



UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS DE MADRID

Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales

Departamento de Economía Financiera y Contabilidad II

TESIS DOCTORAL

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INVERSIÓN EN
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO MEDIANTE
MODELOS MULTISECTORIALES COMO VEHÍCULO
PARA IMPLANTAR LA BIOECONOMÍA EN LA
COMUNIDAD DE MADRID**

Directores de la Tesis Doctoral:

Dra. D^a. Ángeles Cámara Sánchez

Dr. D. José Ramón Monrobel Alcántara

Autora: Ana Medina López

Madrid, Julio de 2012

"Considero a los paradigmas como realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica"

Thomas Kuhn (1922-1996)

La estructura de las revoluciones científicas

A mi familia

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XI
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	XV
1.1 Presentación y motivación.....	17
1.2 Objetivos y metodología	21
1.3 Contenidos y Estructura	28
1.4 Agradecimientos.....	30
PARTE I: MARCO CONCEPTUAL.....	33
CAPÍTULO 2 EL CONCEPTO BIOECONOMÍA Y LA I+D	35
2.1 Definición de Bioeconomía.....	37
2.1.1 <i>La Bioeconomía como disciplina emergente.....</i>	<i>37</i>
2.1.2 <i>El interés de la Bioeconomía en un análisis de estructura económica</i>	<i>40</i>
2.1.3 <i>Situación actual en materia de Bioeconomía.....</i>	<i>46</i>
2.2 La I+D	49
2.2.1 <i>Introducción y definición</i>	<i>49</i>
2.2.2 <i>La I+D en el VII Programa Marco de la Unión Europea</i>	<i>51</i>
2.2.3 <i>Marco regulador de la I+D en España.....</i>	<i>53</i>
2.2.4 <i>Estadística sobre actividades en I+D</i>	<i>55</i>
2.2.5 <i>Trayectoria del gasto en I+D a nivel nacional.....</i>	<i>56</i>
2.2.6 <i>El estrecho vínculo entre las estrategias de I+D y la Innovación</i>	<i>58</i>
2.3 La inversión en I+D: vehículo para implantar la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid.....	61
2.3.1 <i>El vínculo entre Bioeconomía e I+D</i>	<i>63</i>
2.3.2 <i>La I+D en la Comunidad de Madrid</i>	<i>64</i>
CAPÍTULO 3 MODELOS MULTISECTORIALES DE SIMULACIÓN DE IMPACTOS	67
3.1 Introducción	69
3.2 Los modelos SAM lineales.....	70
3.2.1 <i>Los antecedentes: las tablas Input-Output.....</i>	<i>70</i>
3.2.2 <i>Los datos: la Matriz de Contabilidad Social.....</i>	<i>72</i>
3.2.3 <i>Construcción de una Matriz de Contabilidad Social</i>	<i>76</i>
3.2.4 <i>Los modelos SAM de multiplicadores lineales.....</i>	<i>79</i>
3.3 Los Modelos de Equilibrio General Aplicado (MEGA) Estáticos	83
3.3.1 <i>Desarrollo histórico de los MEGA</i>	<i>84</i>
3.3.2 <i>Estructura de un MEGA.....</i>	<i>89</i>
3.3.3 <i>Formulación del modelo</i>	<i>91</i>
3.3.3.1 <i>Especificación de los agentes.....</i>	<i>92</i>
3.3.3.2 <i>Concepto de equilibrio general.....</i>	<i>97</i>
3.3.4 <i>Calibración del modelo. Equilibrio de referencia</i>	<i>99</i>
3.3.5 <i>Los MEGAs como instrumento de simulación de políticas económicas</i>	<i>100</i>
3.3.5.1 <i>Elección del numerario</i>	<i>101</i>
3.3.5.2 <i>Unicidad del equilibrio</i>	<i>102</i>

3.4	Modelos de equilibrio general (MEGA) Dinámicos	103
3.4.1	<i>El modelo Neoclásico determinista de Ramsey-Kass-Koopmans</i>	106
3.4.1.1	<i>El problema de Ramsey</i>	106
3.4.1.2	<i>La solución de Kuhn-Tucker en tiempo discreto y horizonte finito</i> ..	109
3.4.1.3	<i>La programación dinámica en tiempo continuo y la transición hacia el estado estacionario</i>	111
3.4.1.4	<i>La extensión del Teorema de Kuhn-Tucker en tiempo discreto y horizonte infinito</i>	116
3.4.2	<i>El modelo de Solow y Swan</i>	119
3.4.3	<i>El modelo de Generaciones Solapadas</i>	124
PARTE II: APLICACIÓN EMPÍRICA		127
CAPÍTULO 4 EL MODELO SAM DE MULTIPLICADORES: SIMULACIÓN DE IMPACTOS DE INVERSIÓN EN I+D		129
4.1	La SAM de la Comunidad de Madrid referida al año 2005: SAMMAD_05	131
4.1.1	<i>Estructura de la SAMMAD_05</i>	132
4.1.2	<i>Elaboración de la SAM de la Comunidad de Madrid para el año 2005</i>	134
4.2	Análisis de la estructura económica de la Comunidad de Madrid a través de la SAMMAD_05	138
4.2.1	<i>El Modelo lineal</i>	138
4.2.2	<i>Alcance de la inversión en I+D</i>	139
4.2.3	<i>La Bioeconomía en el modelo SAM de multiplicadores lineales</i>	141
4.2.4	<i>Identificación de los sectores I+D en la Comunidad de Madrid</i>	143
4.2.5	<i>Simulación del shock de inversión en I+D</i>	144
4.2.6	<i>Multiplicadores de empleo</i>	149
4.3	Conclusiones sobre la simulación de impactos de inversión en I+D a través del Modelo SAM Lineal	152
CAPÍTULO 5 UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO DINÁMICO: SIMULACIÓN DE IMPACTOS DE INVERSIÓN EN I+D		155
5.1	Introducción	157
5.2	El modelo	160
5.2.1	<i>Productores</i>	160
5.2.1.1	<i>El objetivo intertemporal del productor</i>	163
5.2.1.2	<i>Optimización intratemporal del productor</i>	167
5.2.2	<i>Consumidores</i>	169
5.2.2.1	<i>El objetivo del consumidor a largo plazo</i>	170
5.2.2.2	<i>Optimización intratemporal del consumidor</i>	172
5.2.3	<i>El Gobierno</i>	172
5.2.4	<i>Sector exterior</i>	174
5.2.5	<i>Ahorro e Inversión</i>	175
5.2.6	<i>Vaciado de Mercados y Equilibrio</i>	175
5.3	Calibración de los parámetros del modelo	177
5.3.1	<i>Parámetros de los sectores productivos</i>	178
5.3.2	<i>Parámetros del consumidor</i>	180
5.3.3	<i>Parámetros del sector público</i>	180
5.4	Simulación de impactos de inversión en I+D en el MEGA Dinámico.....	182
5.5	Análisis de los resultados	185
CAPÍTULO 6 RESUMEN Y CONCLUSIONES		195
BIBLIOGRAFÍA		215

ANEXO I.	SAM DEL AÑO 2005 A PRECIOS BÁSICOS	235
ANEXO II.	TABLAS DE VALORES CALIBRADOS DEL MEGA DINÁMICO	243
ANEXO III.	ECUACIONES DEL MEGA DINÁMICO.....	255
ANEXO IV.	VARIABLES Y PARÁMETROS DEL MEGA DINÁMICO	261
ANEXO V.	EFFECTOS SIMULADOS DEL MEGA DINÁMICO.....	269

ÍNDICE DE TABLAS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Planes Regionales de Investigación Científica e Innovación Tecnológica en la Comunidad de Madrid	61
Tabla 2: Porcentaje de gastos en I+D respecto al PIB pm de la Comunidad de Madrid. Serie 2000-2010.	64
Tabla 3: Grupos de cuentas implicadas en una SAM	136
Tabla 4: Cuentas de la SAM de la Comunidad de Madrid desagregada	137
Tabla 5: Clasificación de las cuentas de la SAMMAD_05	141
Tabla 6: Sectores I+D seleccionados	144
Tabla 7: Variación del output total de las cuentas endógenas al inyectar un 1,2% del PIB en sectores ligados a la Bioeconomía (miles de euros)	146
Tabla 8: Variación del output total de las cuentas receptoras directas	147
Tabla 9: Efectos directos, indirectos y totales tras el shock de inversión en los sectores ligados a la Bioeconomía (miles de euros)	148
Tabla 10: Multiplicadores de empleo normalizados de la economía de la Comunidad de Madrid para el año 2005	150
Tabla 11: Regla de reparto de la Inversión en I+D	182
Tabla 12. SAMMAD_05 a precios básicos (Miles de euros)	237
Tabla 13: Parámetros técnicos y de escala del Valor Añadido sectorial	245
Tabla 14: Parámetros técnicos y de escala de la Producción Total sectorial	246
Tabla 15: Coeficientes fijos de la función de producción doméstica	247
Tabla 16: Coeficientes fijos de la función de producción doméstica	248
Tabla 17: Parámetros de la función de utilidad del consumidor	253
Tabla 18: Tasas de impuestos indirectos	254
Tabla 19: Ecuaciones del MEGA dinámico	257
Tabla 20. Notación matemática de variables y parámetros del modelo	263
Tabla 21. Valores de la producción total de los sectores productivos	271
Tabla 22. Precio de venta de los bienes	273

