de los dos sectores (lo cual puede verse en las elasticidades de la matriz Π de la tabla 3.3.3).

Así pues, en el sector intensivo en capital aumenta la cantidad de trabajo y aumenta la inversión (por lo que aumentará el capital) de manera que la producción de dicho sector también aumenta. En cambio, en el sector intensivo en trabajo se dan dos movimientos de signo opuesto en los factores de producción: aumenta el capital pero disminuye el trabajo. El resultado es una ligera disminución de la producción de ese sector. En lo que respecta a la productividad del factor trabajo, se mueve en la misma dirección en los dos sectores: positivamente, debido a la mejora de la tecnología en el primer sector y al aumento de la inversión y disminución del trabajo en el segundo sector. El conjunto de las variables se comporta de manera parecida al modelo en el que sólo había un sector, con la diferencia fundamental que en este modelo las respuestas de las variables son mucho más suaves que

en el modelo anterior.

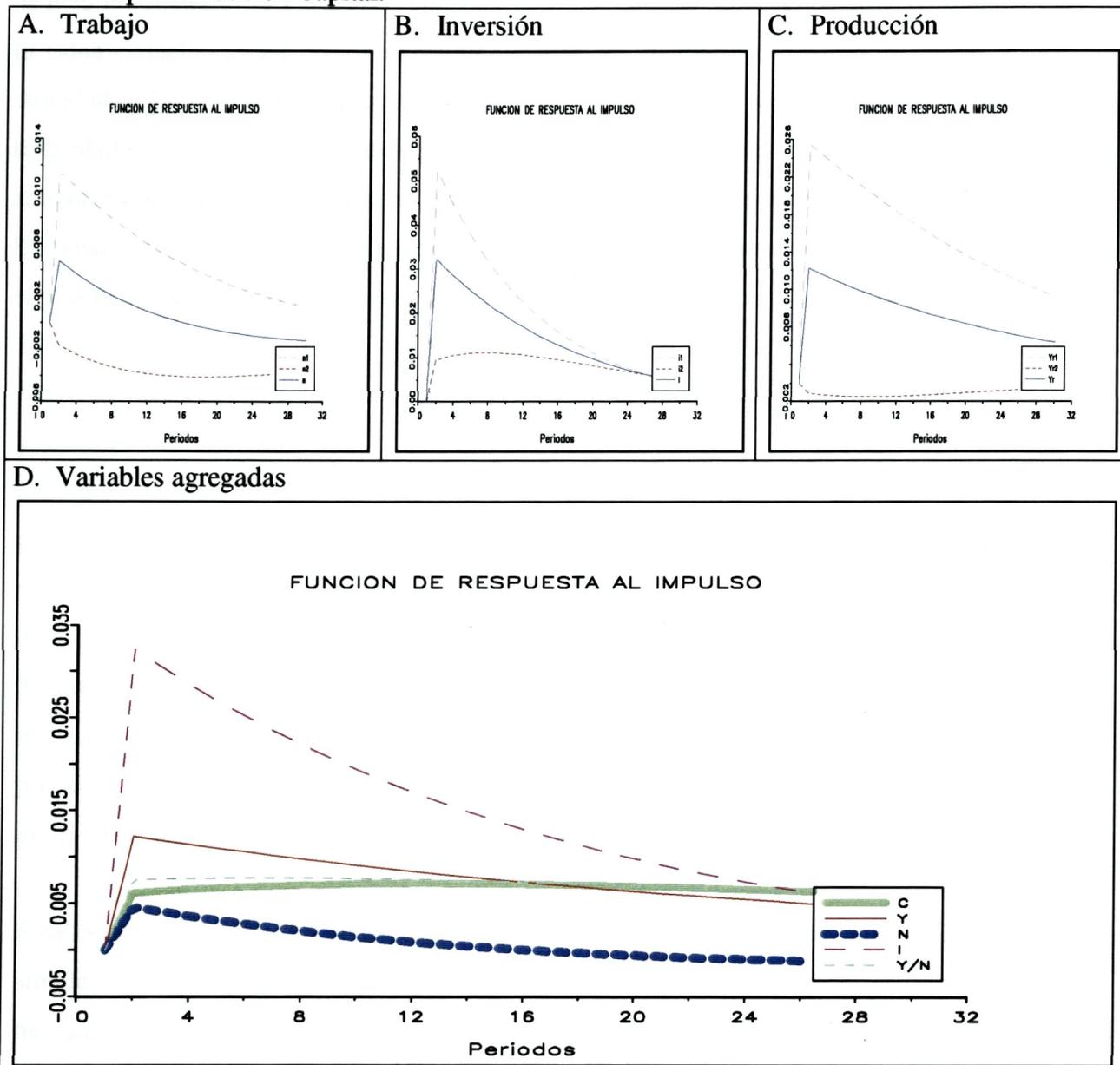
En el segundo caso, si lo que se produce es un shock tecnológico en el sector intensivo en el factor trabajo, lo que sucede es análogo al caso opuesto que se acaba de presentar, con pocas diferencias. Una de ellas es que la respuesta al shock tecnológico de la inversión del sector que recibe el shock, el intensivo en trabajo, es un poco más elevada que en el caso anterior. Por lo demás, no hay diferencias destacables, tal y como se aprecia en el gráfico 3.3.4.

Por último, en el tercer caso, se analiza la respuesta de las variables ante un aumento del shock del gasto público. Las funciones de respuesta al impulso se exponen en el gráfico 3.3.5 y permiten apreciar cómo debe aumentar la producción agregada para poder afrontar ese aumento del gasto público, el cual está sustituyendo el consumo privado. Ese aumento de producción se realiza mediante un aumento generalizado del factor trabajo y, para que se mantengan iguales las remuneraciones de los factores entre sectores, se produce un aumento de la inversión en el sector de bienes con mayor cantidad relativa de trabajo y una disminución de la inversión en el sector con mayor peso del capital, lo que produce que la inversión en términos agregados se quede prácticamente inalterada. Los aumentos de producción basados en los incrementos de las horas trabajadas hacen que disminuya la productividad en ambos sectores. El consumo, por su parte, también disminuye.

Finalmente, en la tabla 3.3.4. se presentan los principales resultados de la realización de 100 simulaciones del modelo. Los resultados más importantes son los siguientes. Para empezar, hay que decir que se consigue una dispersión del producto mayor a la dispersión conseguida en el modelo anterior y cercana a la de los datos de Cooley y Prescott para la economía americana en el período 1954-1991, que se mostraba en la tabla 3.2.3 del apartado anterior. La dispersión relativa de los dos sectores de la economía es superior a la del global, lo cual no es lo que aparece en los datos de Stockman y Tesar para diferentes economías en el período 1970-1986, en los cuales es menos volátil el producto de los bienes no comercializables que el producto total. El trabajo agregado, por su parte, es menos volátil que el producto, y este rasgo es más acentuado que en el modelo con un solo sector. La inversión agregada es más volátil que el producto, con una diferencia relativa prácticamente igual a la conseguida en el modelo anterior, la cual era inferior a la de los datos. La productividad y el consumo tienen una volatilidad que también es similar a la del modelo con un solo sector y cercana a la de los datos.