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Objetivos, metodologías y resultados esperados	24
Gráfico 2: Estructura de la tesis doctoral	28
Gráfico 3: Integración entre aplicaciones biotecnológicas	38
Gráfico 4: La economía como un sistema cerrado (economía clásica)	39
Gráfico 5: La economía como sistema abierto: la economía ecológica	39
Gráfico 6: Situación de España en materia de gasto en I+D a nivel internacional	52
Gráfico 7: Intensidad de gasto en I+D entre las regiones españolas	56
Gráfico 8: Evolución del gasto en I+D en España	56
Gráfico 9: Evolución del gasto en I+D en España respecto al PIB en cifras	57
Gráfico 10: Evolución del gasto en I+D en la Comunidad de Madrid	63
Gráfico 11: Esquema de una tabla input-output	71
Gráfico 12: El flujo circular de la renta en una economía abierta	77
Gráfico 13. Etapas en la elaboración de un MEGA	90
Gráfico 14: Desarrollo de un MEGA Dinámico	105
Gráfico 15: El diagrama de fases del Modelo de Ramsey	113
Gráfico 16: Cuatro regiones en el diagrama de fases del Modelo de Ramsey	114
Gráfico 17: Esquema de una SAM	133
Gráfico 18: Secuencia en la elaboración de la SAMMAD_05	134
Gráfico 19: Estructura de la función de producción anidada	161
Gráfico 20: Shock de inversión en I+D	183
Gráfico 21: Variación de la producción de los sectores receptores directos de la inversión en I+D	186
Gráfico 22: Variación de la producción de los sectores no receptores directos de la inversión en I+D	187
Gráfico 23: Impacto del shock de inversión en I+D sobre la evolución de los precios de los bienes de los sectores receptores directos	188
Gráfico 24: Evolución del IPC	189
Gráfico 25: Variación de la producción real de los sectores productivos receptores directos	189
Gráfico 26: Variación de la producción real de los sectores productivos no receptores directos	190
Gráfico 27: Variación de la producción de los sectores productivos en euros (Modelo Lineal SAM y MEGA dinámico)	191
Gráfico 28: Evolución del Consumo de los hogares	192
Gráfico 29: Impacto sobre el PIB nominal	194

Gráfico 30: Objetivos conseguidos en esta tesis doctoral	201
Gráfico 31: Proceso generador ahorro-inversión.....	209

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN Y MOTIVACIÓN

Con el presente trabajo de investigación se pretende realizar un análisis que combine fundamentos científicos matemáticos y económicos con el fin de simular el potencial de la economía de la Comunidad de Madrid para evolucionar por la vía de la inversión en investigación y desarrollo (en adelante I+D). Se tomará como referencia la información contenida en la Matriz de Contabilidad Social del año 2005, que se construirá en esta tesis, para estudiar conjuntamente su estructura económica y los sectores relacionados con la evolución del modelo de desarrollo económico de la región hacia uno basado en la Bioeconomía.

Con el fin de profundizar en el estudio de los sectores vinculados a la Bioeconomía, se presenta una descripción del término que fundamente la aplicación de dos modelos de multisectoriales aplicados a la Comunidad de Madrid, construidos para la simulación de políticas de inversión en I+D. Mediante la elaboración de dichos modelos se analizará el marco económico que condiciona el impacto del fenómeno inversor en I+D sobre los agregados macroeconómicos que resumen la estructura económico-social de la economía madrileña.

La idea principal sobre la que se articula esta tesis consiste en analizar la implantación de un modelo de desarrollo de carácter transversal basado en la inversión en I+D como antesala de la innovación. La Bioeconomía aparece así definida en este trabajo como paradigma según el cual la transferencia de tecnología y conocimiento, entre los diferentes sectores y agentes que operan en una economía, permita realizar un uso más eficiente de los recursos con una perspectiva del largo plazo.

La motivación por el uso eficiente de los recursos es el elemento inspirador de esta tesis, donde la integración de aplicaciones biotecnológicas resulta ser clave, por ello se pone de manifiesto que la transferencia de conocimiento gira en torno a tres ejes principales: sector primario, salud e industria. De modo que cobran especial relevancia la investigación y el desarrollo en áreas específicas tales como química

fina, la biomasa, alimentos y fármacos y por último diagnósticos y tratamientos. Asociadas a estas áreas específicas aparecen otras más genéricas como la industria de alta y media tecnología, las comunicaciones, la educación y los servicios a empresas, cuya innovación, fruto de la inversión en I+D, permitirá trasladar sus hallazgos al resto de sectores.

Siendo conscientes de que la transferencia de conocimiento y de tecnología al entramado productivo es un proceso a largo plazo, el objetivo último de este trabajo consiste en la medición de impactos de inversión en I+D, en el contexto de una estrategia de crecimiento a largo plazo a través de la Bioeconomía, lo que implica un planteamiento intersectorial e interdisciplinar. Por tanto este estudio posee matices de economía ecológica en su planteamiento desde el momento en que la implantación de la Bioeconomía es su elemento inspirador, pero no es el objeto de este trabajo la simulación de impactos ambientales, sino la simulación de un shock de inversión en I+D que afecte de modo transversal a los sectores de la economía implicados en el uso de las nuevas tecnologías y los procesos para la Bioeconomía y el fomento de la vertiente “bio” en los mercados.

Según la Comisión Europea el término “Bioeconomía” significa una economía que combina diferentes tipos de recursos biológicos, además de los residuos, y los utiliza como insumos para la producción de alimentos y piensos, así como para la producción industrial y energética. El planteamiento de la Bioeconomía implicaría, de este modo, sinergias entre las políticas de medio ambiente, industria, empleo, energía y sanidad.

Varios países europeos, como Alemania, Dinamarca, Finlandia, Irlanda y los Países Bajos ya tienen estrategias en materia de Bioeconomía. A escala Internacional Canadá y Estados Unidos están desarrollando sus propias estrategias en esta materia e incluso se estima que Sudáfrica y China estarían avanzando en el diseño de estrategias en materia de Bioeconomía, en cooperación con la Unión Europea. Para España y en concreto para la Comunidad de Madrid, supone un reto como elemento

dinamizador de la actividad en territorios que cuenten con recursos medioambientales.

La naturaleza nos proporciona energía, recursos y un ecosistema necesarios para sustentar la vida y permitir la producción de bienes dentro de un entramado económico. Disponemos de unos recursos que son limitados y el ser humano con su desarrollo ejerce un desgaste y deterioro del sistema. Ante esta situación, al preguntarnos de qué medios disponemos para enfrentarnos a este reto, surge uno de los posibles caminos que consiste en esforzarnos en investigar y desarrollar tecnologías encaminadas hacia el uso eficiente de los recursos, a través de las aplicaciones informáticas, de la formación de capital humano y desde los centros de investigación científica. Una inversión en conocimiento y transferencia tecnológica que permita comenzar a implantar la Bioeconomía.

Con ánimo de contextualizar la modelización, tanto económica como matemática, propuesta en este trabajo y su adecuación al estudio de impactos de inversión en I+D, se realizará un breve repaso de sus antecedentes. En este sentido los economistas clásicos, aportaron muchos de los conceptos y enfoques que aparecen en las teorías modernas del crecimiento económico. Especialmente sus ideas en torno a la dinámica del comportamiento competitivo y del equilibrio; los rendimientos decrecientes y la acumulación de capital físico y humano; la interacción entre la renta per cápita y la tasa de crecimiento de la población; los efectos del avance tecnológico, el aumento de la especialización del trabajo y las invenciones de nuevos bienes y métodos de producción; y, por último, el avance tecnológico.

En este estudio se partirá de estas nociones con especial aplicación al caso que nos ocupa, el fomento de la inversión en I+D en la Comunidad de Madrid como medio para implantar la Bioeconomía, y nos centraremos en las aportaciones matemáticas a la tradición neoclásica a partir de finales de los cincuenta. Utilizaremos la metodología y el lenguaje neoclásico y nos apoyaremos en conceptos como capitales stock de capital agregado, las funciones de producción agregadas y las funciones de utilidad de los consumidores representativos (con horizonte

temporal infinito). También utilizaremos métodos matemáticos modernos de optimización dinámica y ecuaciones diferenciales.