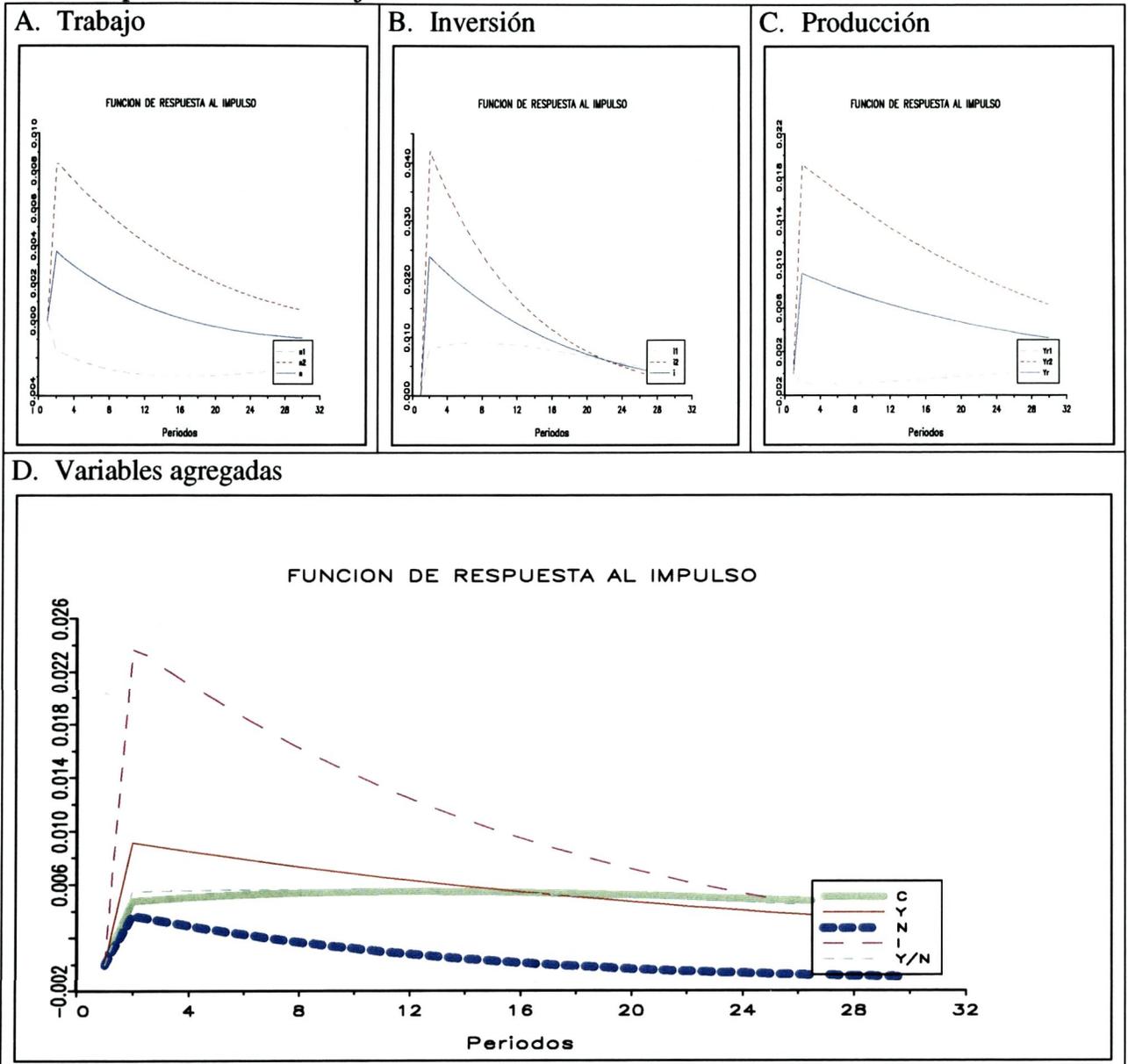
Las correlaciones cruzadas son similares a las del modelo anterior, con la única excepción del notable incremento de la correlación entre el consumo privado y el producto, la cual se acerca a la correlación de los datos de la economía americana. La correlación entre el producto de los dos sectores considerados en el modelo es igual a $-0,06$, muy lejos de la que muestran los datos de las economías alemana, italiana y estadounidense. El resultado deja claro que la sustituibilidad entre producciones y la falta de *spillovers* hace que no exista una correlación positiva cercana a la de los datos. En lo que respecta a la persistencia del producto, ésta es superior a la de los datos y prácticamente igual que la del modelo que consideraba un solo sector.

Gráfico 3.3.3. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Tecnológico Positivo en el Sector Especializado en Capital.



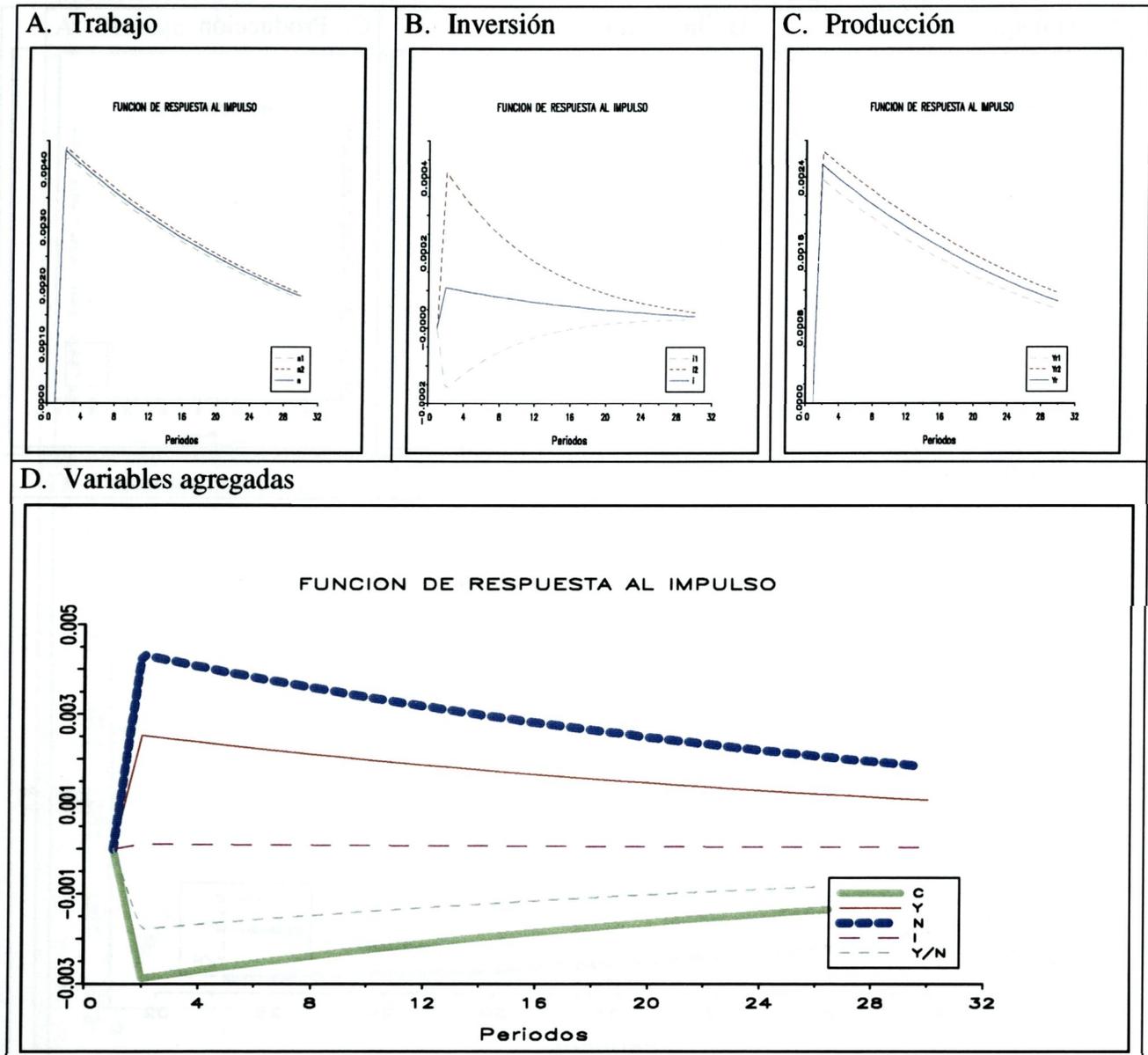
Nota: Las variables son: n1 trabajo del sector especializado en capital, n2 trabajo del sector especializado en trabajo, i1 inversión del sector especializado en capital, i2 inversión del sector especializado en trabajo, y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Gráfico 3.3.4. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Tecnológico Positivo en el Sector Especializado en Trabajo.



Nota: Las variables son: $n1$ trabajo del sector especializado en capital, $n2$ trabajo del sector especializado en trabajo, $i1$ inversión del sector especializado en capital, $i2$ inversión del sector especializado en trabajo, $y1$ producto del sector especializado en capital, $y2$ producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Gráfico 3.3.5. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Positivo en el Sector Público.



Nota: Las variables son: n1 trabajo del sector especializado en capital, n2 trabajo del sector especializado en trabajo, i1 inversión del sector especializado en capital, i2 inversión del sector especializado en trabajo, y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Tabla 3.3.4. Resultados de simular el modelo de un país y dos sectores, con elasticidad elevada ($\rho=0,5$) y sin *spillovers* ($\rho_{12}=0$)

Variable	Dispersión	Dispersión Relativa	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
N	0,85%	0,478	0,013	0,152	0,375	0,630	0,819	0,853	0,705	0,424	0,112	-0,135	-0,270
	<i>0,13%</i>		<i>0,225</i>	<i>0,214</i>	<i>0,174</i>	<i>0,112</i>	<i>0,063</i>	<i>0,065</i>	<i>0,096</i>	<i>0,143</i>	<i>0,182</i>	<i>0,190</i>	<i>0,175</i>
I	4,74%	2,669	-0,067	0,090	0,350	0,654	0,898	0,978	0,854	0,575	0,249	-0,016	-0,170
	<i>0,97%</i>		<i>0,209</i>	<i>0,212</i>	<i>0,177</i>	<i>0,107</i>	<i>0,036</i>	<i>0,008</i>	<i>0,029</i>	<i>0,091</i>	<i>0,153</i>	<i>0,181</i>	<i>0,179</i>
Y1	2,93%	1,649	-0,093	0,023	0,228	0,478	0,688	0,770	0,687	0,477	0,225	0,020	-0,095
	<i>0,53%</i>		<i>0,200</i>	<i>0,205</i>	<i>0,194</i>	<i>0,157</i>	<i>0,116</i>	<i>0,104</i>	<i>0,128</i>	<i>0,172</i>	<i>0,212</i>	<i>0,227</i>	<i>0,221</i>
Y2	2,22%	1,249	-0,055	0,041	0,192	0,368	0,511	0,566	0,511	0,369	0,194	0,044	-0,054
	<i>0,42%</i>		<i>0,237</i>	<i>0,239</i>	<i>0,229</i>	<i>0,205</i>	<i>0,176</i>	<i>0,158</i>	<i>0,162</i>	<i>0,183</i>	<i>0,205</i>	<i>0,216</i>	<i>0,219</i>
Y	1,78%	1,000	-0,113	0,046	0,313	0,633	0,897	1,000	0,897	0,633	0,313	0,046	-0,113
	<i>0,30%</i>		<i>0,192</i>	<i>0,194</i>	<i>0,162</i>	<i>0,096</i>	<i>0,028</i>	<i>0,000</i>	<i>0,028</i>	<i>0,096</i>	<i>0,162</i>	<i>0,194</i>	<i>0,192</i>
Y/N	1,78%	1,003	-0,186	-0,043	0,205	0,512	0,783	0,919	0,871	0,669	0,405	0,173	0,026
	<i>0,32%</i>		<i>0,187</i>	<i>0,200</i>	<i>0,181</i>	<i>0,127</i>	<i>0,069</i>	<i>0,038</i>	<i>0,047</i>	<i>0,101</i>	<i>0,162</i>	<i>0,196</i>	<i>0,205</i>
CP	1,01%	0,568	-0,209	-0,079	0,147	0,433	0,694	0,837	0,815	0,653	0,426	0,221	0,086
	<i>0,20%</i>		<i>0,188</i>	<i>0,206</i>	<i>0,194</i>	<i>0,151</i>	<i>0,101</i>	<i>0,072</i>	<i>0,073</i>	<i>0,112</i>	<i>0,163</i>	<i>0,195</i>	<i>0,208</i>
G	2,35%	1,325	-0,014	0,003	0,039	0,085	0,123	0,138	0,122	0,081	0,030	-0,013	-0,037
	<i>0,42%</i>		<i>0,257</i>	<i>0,256</i>	<i>0,251</i>	<i>0,245</i>	<i>0,246</i>	<i>0,247</i>	<i>0,248</i>	<i>0,245</i>	<i>0,242</i>	<i>0,238</i>	<i>0,236</i>

Nota: Las cifras en cursiva corresponden a los errores estándar. Las variables son: y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, Y/N productividad del trabajo y G gasto público.

3.3.4.2. Segundo escenario

A continuación, se analiza el modelo con $\rho=0,5$ (elasticidad elevada e igual a 2) y con existencia de *spillovers* tecnológicos ($\rho_{12}=0,25$). Las matrices que dirigen el movimiento del modelo se presentan en la tabla 3.3.5.

Tabla 3.3.5. Matrices del modelo: elasticidades respecto las variables de estado ($k1, k2, a1, a2, g$)

$M1, e_t=(k1, k2, a1, a2, g)$	$\Pi, C_t=(n1, n2, i1, i2)$
0,93972 0,02676 0,05754 0,05192 -0,0002	-0,01884 -0,30587 0,77257 0,07117 0,21249
0,02788 0,93271 0,05528 0,06494 0,00052	-0,33606 -0,03630 0,08093 0,79316 0,22013
0,00000 0,00000 0,70000 0,25000 0,00000	-1,41102 1,07058 2,30176 2,07689 -0,00819
0,00000 0,00000 0,25000 0,70000 0,00000	1,11502 -1,69166 2,21115 2,59775 0,02074
0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,97000	

Nota: donde $\hat{e}_{t+1} = M1\hat{e}_t + M2\varepsilon_{t+1}$ y donde $\hat{C}_t = \Pi \hat{e}_t$.

Los efectos cualitativos más importantes de la consideración de los *spillovers* en el proceso estocástico de difusión de la tecnología se centran en la mayor difusión de las mejoras tecnológicas entre sectores, permitiendo que una mejora de la productividad en uno de los dos sectores se traslade al otro. El efecto más importante es el cambio de signo en la respuesta de las variables sectoriales. Estos cambios pueden verse en los tres casos considerados de respuestas a impulsos.

Así, cuando se produce un shock tecnológico positivo en cualquiera de los dos sectores, aumentan a la vez las variables producto, trabajo e inversión de los dos mismos sectores, tal y como se puede apreciar en los gráficos 3.3.6. y 3.3.7. La productividad, por su parte, aumenta de manera acelerada en ambos sectores, no sólo en aquel en el cual se produce el shock.