Nos enfrentaremos a la elaboración de un modelo económico marcado por el fomento del conocimiento y la tecnología, en el caso particular del entramado productivo de la economía de la Comunidad de Madrid. A tal fin, elaboraremos y aplicaremos dos modelos: un primer modelo lineal de multiplicadores y un segundo modelo de equilibrio general aplicado dinámico, instrumentos destinados al análisis del impacto de un shock de inversión en I+D en la región, en determinados sectores relevantes, como primer paso para implantar la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid.

1.2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

La presente tesis persigue la consecución de cuatro objetivos principales:

El *primer objetivo* consiste en definir el fenómeno de la Bioeconomía y su vínculo con la inversión en I+D, así como describir la situación en esta materia en la Comunidad de Madrid.

La elección de la Comunidad de Madrid viene avalada por representar un marco territorial con relevancia y potencialidades propias respecto a las regiones de su entorno en los ámbitos económico, productivo, tecnológico, científico, financiero, social y medioambiental. Por ello es susceptible de ser objeto de un análisis macroeconómico con relación a la inversión en I+D en su entramado productivo, económico y social.

Con este propósito se plantea el *segundo objetivo* de esta tesis, que consiste en elaborar un análisis formalizado de la estructura económica a través de un primer modelo multisectorial: el Modelo de Equilibrio General Lineal. Para ello, hemos estimado la Matriz de Contabilidad Social de la Comunidad de Madrid del año 2005 (en adelante SAMMAD_05), lo que permitirá analizar las interrelaciones existentes entre los agentes operantes en esta economía. Simularemos con esta herramienta la evolución del modelo productivo de la Comunidad de Madrid hacia un modelo donde el impulso de la investigación y el desarrollo permitan implantar la Bioeconomía. En este sentido el término Bioeconomía se plantea como paradigma que oriente la evolución de su estructura productiva hacia una basada en la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

Este modelo permite el cálculo de multiplicadores lineales utilizando el almacén estadístico representado por la SAMMAD_05 y permite asimismo la simulación de impactos de inversión en I+D. En concreto simularemos a través de este primer modelo SAM lineal un shock de inversión del 1,2% del PIB de dicha región.

En primer lugar, el Marco Input-Output y la Contabilidad Regional publicados por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid¹ para el año 2005 permitirán elaborar la SAMMAD_05. Una vez estimada la Matriz de Contabilidad Social, se dispone de la base de datos, tanto para el cálculo de multiplicadores lineales como para la elaboración de un Modelo de Equilibrio General Aplicado dinámico (en adelante, MEGA dinámico). Esto supone un avance respecto a la matriz más reciente publicada para la región, hasta la fecha, que corresponde al año 2002.

Seguidamente, la citada matriz se desagregará para adaptarla a las exigencias de la modelización que se realizará posteriormente, orientada a la simulación de los impactos de política en materia de inversión en I+D en el contexto del VII Programa Marco de Investigación de la Unión Europea para el periodo 2007-2013.

Para avanzar en la modelización, para conseguir el *tercer objetivo* del trabajo, se elaborará un segundo modelo, el MEGA dinámico, que supondrá un avance cualitativo respecto al modelo anterior ya que permitirá flexibilizar algunas de las hipótesis planteadas anteriormente al incorporar, entre otros, un comportamiento optimizador en los mercados competitivos, procesos de sustitución, un mercado de trabajo endógeno, incentivos de precios y precios sombra y diferencias tecnológicas entre distintos sectores. Además, a diferencia de los modelos estáticos, incorpora la evolución temporal de los factores productivos y de la inversión productiva. Así el MEGA dinámico elaborado en el presente trabajo permite modelizar la conducta optimizadora de los agentes, en un horizonte temporal dado, bajo el supuesto de expectativas racionales en su comportamiento.

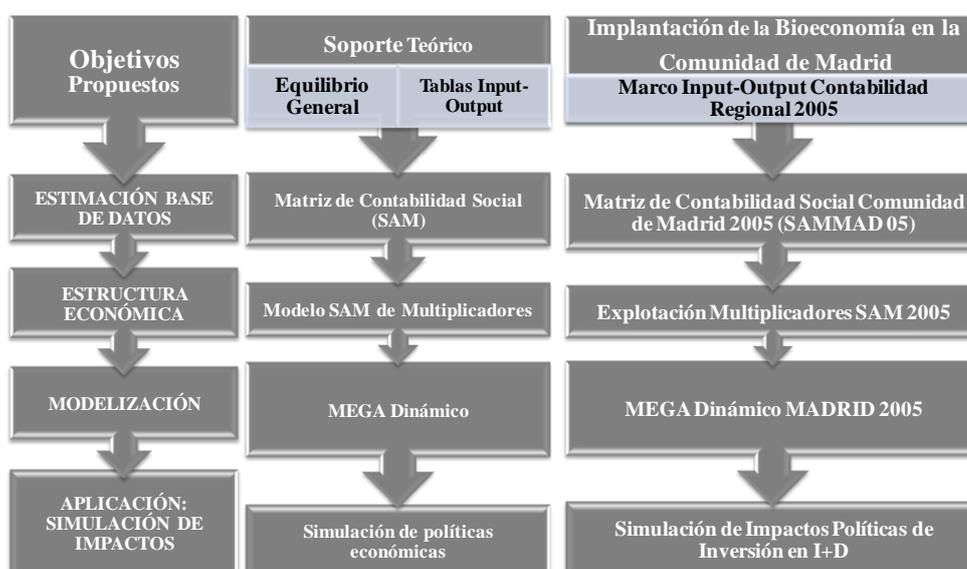
Como *cuarto y último objetivo* se pretende estimar el impacto sobre la economía de la Comunidad de Madrid de una evolución hacia un modelo de crecimiento económico inspirado en la Bioeconomía y basado en la investigación

¹ Los datos que publica el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid pueden consultarse en la dirección <http://www.madrid.org/iestadis>.

científica y el desarrollo tecnológico, realizado a través de una simulación, en el MEGA dinámico, de un shock de inversión en cada uno de los sectores implicados, que en total asciende al 1,2% del PIB de la Comunidad de Madrid. La misma simulación que previamente se habrá realizado en el modelo SAM lineal, en el marco del segundo objetivo.

Consideramos que la competitividad y el desarrollo de un país o región dependen de la capacidad de sus empresas e industrias para innovar y mejorar de forma continuada, por lo que un modelo de crecimiento económico como éste resume la aplicación de la Bioeconomía como paradigma al entramado productivo y social de la economía de la Comunidad de Madrid, vía inversión en I+D.

La siguiente tabla resume la metodología aplicada en esta tesis doctoral, así como las diferentes etapas necesarias para realizar una simulación de impactos sobre el entramado productivo madrileño a nivel macroeconómico. Como se puede observar en la primera columna, a modo de síntesis, se plantean los objetivos perseguidos del trabajo. El marco teórico que sustenta la aplicación al caso particular de la Comunidad de Madrid está recogido en la segunda columna. Por último, en paralelo a los objetivos y al marco teórico, la tercera columna presenta paso a paso la evolución lógica de la presente investigación.

Gráfico 1: Objetivos, metodologías y resultados esperados

Fuente: Elaboración propia

En un contexto de análisis económico regional para la Comunidad de Madrid y dado el carácter empírico de los objetivos de este trabajo, detallamos a continuación la metodología aplicable además de la base teórica que la sustenta.

Los fundamentos del análisis que nos ocupa tienen su origen en la Teoría del Equilibrio General, desde que Walras iniciara su desarrollo en el siglo XIX con toda la aplicación práctica posterior desarrollada desde Scarf a mediados del siglo XX hasta llegar a los actuales Modelos de Equilibrio General. La metodología aplicable para la construcción de estos modelos se basa en el análisis Input-Output.

El citado análisis permite definir las interdependencias existentes entre los diferentes sectores que componen la economía que queremos estudiar mediante una serie de ecuaciones lineales cuyos coeficientes representan las características estructurales de dicha economía.

Tales coeficientes y relaciones estructurales se desprenden de las tablas Input-Output, lo que posibilita la consideración de estas matrices como una representación

simplificada de la teoría de la producción y su utilización como modelos de simulación y proyección.

El análisis Input-Output únicamente capta los efectos derivados de las interdependencias entre los sectores productivos, lo que supone una limitación porque ya que no recoge los efectos inducidos que se producen vía renta como consecuencia del uso que el resto de los sectores de la economía hacen de sus rentas en los diferentes mercados. Este uso de la renta implica variaciones en la demanda final y provoca un nuevo ciclo de efectos inducidos.

Para superar esta limitación, surgen los modelos de equilibrio general lineales que utilizan como base de datos las Matrices de Contabilidad Social y sus multiplicadores asociados, incorporando así los intercambios de renta entre los sectores no productivos.