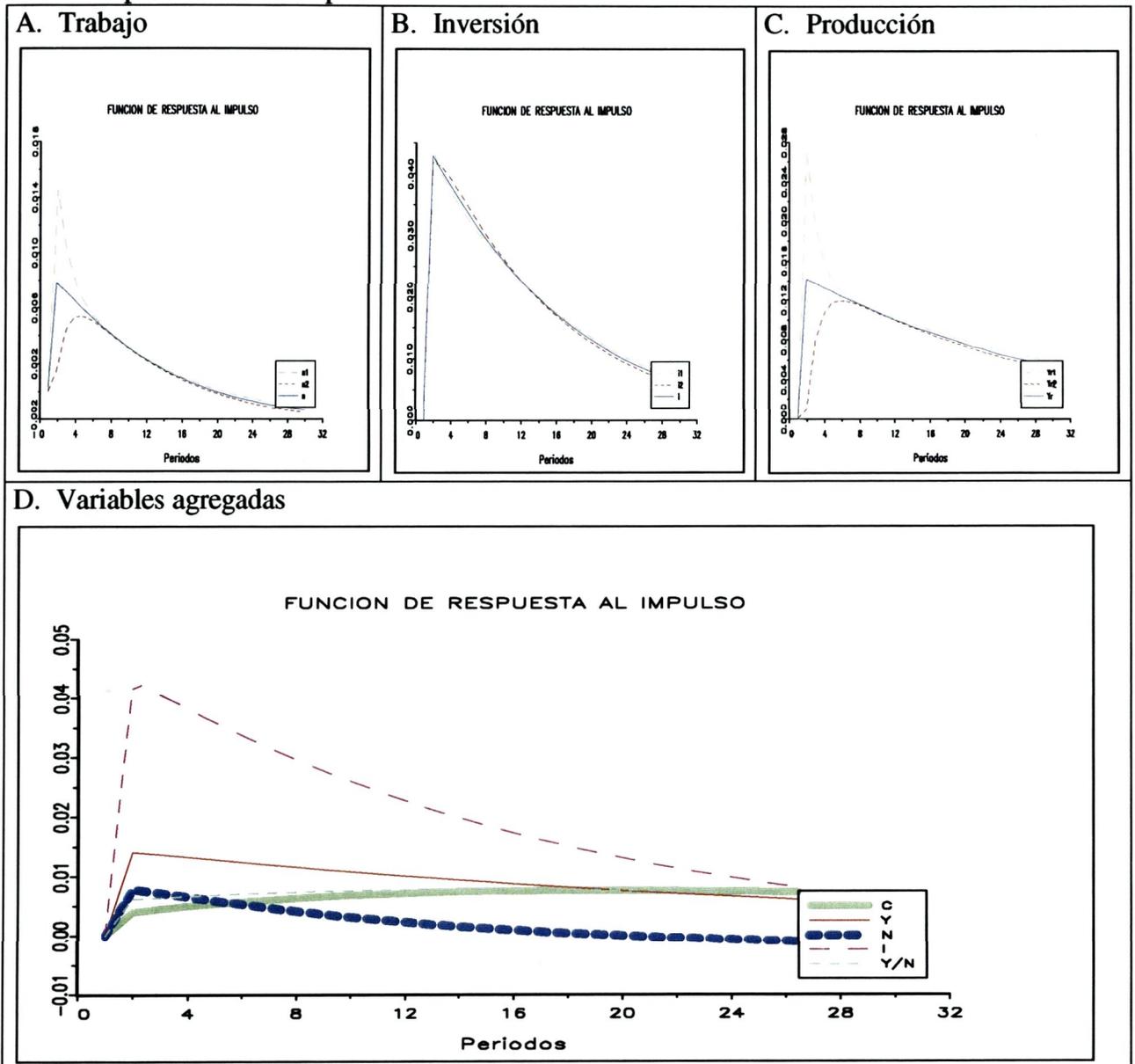
Ante un shock tecnológico de distinto origen, la única diferencia remarcable se encuentra en la inversión sectorial: la inversión del sector especializado en el factor trabajo responde de manera más potente a un shock tecnológico de su propio sector que la inversión del sector especializado en el factor capital a uno del suyo. Este comportamiento es recurrente con respecto a lo que sucedía en el escenario de alta elasticidad y ausencia de *spillovers*.

Las variables agregadas se comportan prácticamente igual que en el escenario anterior, con la única diferencia que ahora la respuesta de algunas variables, como por ejemplo la inversión, es más pronunciada.

Cuando se produce un shock positivo en el proceso del gasto público, tal y como puede verse en el gráfico 3.3.8, el efecto en las demás variables es prácticamente idéntico al del primer escenario.

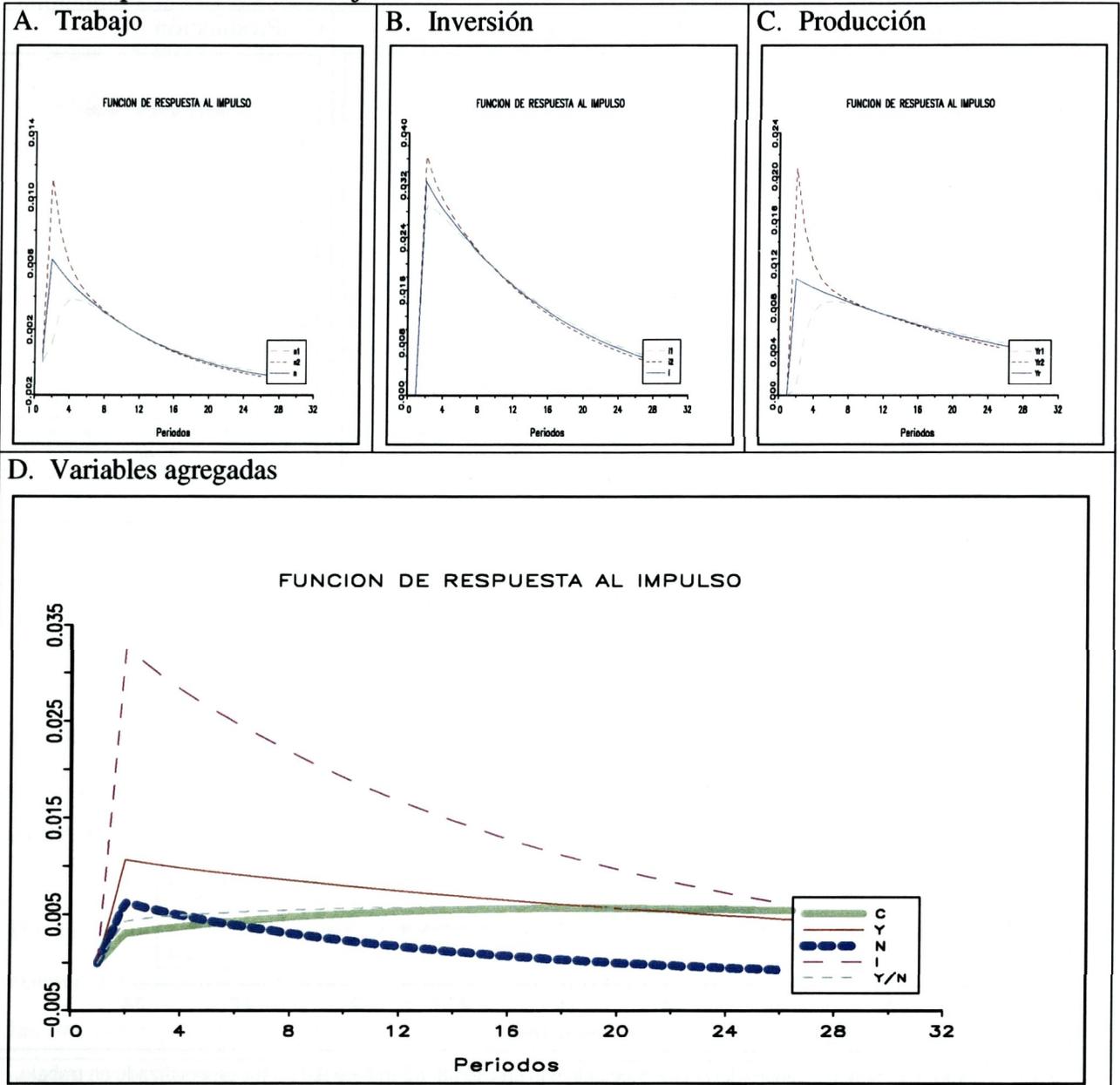
En la tabla 3.3.6 se presentan los resultados de las simulaciones del modelo. Como consecuencia de la introducción de *spillovers*, aumenta significativamente la volatilidad de las variables producto, inversión y empleo, mientras que disminuye la dispersión, absoluta y relativa del consumo. La dispersión de los productos sectoriales disminuye, siendo ésta muy cercana a la dispersión del producto agregado, lo que no se producía en el primer escenario. Este hecho se debe, claramente, a la mayor interrelación entre los movimientos de ambas variables. En lo que respecta a las correlaciones, aumenta la correlación de trabajo con el producto mientras disminuye notablemente la correlación del consumo, el cual incluso está retardado con respecto a la evolución cíclica del producto agregado. También es interesante comprobar cómo las variables sectoriales están en el presente escenario mucho más correlacionadas con el producto agregado que cuando no existían *spillovers*. La correlación entre la producción de los dos sectores del modelo aumenta notablemente, como era de esperar, hasta 0,511, una cifra cercana ya a la de los datos.

Gráfico 3.3.6. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Tecnológico Positivo en el Sector Especializado en Capital.



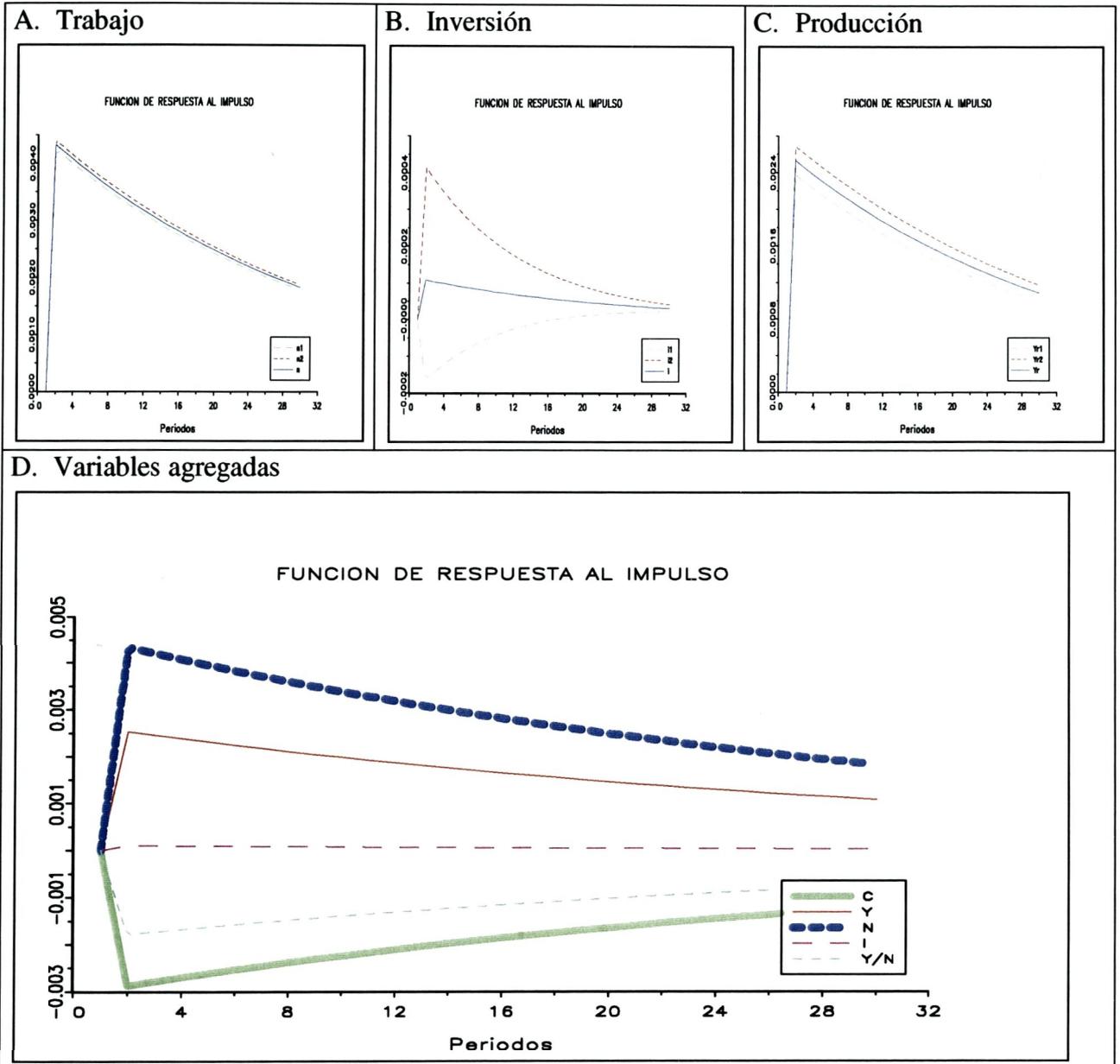
Nota: Las variables son: n1 trabajo del sector especializado en capital, n2 trabajo del sector especializado en trabajo, i1 inversión del sector especializado en capital, i2 inversión del sector especializado en trabajo, y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Gráfico 3.3.7. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Tecnológico Positivo en el Sector Especializado en Trabajo.



Nota: Las variables son: n1 trabajo del sector especializado en capital, n2 trabajo del sector especializado en trabajo, i1 inversión del sector especializado en capital, i2 inversión del sector especializado en trabajo, y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Gráfico 3.3.8. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Positivo en el Sector Público.



Nota: Las variables son: n1 trabajo del sector especializado en capital, n2 trabajo del sector especializado en trabajo, i1 inversión del sector especializado en capital, i2 inversión del sector especializado en trabajo, y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Tabla 3.3.6. Resultados de simular el modelo de un país y dos sectores, con elasticidad elevada ($\rho=0,5$) y con *spillovers* ($\rho_{12}=0,25$)

Variable	Dispersión	Dispersión Relativa	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
N	1,31%	0,618	0,010	0,172	0,420	0,694	0,897	0,938	0,786	0,494	0,163	-0,107	-0,265
	0,25%		<i>0,214</i>	<i>0,202</i>	<i>0,159</i>	<i>0,093</i>	<i>0,035</i>	<i>0,026</i>	<i>0,044</i>	<i>0,086</i>	<i>0,134</i>	<i>0,159</i>	<i>0,156</i>
I	6,78%	3,201	-0,062	0,106	0,369	0,668	0,903	0,978	0,854	0,579	0,254	-0,018	-0,183
	1,45%		<i>0,188</i>	<i>0,182</i>	<i>0,144</i>	<i>0,082</i>	<i>0,025</i>	<i>0,009</i>	<i>0,031</i>	<i>0,088</i>	<i>0,145</i>	<i>0,174</i>	<i>0,172</i>
Y1	2,52%	1,191	-0,085	0,072	0,324	0,610	0,825	0,878	0,741	0,473	0,179	-0,046	-0,162
	0,40%		<i>0,195</i>	<i>0,199</i>	<i>0,173</i>	<i>0,121</i>	<i>0,072</i>	<i>0,054</i>	<i>0,074</i>	<i>0,122</i>	<i>0,168</i>	<i>0,187</i>	<i>0,180</i>
Y2	2,34%	1,103	-0,109	0,026	0,240	0,498	0,730	0,854	0,822	0,648	0,396	0,150	-0,031
	0,39%		<i>0,177</i>	<i>0,177</i>	<i>0,160</i>	<i>0,126</i>	<i>0,090</i>	<i>0,072</i>	<i>0,077</i>	<i>0,103</i>	<i>0,139</i>	<i>0,165</i>	<i>0,174</i>
Y	2,12%	1,000	-0,115	0,056	0,327	0,642	0,900	1,000	0,900	0,642	0,327	0,056	-0,115
	0,37%		<i>0,180</i>	<i>0,177</i>	<i>0,142</i>	<i>0,081</i>	<i>0,024</i>	<i>0,000</i>	<i>0,024</i>	<i>0,081</i>	<i>0,142</i>	<i>0,177</i>	<i>0,180</i>
Y/N	2,14%	1,008	-0,260	-0,112	0,140	0,451	0,733	0,892	0,878	0,714	0,475	0,251	0,096
	0,39%		<i>0,168</i>	<i>0,170</i>	<i>0,148</i>	<i>0,103</i>	<i>0,062</i>	<i>0,041</i>	<i>0,047</i>	<i>0,100</i>	<i>0,163</i>	<i>0,204</i>	<i>0,216</i>
CP	0,80%	0,377	-0,325	-0,210	-0,003	0,267	0,532	0,713	0,762	0,682	0,524	0,357	0,227
	0,14%		<i>0,182</i>	<i>0,186</i>	<i>0,173</i>	<i>0,143</i>	<i>0,113</i>	<i>0,093</i>	<i>0,089</i>	<i>0,120</i>	<i>0,169</i>	<i>0,207</i>	<i>0,225</i>
G	2,36%	1,112	0,020	0,041	0,073	0,108	0,132	0,133	0,111	0,073	0,033	0,001	-0,018
	0,44%		<i>0,284</i>	<i>0,281</i>	<i>0,264</i>	<i>0,253</i>	<i>0,257</i>	<i>0,268</i>	<i>0,273</i>	<i>0,270</i>	<i>0,265</i>	<i>0,263</i>	<i>0,262</i>

Nota: Las cifras en cursiva corresponden a los errores estándar. Las variables son: y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, Y/N productividad del trabajo y G gasto público

3.3.4.3. Tercer escenario

A continuación, se analiza el modelo con $\rho=1,5$ (elasticidad baja e igual a 0,666) y con ausencia de *spillovers* tecnológicos ($\rho_{12}=0$). Las matrices que dirigen el movimiento del modelo se presentan en la tabla 3.3.7.