Una Matriz de Contabilidad Social, o en anglosajón Social Accounting Matrix (de donde procede el acrónimo SAM), es la base de datos que representa de un modo consistente todos los flujos de bienes, servicios y renta entre todos los agentes y sectores de una determinada economía. Es una representación matricial a nivel desagregado de las transacciones entre todos los agentes económicos, describiendo las operaciones de producción, de distribución, de uso de la renta y de acumulación, en resumen, del flujo circular de la renta.

Una SAM consiste en una matriz cuadrada, en la que cada una de las filas y columnas, idénticamente determinadas y numeradas (denominadas cuentas de la matriz) representan a cada uno de los agentes, sectores, factores y/o productos que intervienen en la economía que pretende describir. Cada elemento de la matriz indica en valores monetarios la transacción por la cual el agente o sector representado en la fila recibe un ingreso procedente del sector o agente representado en la columna.

A partir de la información recogida en la SAM, los modelos basados en los multiplicadores lineales SAM constituyen una primera forma de explotar la

información incorporada en una matriz de contabilidad social. Este tipo de modelos, siguiendo la misma metodología que los modelos input-output, se basan en las propias identidades contables inherentes en la matriz y que permitirán relacionar inyecciones exógenas de renta con las rentas de las cuentas consideradas endógenas.

El carácter lineal de estos modelos implica algunos supuestos restrictivos como: suponer funciones de producción con rendimientos constantes a escala, inputs perfectamente complementarios o precios relativos fijos. Tales supuestos dotan a los modelos de una estructura rígida, lo que para algunos autores es considerado como una importante limitación de los mismos.

Solventamos este inconveniente con los denominados Modelos de Equilibrio General Aplicado de carácter no lineal generalmente. Los MEGA se elaboran a partir del análisis y determinación del comportamiento, que se supone racional, de los diferentes agentes que intervienen en la economía estudiada, la factibilidad tecnológica y las restricciones de los recursos.

Tal y como señala la literatura especializada en la materia, un modelo de equilibrio general aplicado es un sistema de ecuaciones que recoge las condiciones de equilibrio general de una economía real, en el que quedan expuestos el funcionamiento de los mercados y las interrelaciones entre los distintos sectores e instituciones económicas y en el que es asumido un comportamiento racional y optimizador de los diferentes agentes, de manera que permiten la inclusión de hipótesis más flexibles que las señaladas en los modelos lineales. En consecuencia, la solución del modelo, es decir, del sistema de ecuaciones, simbolizará la situación de equilibrio general walrasiano de acuerdo con las hipótesis planteadas.

En una versión más evolucionada del MEGA presentamos en esta tesis una simulación de impactos de inversión, utilizando como base de datos la SAMMAD_05, mediante un MEGA dinámico. Los modelos de equilibrio general dinámicos se están convirtiendo en una herramienta de gran importancia para la macroeconomía moderna para trasladar los modelos teóricos a la aplicación práctica.

En una primera aproximación a los mismos nos encontramos los siguientes tres modelos: el modelo de Ramsey, el modelo de Solow-Swan y el de generaciones solapadas. En todos ellos se ha de tener presente que la dinámica en una economía depende de aspectos tales como el crecimiento de la productividad del sector trabajo o la acumulación de capital en el transcurso del tiempo.

Para terminar el estudio de estos modelos detallamos su utilidad como instrumentos de simulación ante variaciones de alguna o algunas de las variables exógenas del mismo. Mediante este tipo de simulaciones se analiza el impacto sobre la economía de la Comunidad de Madrid ante un shock de inversión en I+D.

El elemento inspirador del trabajo es el fenómeno de la Bioeconomía. Se realizará un repaso del pensamiento y de los planteamientos que se hallan detrás de este término y se esclarecerán las manifestaciones del mismo en un entorno como la Comunidad de Madrid. De este modo, aparecerá el esfuerzo inversor en I+D como motor de la implantación de la Bioeconomía como paradigma a largo plazo.

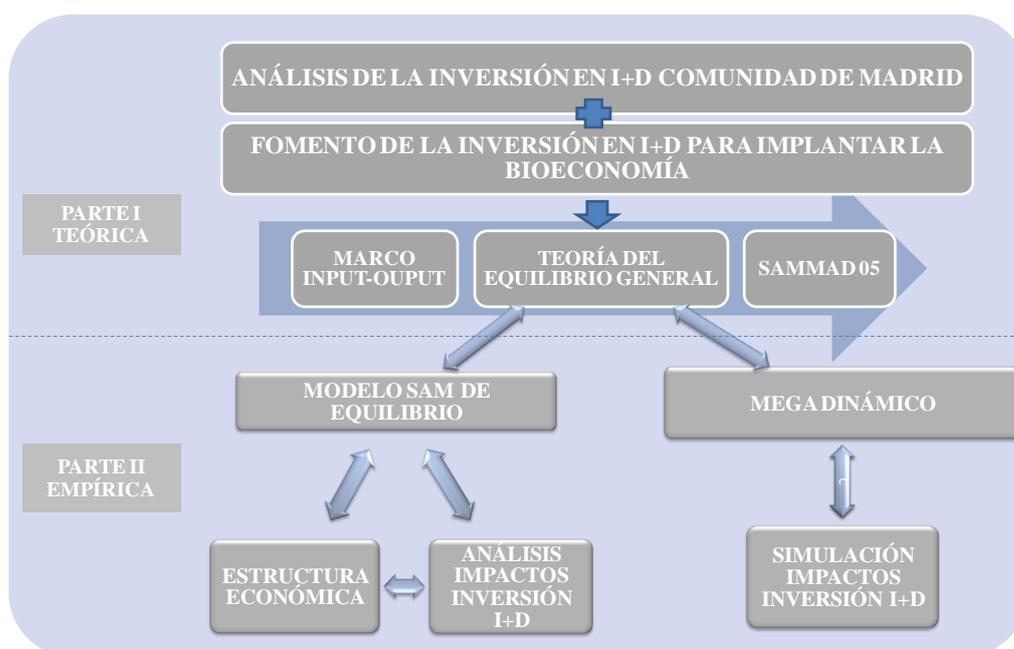
Se analizará la evolución que han tenido las políticas de inversión en I+D en la Comunidad de Madrid. Se estudiarán las características que definen la inversión en los ámbitos relacionados con la Bioeconomía y los niveles que alcanzan en las economías del entorno, tanto a nivel regional como nacional y en un contexto internacional para poder tener una visión comparada y observar tendencias y objetivos de las economías vecinas a este respecto.

1.3 CONTENIDOS Y ESTRUCTURA

La siguiente tabla resume el contenido y las relaciones entre las diferentes partes en que se estructura el presente trabajo cuyo fin último es realizar una simulación de impactos sobre el entramado productivo madrileño a través de los modelos multisectoriales propuestos, el modelo SAM lineal y el MEGA dinámico.

La presente tesis está estructurada en dos partes principales, la primera comprende el marco conceptual y la segunda la aplicación empírica.

Gráfico 2: Estructura de la tesis doctoral



Fuente: Elaboración propia

El marco conceptual se describe en el *segundo* y *tercer capítulo*. En el *segundo* se plantea el tema de investigación centrado en torno al fenómeno de la Bioeconomía como paradigma y la inversión en I+D como vía para fomentar la consecución de un modelo productivo basado en Bioeconomía, mientras que en el *tercero* se repasan los fundamentos de los modelos de equilibrio general: los modelos SAM lineales y los MEGA, tanto estáticos como dinámicos, haciendo especial hincapié en este último.

La segunda parte correspondiente a la aplicación empírica está formada por los *capítulos cuarto y quinto*. En el *cuarto* se explica la construcción de la matriz de contabilidad social de la Comunidad de Madrid correspondiente al año 2005, y su aplicación como base de datos para estudiar el efecto que tendría sobre el entramado de la región un incremento de la inversión en I+D sobre determinadas ramas productivas vinculadas a la Bioeconomía mediante el modelo SAM lineal. En el *capítulo quinto* se desarrolla el MEGA Dinámico, planteando las ecuaciones que recogen el comportamiento agregado de los agentes que operan en los mercados para simular con el mismo el efecto del shock de inversión en I+D.

El *capítulo sexto* contiene el resumen y las principales conclusiones de la investigación desarrollada en esta tesis. Adicionalmente se recogen una serie de anexos para incluir: en el ANEXO I la SAMMAD_05 construida a precios básicos, en el ANEXO II las tablas de valores calibrados del MEGA dinámico, en el ANEXO III formulación del MEGA dinámico y, por último, en el ANEXO IV un resumen de las variables y parámetros del MEGA dinámico.

Concluimos aquí esta breve introducción para dar paso al trabajo de investigación, no sin antes dedicar unas palabras de agradecimiento a todos aquellos que me habéis acompañado a lo largo del mismo.