Tabla 3.3.7. Matrices del modelo: elasticidades respecto las variables de estado ($k1, k2, a1, a2, g$)

$M1, e_t=(k1, k2, a1, a2, g)$	$\Pi, C_t=(n1, n2, i1, i2)$
0,92641 0,03690 0,02896 0,05377 0,00031	-0,26506 -0,09728 0,06122 0,45155 0,21853
0,04358 0,92058 0,05836 0,02969 -0,00006	-0,09140 -0,24484 0,44319 0,05976 0,21435
0,00000 0,00000 0,95000 0,00000 0,00000	-1,94370 1,47593 1,15825 2,15065 0,01231
0,00000 0,00000 0,00000 0,95000 0,00000	1,74326 -2,17669 2,33450 1,18761 -0,00227
0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,97000	

Nota: donde $\hat{e}_{t+1} = M1\hat{e}_t + M2\varepsilon_{t+1}$ y donde $\hat{C}_t = \Pi\hat{e}_t$.

Lo más destacable de emplear una elasticidad baja es comprobar cómo un aumento en la productividad de uno de los sectores influye de manera más pronunciada en las funciones de respuesta al impulso de las variables trabajo e inversión del otro sector. Esto puede apreciarse tanto en las funciones de respuesta al impulso de los gráficos 3.3.9 y 3.3.10, como en las matrices $M1$ y Π de la tabla 3.3.7. Este efecto se debe a la falta de elasticidad de sustitución: cuando se produce un incremento de la productividad en uno de los dos sectores, inmediatamente se tiende a producir más en ese sector para aprovechar la ganancia de

productividad. Sin embargo, el producto agregado no aumentará del mismo modo, debido a que necesita que se aumenten las producciones de los dos sectores de forma similar. Por lo tanto, debe producirse un incremento de la producción en los dos sectores. Pero, como en el sector no agraciado por el shock positivo no se ha dado una ganancia gratuita de la productividad, deberá aumentar mucho más sus factores productivos (capital y trabajo) que el otro sector. Eso es lo que se aprecia en las funciones de respuesta al impulso de capital y trabajo.

Cuando se produce un shock de productividad positivo en el sector especializado en capital, aumenta mucho más el trabajo y la inversión en el otro sector, el especializado en el factor trabajo. El efecto inmediato es, por supuesto, una disminución de la productividad del sector especializado en trabajo. La situación inversa se da cuando el shock tecnológico se ha producido en el sector especializado en el factor trabajo, con pocas variaciones sobre el caso anterior.

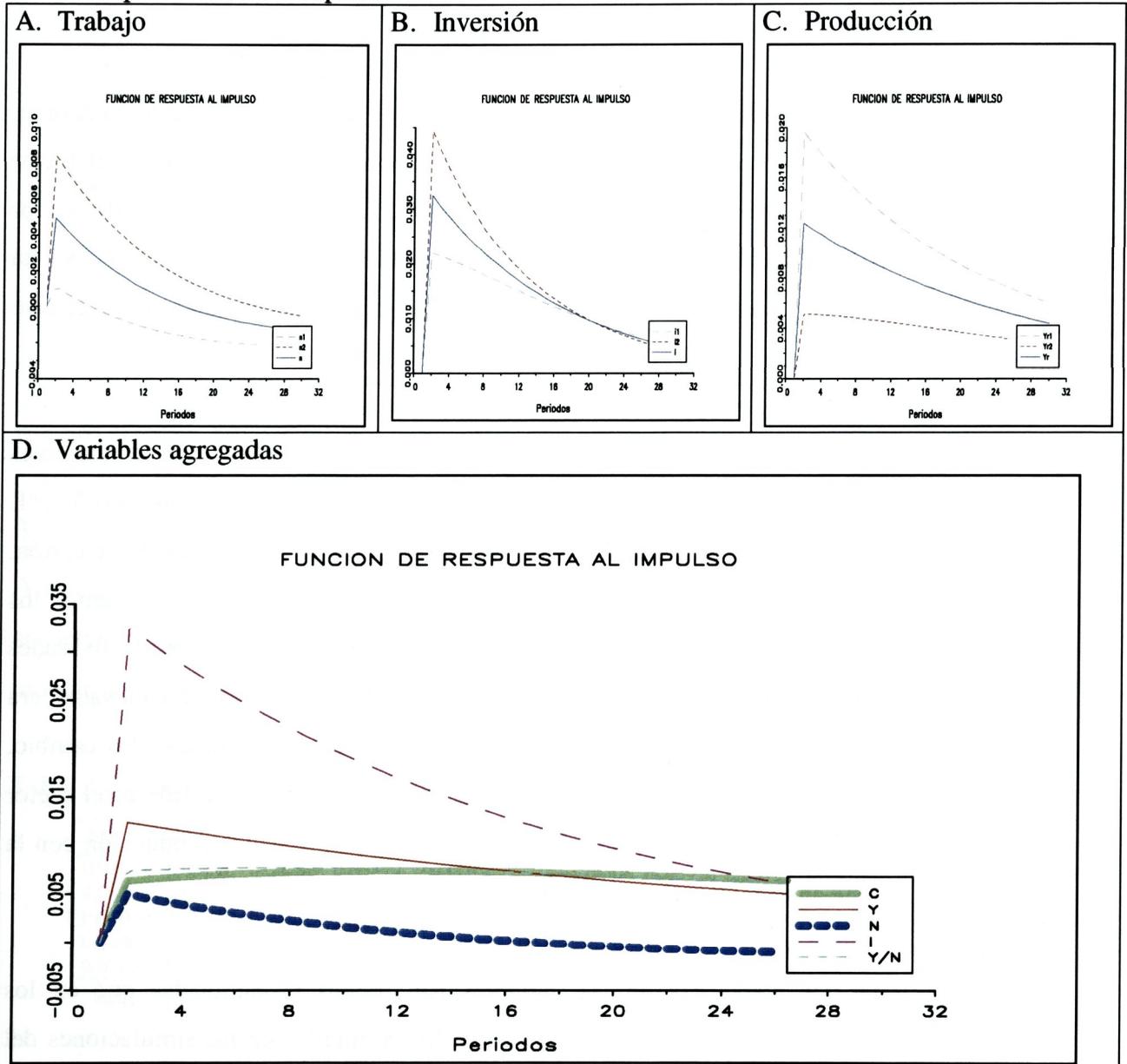
Cuando el shock que se produce se da en el gasto público, los movimientos de las variables agregadas son muy parecidas a los casos anteriores, como puede verse en el gráfico 3.3.11. La diferencia más importante se da en la variación de las variables sectoriales de inversión. Así, para que se produzca un aumento de la producción agregada, deben aumentar los factores productivos y más en concreto el trabajo. Para que se mantengan las productividades marginales de los factores, cuando teníamos una elasticidad de sustitución elevada, era necesario que aumentase más la inversión del sector especializado en trabajo. En cambio, ahora, con una elasticidad mucho más baja, el sector que aumenta su inversión es el sector especializado en capital, como consecuencia de que no se puede sustituir producción con la misma facilidad que antes.

En general, todas las respuestas de las variables son menos pronunciadas que en los escenarios anteriores. En la tabla 3.3.8. se presentan los resultados de las simulaciones del modelo y permiten apreciar cómo las dispersiones de las variables agregadas son aproximadamente iguales, mientras que las dispersiones de las variables sectoriales son más bajas que en el primer escenario, tal y como se podía sospechar tras el análisis de las funciones de respuesta al impulso.

Las correlaciones de las variables agregadas con el producto agregado son muy similares a las del primer escenario, mientras que las correlaciones de las variables sectoriales son más

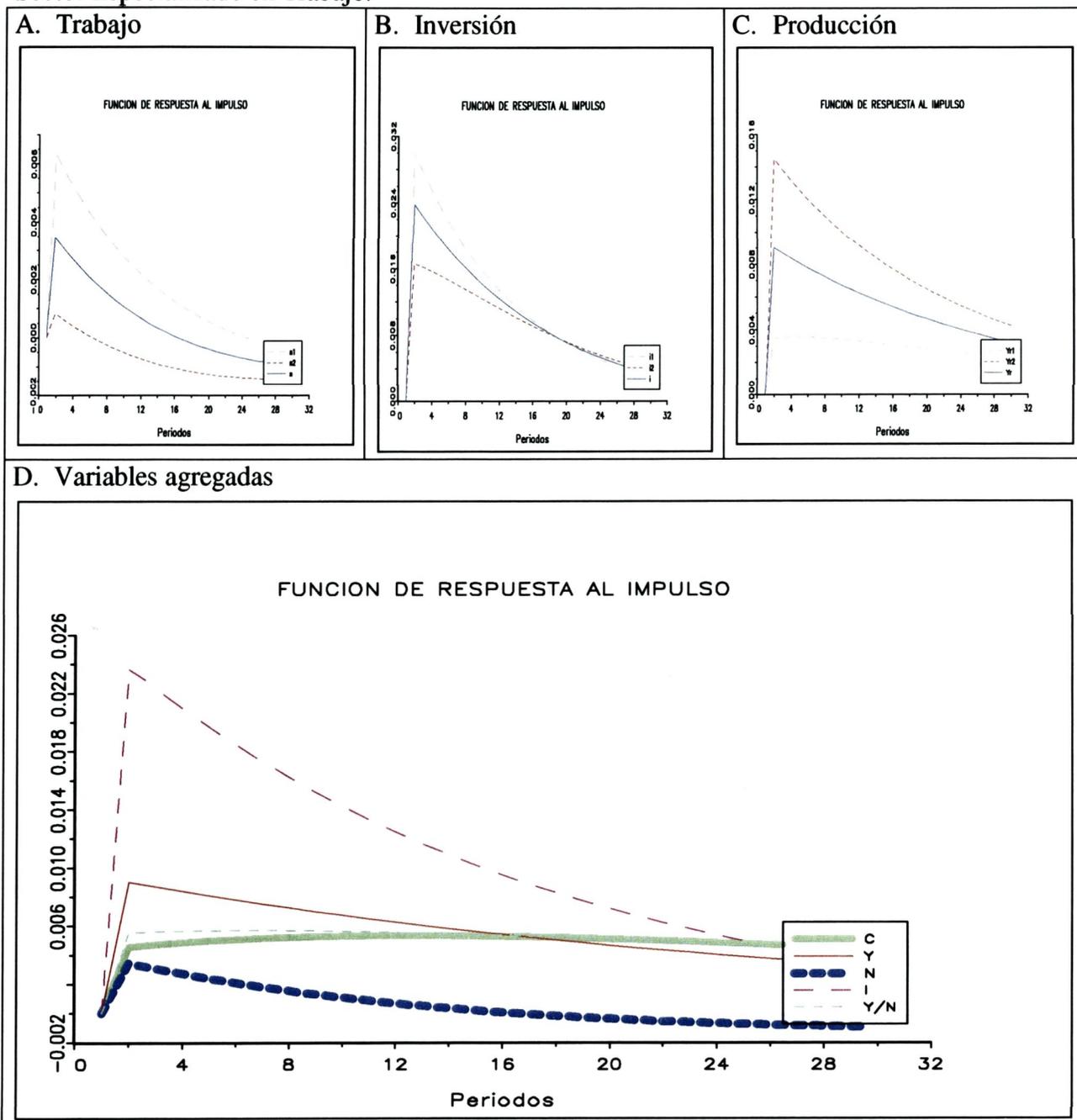
altas en este caso que en el anterior, debido a que existen necesidades tecnológicas de que el trabajo y la inversión se comporten en el mismo sentido que el ciclo del producto. La correlación entre la producción de los dos sectores es elevada e igual a 0,477, lo que era de esperar.

Gráfico 3.3.9. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Tecnológico Positivo en el Sector Especializado en Capital.



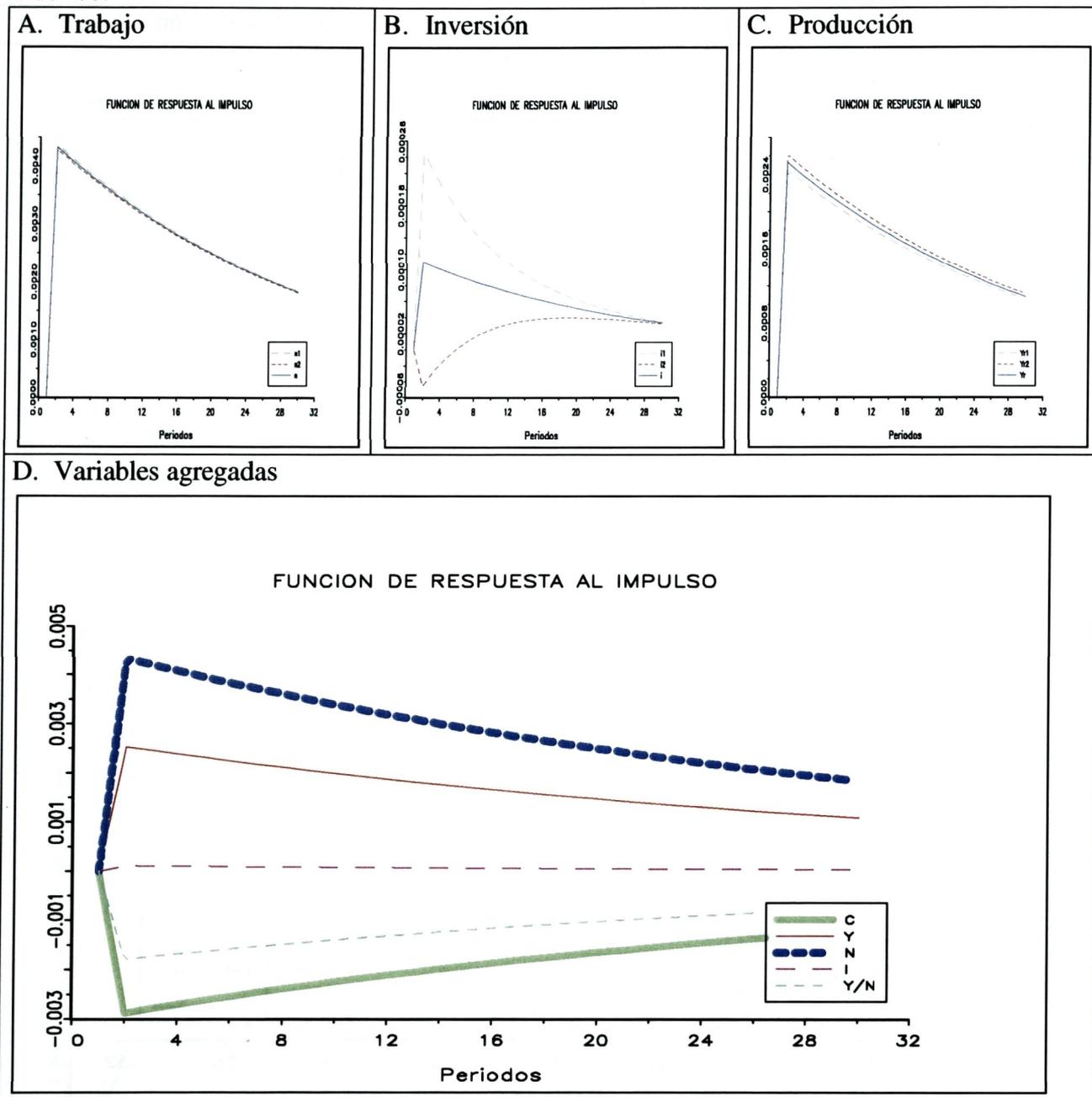
Nota: Las variables son: n1 trabajo del sector especializado en capital, n2 trabajo del sector especializado en trabajo, i1 inversión del sector especializado en capital, i2 inversión del sector especializado en trabajo, y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Gráfico 3.3.10. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Tecnológico Positivo en el Sector Especializado en Trabajo.