1.4 AGRADECIMIENTOS

La vida nos va planteando retos y, por suerte, el hecho de contar con personas excepcionales, que nos acompañan, nos aconsejan, nos escuchan y nos ayudan, hace que esto sea una experiencia única. Así vamos alcanzando nuestras metas y proponiéndonos otras nuevas. Lo mejor de todo es que no estamos solos, por eso desde aquí me gustaría agradecer el apoyo a todas las personas que desde una posición u otra han contribuido a que hoy pueda presentar este trabajo.

Agradezco en primer lugar a mis directores Dra. Ángeles Cámara y Dr. José Ramón Monrobel por su capacidad de transmitir no sólo conocimientos sino pasión por el trabajo, rigor y espíritu de superación. Gracias sobre todo por ser las personas que sois, por vuestros valores y vuestra entrega incondicional. Es un lujo aprender de vosotros y trabajar e investigar con vosotros. Habéis sido mis profesores, directores, “jefes” y compañeros. No hubiera encontrado en ningún otro lugar mayor grandeza de conocimientos, sencillez en su expresión y aliento para seguir adelante en el plano profesional y lo que todavía es más, como personas. Sois un ejemplo a seguir.

Agradezco a la Universidad Rey Juan Carlos como Institución a la que pertenezco, y en especial al Departamento de Economía Financiera y Contabilidad II, por las oportunidades que me ha brindado siempre para crecer como docente y como investigadora. Agradezco a los directores del Departamento, Santiago y Ana, por su labor al timón del barco, y a todos mis compañeros, en especial a Merche, Julio, Raquel y Miguel Ángel, por hacer, con vuestro apoyo, que cada día nuestra labor tenga un dimensión más humana, cada palabra y gesto de ánimo han ido sumando en el haber y así todos formáis parte de este trabajo.

Agradezco a mi pequeña, pero gran familia, a mis padres César y María del Carmen, y a mi hermano Nacho, por vuestro apoyo incondicional, por las lecciones vitales que me dais y por ser ejemplo de sacrificio, superación y buen ánimo. Vuestra música, leyes, números, obras presentes y futuras junto con vuestra insaciable búsqueda del conocimiento han sido y son mi fuente de inspiración.

Curro, GRACIAS. Luis, GRACIAS. Sois el motor de mi esfuerzo y con vuestros sacrificios habéis contribuido a que hoy pueda culminar una etapa. Hemos renunciado a llevar una vida familiar “normal” y desde que Luis tiene uso de razón ha tomado conciencia de las implicaciones al hacer una tesis. Ha sido un camino de sacrificios, de mucho esfuerzo y de aprendizaje permanente en todas las facetas de la vida. Afortunadamente, hemos conseguido encontrarle el sentido incluso a tantos días en los que GAMS decía que la solución era “infeasible”, y ese era mi único tema de conversación. El día en el que la solución resultó ser “optimal” empezamos a ver la luz al final del túnel. Hemos aprendido a valorar el esfuerzo y a poner sentido del humor en las adversidades. Me quedo con vuestra sonrisa diaria y con el simple gesto de recibirme cada noche con los brazos abiertos, ha sido lo que me ha dado aliento para continuar. Siempre una buena cara y tanta paciencia.

Por último, os doy las gracias a los que apostasteis por mí y me habéis orientado en todas mis etapas formativas; a mis amigos, por vuestro apoyo incondicional siempre y por vuestros mensajes de ánimo; a mi familia política, por vuestra comprensión y muestras de cariño; y a mi grupo de madres, por vuestra ayuda.

Este trabajo es el primero de los que quedan por venir y ha sido un reto que sin vosotros no hubiera conseguido, ni hubiera disfrutado tanto como lo he hecho.

Gracias por haberlo hecho posible.

PARTE I: MARCO CONCEPTUAL

CAPÍTULO 2 EL CONCEPTO BIOECONOMÍA Y LA I+D

2.1 DEFINICIÓN DE BIOECONOMÍA

El presente epígrafe tiene por objeto ofrecer una visión amplia del concepto “Bioeconomía” y a partir de la misma circunscribir su aplicación, desde un punto de vista teórico, a la economía regional de la Comunidad de Madrid, tratando de incluir los aspectos más relevantes que delimitan este concepto y de resaltar las áreas de actividad estrechamente relacionadas con el término.

Para aproximarnos al concepto de Bioeconomía recurrimos a las definiciones que expertos en las materias que abarca este término han aportado a lo largo de la historia más reciente.

2.1.1 LA BIOECONOMÍA COMO DISCIPLINA EMERGENTE

El elemento inspirador para la evolución de la economía que planteamos en este trabajo ha sido el fenómeno de la Bioeconomía al que se refiere la OCDE como “la capacidad de la biología para aportar valor a una serie de procesos, productos y servicios propios de la economía.”² De este modo la Bioeconomía, desde un punto de vista socioeconómico, puede contribuir a la mejora de la salud humana, incrementar la productividad agrícola y los procesos industriales y potenciar la sostenibilidad ambiental.

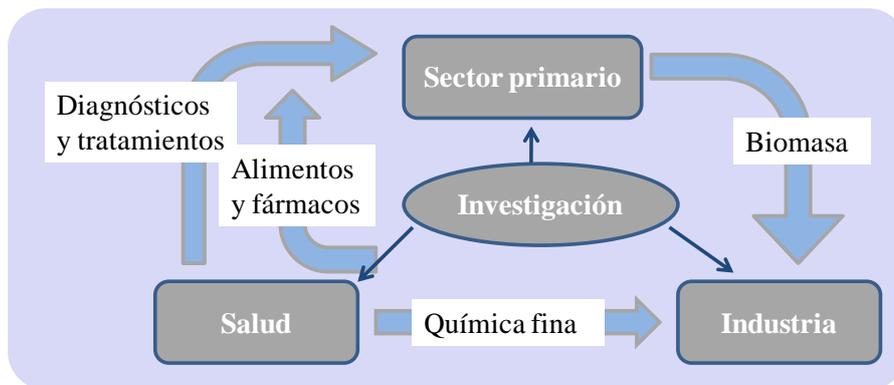
El modo de conseguir el objetivo de implantar un modelo de crecimiento más evolucionado, de carácter transversal y respetuoso con el medio ambiente, entendemos que tiene su base en el fomento de la inversión en I+D. A medida que expertos en la materia han puesto de manifiesto la limitación de los recursos naturales como inputs de un sistema global de intercambios, la I+D permite canalizar la transferencia de tecnología y conocimientos a los diferentes sectores y agentes operantes en una economía, para hacer un uso más eficiente de los recursos.

² <http://www.oecd.org/futures/bioeconomy/2030>

La Bioeconomía como disciplina emergente de alcance transversal, está recogida en el trabajo de Georgescu-Roegen³, autor de *La Ley de la entropía y el proceso económico* (1971).

Por su parte, el informe Cotec sobre Tecnología e Innovación en España, del año 2010, hace un amplio estudio sobre los diferentes escenarios a los que conduciría la implantación de la Bioeconomía y la define a través de sus tres elementos clave: el conocimiento biotecnológico, la biomasa renovable y la integración de aplicaciones⁴.

Gráfico 3: Integración entre aplicaciones biotecnológicas



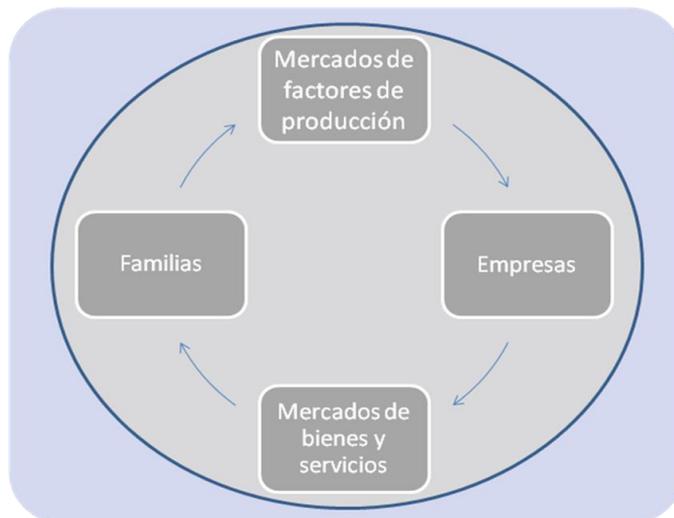
Fuente: «The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda». OCDE (2009)

Podemos observar a través de los dos siguientes gráficos cómo el primero de ellos refleja de un modo simple la economía como sistema cerrado, desde el punto de vista de los economistas clásicos, mientras que en el segundo aparecen como elementos clave para entender la Bioeconomía, la interacción entre los agentes operantes en una economía clásica con el entorno en el que se desarrolla la actividad económica. Un impulso de la inversión en I+D reforzaría esta interacción, en el sentido de integrar la dimensión económica con el entorno en el que se desarrolla.