Nota: Las variables son: n1 trabajo del sector especializado en capital, n2 trabajo del sector especializado en trabajo, i1 inversión del sector especializado en capital, i2 inversión del sector especializado en trabajo, y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Gráfico 3.3.11. Funciones de Respuesta al Impulso ante un Shock Positivo en el Sector Público.



Nota: Las variables son: $n1$ trabajo del sector especializado en capital, $n2$ trabajo del sector especializado en trabajo, $i1$ inversión del sector especializado en capital, $i2$ inversión del sector especializado en trabajo, $y1$ producto del sector especializado en capital, $y2$ producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, e Y/N productividad del trabajo.

Tabla 3.3.8. Resultados de simular el modelo de un país y dos sectores, con elasticidad baja ($\rho=1,5$) y sin *spillovers* ($\rho_{12}=0$)

Variable	Dispersión	Dispersión Relativa	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
N	0,83% <i>0,15%</i>	0,480	-0,023 <i>0,212</i>	0,113 <i>0,207</i>	0,340 <i>0,178</i>	0,607 <i>0,126</i>	0,812 <i>0,077</i>	0,862 <i>0,061</i>	0,724 <i>0,081</i>	0,449 <i>0,122</i>	0,140 <i>0,160</i>	-0,102 <i>0,176</i>	-0,233 <i>0,178</i>
I	4,58% <i>0,93%</i>	2,647	-0,054 <i>0,175</i>	0,099 <i>0,168</i>	0,356 <i>0,139</i>	0,660 <i>0,083</i>	0,902 <i>0,028</i>	0,976 <i>0,011</i>	0,846 <i>0,036</i>	0,560 <i>0,088</i>	0,229 <i>0,138</i>	-0,037 <i>0,159</i>	-0,187 <i>0,157</i>
Y1	2,23% <i>0,40%</i>	1,291	-0,095 <i>0,188</i>	0,046 <i>0,184</i>	0,283 <i>0,164</i>	0,567 <i>0,121</i>	0,800 <i>0,077</i>	0,888 <i>0,054</i>	0,793 <i>0,068</i>	0,557 <i>0,108</i>	0,274 <i>0,146</i>	0,043 <i>0,162</i>	-0,091 <i>0,167</i>
Y2	1,77% <i>0,33%</i>	1,023	-0,103 <i>0,188</i>	0,021 <i>0,195</i>	0,238 <i>0,185</i>	0,503 <i>0,150</i>	0,727 <i>0,105</i>	0,819 <i>0,079</i>	0,740 <i>0,092</i>	0,524 <i>0,128</i>	0,259 <i>0,163</i>	0,036 <i>0,186</i>	-0,096 <i>0,196</i>
Y	1,73% <i>0,31%</i>	1,000	-0,112 <i>0,165</i>	0,043 <i>0,160</i>	0,308 <i>0,133</i>	0,630 <i>0,078</i>	0,897 <i>0,023</i>	1,000 <i>0,000</i>	0,897 <i>0,023</i>	0,630 <i>0,078</i>	0,308 <i>0,133</i>	0,043 <i>0,160</i>	-0,112 <i>0,165</i>
Y/N	1,73% <i>0,31%</i>	1,000	-0,158 <i>0,166</i>	-0,018 <i>0,160</i>	0,227 <i>0,140</i>	0,531 <i>0,099</i>	0,796 <i>0,056</i>	0,922 <i>0,037</i>	0,863 <i>0,058</i>	0,651 <i>0,109</i>	0,377 <i>0,160</i>	0,142 <i>0,188</i>	-0,004 <i>0,193</i>
CP	0,98% <i>0,18%</i>	0,564	-0,169 <i>0,177</i>	-0,042 <i>0,170</i>	0,181 <i>0,154</i>	0,462 <i>0,120</i>	0,714 <i>0,081</i>	0,844 <i>0,063</i>	0,807 <i>0,083</i>	0,628 <i>0,129</i>	0,388 <i>0,175</i>	0,177 <i>0,202</i>	0,042 <i>0,208</i>
G	2,27% <i>0,39%</i>	1,313	-0,081 <i>0,249</i>	-0,057 <i>0,248</i>	-0,008 <i>0,243</i>	0,057 <i>0,240</i>	0,118 <i>0,238</i>	0,155 <i>0,236</i>	0,155 <i>0,242</i>	0,126 <i>0,252</i>	0,085 <i>0,263</i>	0,047 <i>0,268</i>	0,022 <i>0,267</i>

Nota: Las cifras en cursiva corresponden a los errores estándar. Las variables son: y1 producto del sector especializado en capital, y2 producto del sector especializado en trabajo, Y producto, C consumo privado, I inversión, N trabajo, Y/N productividad del trabajo y G gasto público

3.3.4.4. Cuarto escenario

A continuación, se analiza el modelo con $\rho=1,5$ (elasticidad baja e igual a 0,666) y con presencia de *spillovers* tecnológicos ($\rho_{12}=0,25$). Las matrices que dirigen el movimiento del modelo se presentan en la tabla 3.3.9.

Tabla 3.3.9. Matrices del modelo: elasticidades respecto las variables de estado ($k1, k2, a1, a2, g$)

$M1, e_t=(k1, k2, a1, a2, g)$	$\Pi, C_t=(n1, n2, i1, i2)$
0,92641 0,03690 0,05340 0,05611 0,00031	-0,26506 -0,09728 0,24148 0,62523 0,21853
0,04358 0,92058 0,06244 0,05755 -0,00006	-0,09140 -0,24484 0,61999 0,23011 0,21435
0,00000 0,00000 0,70000 0,25000 0,00000	-1,94370 1,47593 2,13618 2,24446 0,01231
0,00000 0,00000 0,25000 0,70000 0,00000	1,74326 -2,17669 2,49777 2,30215 -0,00227
0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,97000	

Nota: donde $\hat{e}_{t+1} = M1\hat{e}_t + M2\varepsilon_{t+1}$ y donde $\hat{C}_t = \Pi \hat{e}_t$.

En este último escenario a la falta de sustituibilidad entre sectores se le suma el efecto de "contagio" de las mejoras de productividad. En las matrices $M1$ y Π se puede ver cómo los coeficientes de las variables que corresponden a los shocks tecnológicos siguen teniendo la misma peculiaridad que en el tercer escenario: son más elevados en sus sectores "opuestos", como consecuencia de la falta de sustituibilidad. Sin embargo, ahora, esas diferencias son menores que antes, debido al efecto de los *spillovers*.

En los gráficos 3.3.12 a 3.3.14. se presentan las funciones de respuesta al impulso de las variables y puede comprobarse cómo tienen elementos de lo analizado anteriormente. Cuando se produce un shock tecnológico positivo en el sector especializado en capital, aumenta más la variable inversión o la variable trabajo del otro sector, pero las diferencias no son tan grandes como lo que encontrábamos en el tercer escenario, de manera que los incrementos de los factores son muy parecidos.

En la tabla 3.3.10. se presentan los resultados de las simulaciones del modelo y permiten apreciar cómo las dispersiones de todas las variables son aproximadamente iguales al segundo escenario, lo que estaría indicando la mayor importancia de los *spillovers* en este aspecto. Las correlaciones de las variables con el producto agregado son, en este escenario, las más elevadas. Sobre todo en lo que respecta a las variables sectoriales. Este hecho es consecuencia directa, tanto de la menor posibilidad de sustitución entre producción de los dos sectores, como de la mayor interrelación de los shocks tecnológicos sectoriales a través de las difusiones tipo *spillover*. La correlación de los productos sectoriales entre sí es igual a 0,816, la más alta de los cuatro escenarios previstos.