³ Georgescu-Roegen, (1904-1994). Cuyas obras en materia de Bioeconomía y Sostenibilidad abordan temas tales como la relación entre las leyes de la termodinámica, la energía y la economía.

⁴ Cotec (2010). p. 91.

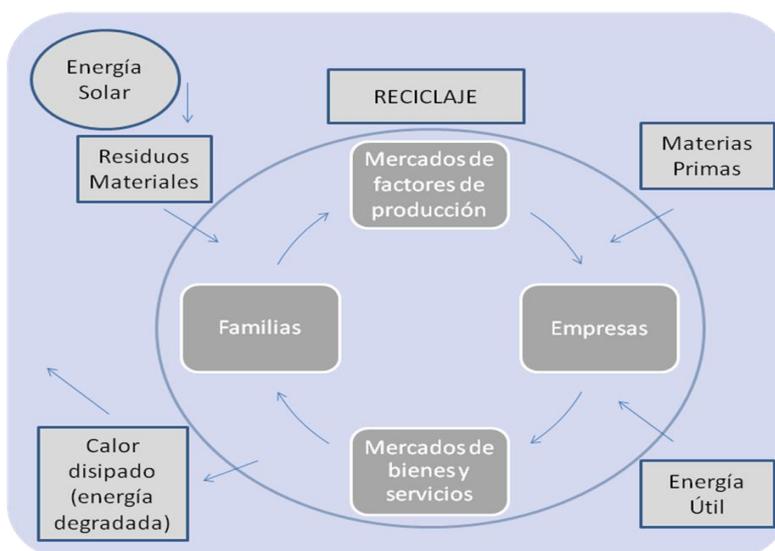
Gráfico 4: La economía como un sistema cerrado (economía clásica)



Fuente: Economía Ecológica y Política Medioambiental. Martínez, J. y Roca, J. (2000)

Desde la perspectiva de la economía como sistema abierto, y con el fin último de incorporar esta visión integradora de la Bioeconomía, pretendemos cuantificar el impacto de su implantación vía inversión en I+D. Los nuevos procesos y productos han de incorporar una conciencia sobre la limitación de los recursos disponibles, se ha de seguir investigando acerca del efecto contaminante de determinados procesos y las consecuencias sobre los organismos vivos, incluyendo el ser humano, aportando soluciones como el uso de energías alternativas y otras según el tipo de necesidad.

Gráfico 5: La economía como sistema abierto: la economía ecológica



Fuente: Economía Ecológica y Política Medioambiental. Martínez, J. y Roca, J. (2000)

A la vista de lo expuesto hasta el momento, el grado de implantación de la Bioeconomía será el resultado de los proyectos de I+D que se lleven a cabo en el área de las ciencias de la vida, en el campo de la biotecnología y sus aplicaciones, en las oportunidades de mercado que surjan como consecuencia de los mismos y de la innovación en los marcos regulatorios y en los modelos de negocio.⁵

2.1.2 EL INTERÉS DE LA BIOECONOMÍA EN UN ANÁLISIS DE ESTRUCTURA ECONÓMICA

Entendemos que el estudio de la Bioeconomía requiere un enfoque multidisciplinar para poder comprender todas las dimensiones que abarca el término, ya que encontramos conceptos de especial relevancia para el estudio de un modelo de crecimiento económico evolucionado que aparecen ligados a través de las tecnologías involucradas en el uso de los recursos naturales, el proceso de creación de valor y las formas de competencia entre los agentes económicos.

Consideramos la Bioeconomía como un paradigma. El movimiento moderno de la Bioeconomía nace en los años setenta con los trabajos pioneros de economistas como Gordon Tullock, Gary Becker, Jack Hirshleifer y el biólogo Michael Ghiselin, observándolo como una disciplina emergente. El objetivo de la Bioeconomía consiste en conciliar dos disciplinas (Wilson, 1998), Economía y Biología, con el propósito de que ambas se enriquezcan fortaleciendo las bases teóricas y empíricas de las dos. El interés de su estudio y aplicación práctica radica en que las políticas económicas que deriven de la conjunción de ambas disciplinas pueden tener implicaciones medibles sobre el bienestar social.

Los antecedentes de la Bioeconomía podrían remontarse a los estudios sobre el comportamiento y la evolución de los agentes económicos que se han desarrollado desde los comienzos del pensamiento económico. En este sentido, nos remontamos a Adam Smith (1723-1790) quien apuntó a través de su obra “La riqueza de las

⁵ Cotec (2010). p. 101.

Naciones” (1776) que la riqueza de un país se consigue gracias a la división del trabajo, a la especialización de tareas productivas de forma que los productos resultantes de tales procesos productivos se intercambien entre los agentes a través del precio como medida de referencia. Introdujo la idea de que el oro, la plata, el dinero en sí mismos no son riqueza sino que la riqueza de las naciones se crea a través del proceso productivo.

No se pretende hacer aquí un análisis exhaustivo de todas las teorías económicas y corrientes de pensamiento que se han sucedido desde Adam Smith. Sin embargo, consideramos relevante hacer un repaso sobre las ideas de pensadores, que a lo largo de la historia, han puesto de manifiesto la existencia de un componente biológico subyacente en toda actividad económica y la interrelación entre ésta y el nivel de desarrollo de la economía objeto de análisis. Este fenómeno suscita nuestro interés desde el momento en que el hombre hace uso de los recursos procedentes de la naturaleza, los transforma, se organiza e interactúa a través de sistemas avanzados y da lugar, desde un punto de vista macroeconómico, a unas estructuras económicas y sociales en las que operan todo el entramado de actividades y agentes.

Los planteamientos de Smith se insertan en una corriente de pensamiento iniciada por su maestro, el Dr. Quesney (1694-1774), fundador de la escuela fisiocrática, quien a través de su obra el “Tableau Economique” (1758) presentó una descripción del flujo circular de la renta de una economía contemporánea.

En este contexto, ya sugerían que de algún modo los mercados consiguen armonizar los intereses contrapuestos de los agentes, al tiempo que se maximiza el bienestar social. Según su enfoque, esta armonía se basaba en el supuesto de que la producción y la distribución eran independientes, y se conseguía gracias a la lucha entre los agentes, contemplada desde un punto de vista individual para conseguir sus intereses.

Por su parte, Malthus (1766-1834) entendía que la lucha existía entre los consumidores por conseguir unos recursos que eran escasos. Al igual que sus

contemporáneos, sus teorías no contemplaban ni la competencia ni el cambio tecnológico que ha sido la respuesta que el siglo XX ha dado a su planteamiento. De hecho, el cambio tecnológico ha permitido que los recursos crezcan más rápido que la población, dando paso al desarrollo económico.

Malthus planteó en su “Ensayo sobre el principio de la población” publicado en 1789 que la raza humana tendía a multiplicarse de manera más rápida que la producción de alimentos, subrayando con ello la limitación de recursos. Nos referimos a este planteamiento porque el legado de Malthus nos sirve de punto de partida para cuestionarnos y discutir sobre dónde están los límites y cuáles son las claves del crecimiento y del cambio o avance económico. La Teoría de la Evolución de Darwin (1809-1882) habría estado más respaldada si la visión malthusiana, que era su referente, hubiera planteado la lucha por los recursos escasos desde la óptica de la competencia entre los agentes de forma que la asignación de los recursos se realizase de un modo económicamente eficiente.

Con todo lo dicho hasta el momento queremos subrayar el interés que supone el proceso de creación de valor, la asignación eficiente de los recursos, y el papel que juega en todo ello la tecnología y la competencia entre los agentes teniendo en consideración la dotación de recursos de la economía que se trate de investigar.

La distancia entre estos planteamientos iniciales y los de economistas posteriores como Walras (1874-1954), Edgeworth (1881) y Pareto (1896) radica en que los últimos se desmarcan del individualismo de sus predecesores para simplificar la realidad a través del equilibrio total de los mercados. Plantean que si los mercados están en equilibrio los planes individuales de los agentes involucrados serán compatibles y se conseguirá maximizar las utilidades de los agentes, teniendo siempre presentes las restricciones presupuestarias de cada agente implicado.

Economistas posteriores a los ya mencionados, como Joseph Schumpeter (1883-1950) con “La Teoría del Desarrollo Económico” (1912) y su análisis de los ciclos económicos, han contemplado escenarios que tienden a estabilizarse (en

ausencia de perturbaciones externas) en torno a un estado estacionario que se repite cíclicamente. Georgescu-Roegen (1906-1994) asimiló esta idea con la imagen del péndulo de Newton y propuso reemplazarla por la imagen del reloj de arena cuya arena se desliza a medida que el tiempo transcurre: se trata de un proceso irreversible que no admite una perpetua renovación de los recursos que permita mantener indefinidamente los mismos consumos de bienes económicos.

Fue el mismo Gheorghescu-Roegen, economista-matemático experto en medioambiente y desarrollo, el que introdujo el término Bioeconomía en la ciencia económica. En sus investigaciones, la teoría bioeconómica representa el primer y quizás más riguroso intento de articular la economía con las ciencias de la vida. El objeto de la Bioeconomía es, según este investigador, la explotación de las materias primas y por tanto no es neutral respecto de la naturaleza. Quiso poner énfasis en una orientación “biológica” y “orgánica” de la teoría económica.

El profesor Naredo (1979), uno de los científicos sociales españoles que más han hecho despertar la conciencia crítica sobre los problemas de nuestro planeta, máximo defensor del término “economía ecológica”, habla de conceptos tales como el metabolismo de la economía española y el metabolismo urbano, para referirse a esa visión integradora de Economía y Biología.

En línea con el pensamiento de Quesnay, el profesor Naredo puntualiza que no debe considerarse que producir sea simplemente “revender con beneficio”, sino “acrecentar las riquezas renacientes sin deterioro de los bienes fondo”. A medida que la civilización se ha desarrollado y el término producción implica extracción, elaboración, manejo y deterioro de las sustancias y/o bienes preexistentes, se afianza, en palabras de Naredo “el divorcio entre economía y ecología, al contar ambas disciplinas con objetos de estudios y con nociones de sistema diferentes. De ahí que se produzca un diálogo de sordos: mientras que los economistas perciben y saludan los aspectos positivos del proceso económico como generador de valores añadidos y beneficios, los ecólogos y ecologistas se fijan en los deterioros que dicho proceso ocasiona en el mundo físico circundante. Para evitar este diálogo de sordos vengo

proponiendo desde hace tiempo un enfoque ecointegrador que razone considerando a la vez las dos caras de los procesos.”⁶

En línea con esta reivindicación el ecologista Rene Passet (1979), economista francés especialista en desarrollo, define la Bioeconomía como un nuevo modelo de desarrollo que concilia los intereses públicos, privados y solidarios con el interés de la sociedad general.

Tiempo atrás, los economistas clásicos, como Adam Smith (1776), Thomas Malthus (1798) y David Ricardo (1817), y mucho más tarde Frank Ramsey (1928), Allyn Young (1928), Joseph Schumpeter (1934) y Frank Knight (1944) aportaron muchos de los conceptos básicos que aparecen en las teorías modernas del crecimiento económico. Estas ideas incluyen los enfoques básicos de la dinámica del comportamiento competitivo y del equilibrio, el papel de los rendimientos decrecientes y su relación con la acumulación de capital físico y humano, la interacción entre la renta per cápita y la tasa de crecimiento de la población, los efectos del avance tecnológico que se presentan en forma de aumento de la especialización del trabajo y de invenciones de nuevos bienes y métodos de producción, y el papel del poder monopolístico como incentivo del avance tecnológico.

El estudio realizado en esta tesis comienza con estas nociones ya establecidas y se centra en las aportaciones a la tradición neoclásica de finales de los años cincuenta. Utilizamos la metodología y el lenguaje neoclásico con elementos keynesianos y nos apoyamos en conceptos como capitales stock de capital agregado, las funciones de producción agregadas y las funciones de utilidad de los consumidores representativos. También empleamos métodos matemáticos modernos de optimización dinámica y ecuaciones diferenciales.

⁶ Entrevista a José Manuel Naredo. Agenda Viva. 2008.

El estudio de la Bioeconomía como modelo emergente de crecimiento, radica en su potencial de actuación sobre sectores clave para asegurar el desarrollo, tanto desde el punto de vista económico y social como medioambiental. Por ello, este nuevo modelo económico se basa en la tecnología y en el conocimiento, alcanzadas a través de la inversión en investigación y el desarrollo, como claves de la productividad y la competitividad del entramado productivo.

Hemos visto que los clásicos del siglo XIX no contemplaban la idea de expandir la economía a través de un cambio tecnológico. Sin embargo, la inclusión del mismo introduce la posibilidad de crear una concepción dinámica de la economía donde competencia y progreso cobran significado.

Aunque sus teorías difieren, Schumpeter y Veblen, en su *Teoría de la empresa de negocios* (1904), coinciden en que la innovación tecnológica implica cambios en la dinámica competitiva de una economía. Schumpeter distingue entre crecimiento económico y desarrollo económico para diferenciar entre un aumento de los medios de producción en el primer caso, o una transformación cualitativa de la sociedad y de la economía, en el segundo. Para Schumpeter es el fenómeno tecnológico, y el proceso de innovación que lleva parejo, el causante de la transformación.

A este respecto, Neil B. Niman (2000), en su artículo “Competición y progreso económico”, señala que no siempre un cambio tecnológico implica ganancias en productividad, pero considera que los avances tecnológicos tienen el potencial de remodelar la economía. Es por ello que la introducción de innovaciones tecnológicas en los modelos económicos es un shock que de forma inmediata o en el largo plazo implicará un reajuste de la economía.

A la vista de lo expuesto hasta el momento observamos que la evolución de la economía y la sociedad es un proceso conjunto, ambas protagonizan un cambio permanente y están indisolublemente unidas. La Ciencia económica cuenta con herramientas para abordar su análisis a través de las cuentas económicas, de las

llamadas variables macroeconómicas que son el reflejo de las estructuras económicas y sociales de un país o región. En este trabajo analizamos las implicaciones que el progreso vía inversión en I+D tienen sobre el equilibrio de la economía de la Comunidad de Madrid.

2.1.3 SITUACIÓN ACTUAL EN MATERIA DE BIOECONOMÍA

Existe una concepción compartida global sobre el desarrollo sostenible cuya principal manifestación a escala mundial son la serie de Conferencias de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible. La primera de estas reuniones conocidas como Cumbres de la Tierra, se celebró en Estocolmo en 1972, posteriormente, en 1992, tuvo lugar en Rio de Janeiro, la siguiente, en 2002, se celebró en Johannesburgo y en Junio de 2012 de nuevo en Rio de Janeiro. En todas ellas se plantean las bases de una serie de acciones para el futuro a través de una serie de principios, acciones y estrategias en materia de política internacional del medio ambiente.

La Comisión Europea ha propuesto recientemente una estrategia de cara a una Bioeconomía sostenible en Europa. En concreto se refieren a “una estrategia de Bioeconomía para Europa” en una comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones con fecha 13 de Febrero de 2012. El planteamiento de esta estrategia de Bioeconomía tiene su origen en que la población mundial se estima alcanzará los 9.000 millones de habitantes en el año 2050 frente a los 6.840,5 actuales, según datos del Banco Mundial, con fecha Junio de 2012. La principal implicación de esta estimación es que se pondrán al límite los recursos del planeta, por lo que surge la necesidad de fomentar el uso de los recursos biológicos renovables, y de modo seguro, desde todos los ámbitos posibles como el agrícola, el energético, el alimentario o el de materiales.

En el contexto de la estrategia Europa 2020 la estrategia de Bioeconomía y su Plan de Acción, se centra en el crecimiento inteligente y ecológico en Europa, de modo que los avances en la investigación sobre Bioeconomía se trasladen a “una

sociedad más innovadora y competitiva, que utilice con más eficiencia los recursos y en la que se concilien la seguridad alimentaria y el uso sostenible de los recursos renovables con fines industriales, asegurando al mismo tiempo la protección al medio ambiente”⁷

“La Bioeconomía necesita un apoyo constante y creciente de la financiación pública y la inversión privada y debe contribuir a una mayor coherencia entre los esfuerzos de investigación nacionales, europeos y mundiales. La investigación y la aplicación de sus resultados a menudo están desconectadas debido a la brecha existente en la información y los conocimientos y a las barreras institucionales y conceptuales que separan a investigadores, innovadores, productores, usuarios finales, responsables políticos y sociedad civil. Las redes de transferencia de conocimientos, los intermediarios de conocimientos y tecnología y las empresas sociales, incorporados en las iniciativas más amplias de los ciudadanos y las redes interesadas, pueden colmar estas brechas. Muchos resultados de investigación prometedores quedan también sin explotar debido a problemas legislativos pendientes y al sistema de patentes. Además se necesita más inversión para las actividades de demostración y ampliación y el desarrollo de servicios de asesoramiento y emprendimiento en toda la cadena de suministro.”⁸

La implantación de un modelo de crecimiento basado en la Bioeconomía se desarrolla a través de la inversión en conocimiento para conseguir objetivos de mejora del entramado productivo y social, respetando el medio ambiente.

La naturaleza transversal de la Bioeconomía ofrece una oportunidad para abordar globalmente retos sociales interrelacionados, como la seguridad alimentaria, la escasez de los recursos naturales, la dependencia de los recursos fósiles y el cambio climático, al tiempo que se consigue un crecimiento económico sostenible.

⁷ Comisión Europea (2012), p. 2.

⁸ Ídem, p. 7.

Para realizar el estudio de la situación actual en materia de inversión en investigación y desarrollo tecnológico, consideramos su evolución en función de los factores que determinan su capacidad de mejorar la competitividad, en el entorno específico de la nación española y el entorno general de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Por ello se hace necesaria una presentación inicial con cifras de la situación en materia de Bioeconomía en los países de la OCDE, en España y en concreto en la Comunidad de Madrid.

El informe Cotec de Innovación y Tecnología publicado por la Fundación Cotec para Innovación Tecnológica en Mayo 2010 nos permite analizar las materias que articulan un modelo de crecimiento basado en la implantación de la Bioeconomía. Los pilares sobre los que se sustentan innovación y tecnología poseen a su vez sus propios rasgos definatorios e interrelaciones. Es por ello que para delimitar rigurosamente el concepto de Bioeconomía ligado a la I+D debemos analizar el fenómeno desde todas las dimensiones que abarca el término. A continuación pasamos a realizar este análisis.

2.2 LA I+D

Las definiciones y convenciones básicas acerca del concepto y contenido de la I+D, así como la norma práctica para la medición de las actividades científicas y tecnológicas, se hallan recogidas en el Manual de Frascati (OCDE, 2003).

Asimismo, desde 1984 la Unión Europea aplica una política de investigación y desarrollo tecnológico basada en programas marco plurianuales. Analizaremos la situación actual en materia de políticas de I+D en el contexto del VII Programa Marco (2007-2013) vigente en la actualidad.

La estadística de referencia de este trabajo de investigación es la procedente del Instituto Nacional de Estadística (INE), donde encontramos datos para un análisis del esfuerzo inversor en I+D tanto a nivel nacional como regional.

Finalmente, observamos el vínculo existente entre la inversión en I+D y la Bioeconomía descrita anteriormente en el caso concreto de la Comunidad de Madrid para contextualizar la aplicación empírica que se desarrolla en la segunda parte de este trabajo.

2.2.1 INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN

El Manual de Frascati se basa en la experiencia adquirida a partir de las estadísticas de I+D en los países miembros de la OCDE. Es el resultado del trabajo colectivo del Grupo de Expertos Nacionales en Indicadores de Ciencia y Tecnología (NESTI). Este Grupo ha desarrollado durante los últimos 40 años una serie de manuales metodológicos bajo el concepto de Ciencia y Tecnología, conocidos como la "Familia Frascati", que comprende manuales sobre: la I+D (Manual de Frascati), innovación (Manual de Oslo), recursos humanos (Manual de Camberra), balanza de pagos tecnológicos y patentes, considerados como indicadores de ciencia y tecnología (OCDE, 2003).

Según el Manual de Frascati, la investigación científica y el desarrollo experimental (I+D) comprenden el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones. Entendemos, por tanto, que la llamada "economía del conocimiento" se basa en la inversión en I+D.

La estadística de I+D que elabora el INE sigue las recomendaciones metodológicas de la *Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental* de la OCDE (el mencionado Manual de Frascati). En particular, en su versión actual recomienda expresamente *que todas las empresas que ejecuten I+D, ya sea de forma continua o de forma ocasional, se incluyan en las encuestas de I+D.*

Hasta el año 2001, la Estadística de I+D se basaba exclusivamente en un censo de las unidades estadísticas conocidas que realizaban actividades de I+D. Para ello se solicitaba anualmente a distintos organismos de la Administración Central del Estado y de las comunidades autónomas información sobre las unidades receptoras de ayudas para realizar actividades de I+D.

Desde el año 2002, esta operación estadística se ha realizado de forma coordinada con la encuesta sobre Innovación en las Empresas, investigando un censo de unidades estadísticas potencialmente investigadoras, el cual se actualiza anualmente, y en el año 2011 consta de 20.668 unidades más una muestra de empresas seleccionada aleatoriamente.

Los principales agregados para cuantificar el esfuerzo nacional en actividades de I+D son el *gasto interno en I+D*, que comprende los gastos corrientes y de capital correspondientes a las actividades de I+D ejecutadas en el interior del Estado a lo largo del año y el *personal dedicado a labores de I+D*, que incluye al conjunto de personas que han trabajado en el territorio nacional a lo largo del año, en equivalencia a jornada completa (EJC).

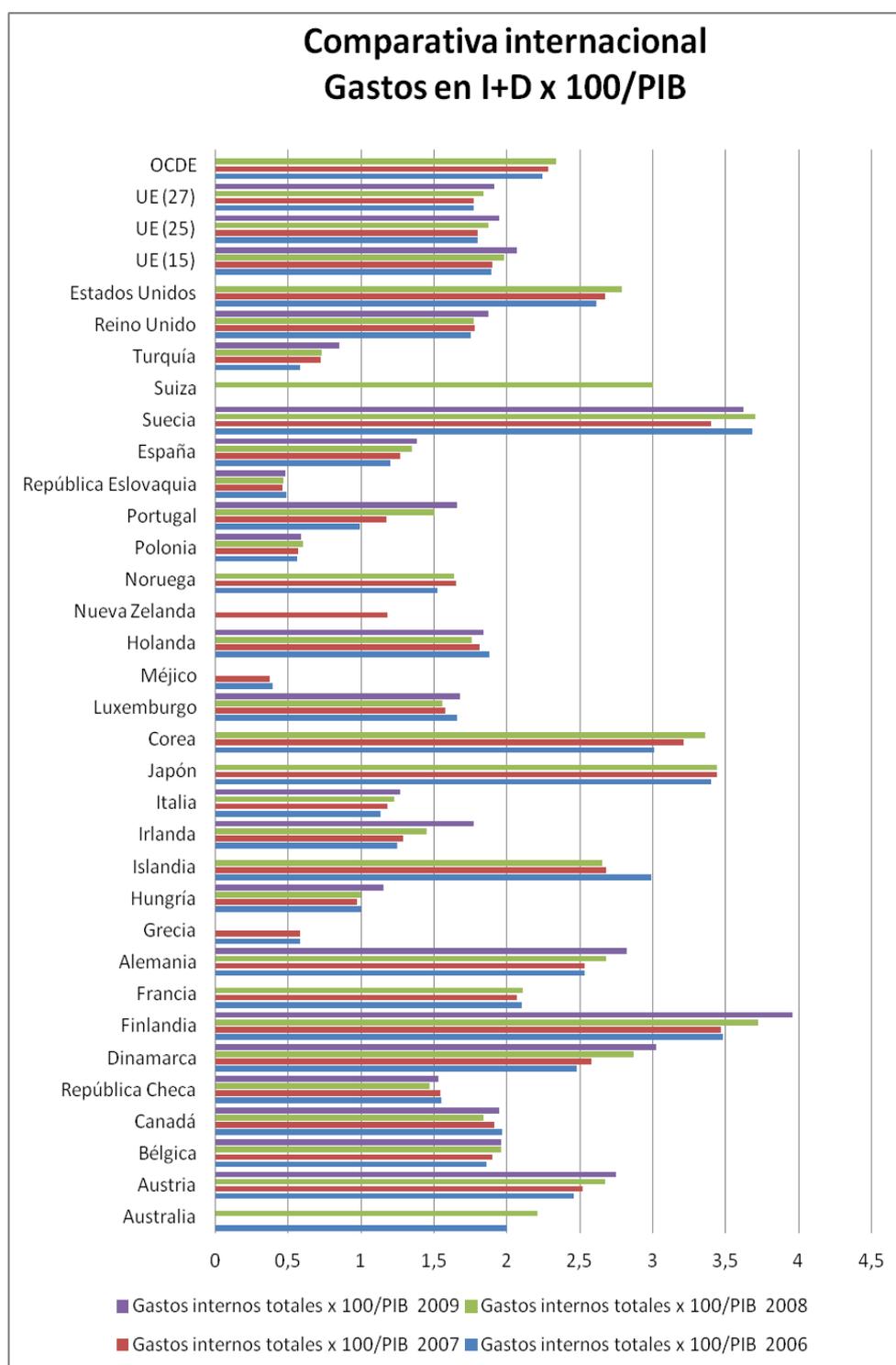
2.2.2 LA I+D EN EL VII PROGRAMA MARCO DE LA UNIÓN EUROPEA

La Estrategia de Desarrollo Sostenible de la Unión Europea EDS-UE ha evolucionado en sus objetivos desde que se adoptara por primera vez en la cumbre de Gotemburgo (Junio de 2001), viniendo a añadir la componente medioambiental a la Estrategia de Lisboa para el crecimiento y el empleo. En la actualidad centra sus objetivos en torno a los siete retos siguientes⁹:

- Cambio climático y energía limpia
- Transportes sostenibles
- Consumo y producción sostenibles
- Conservación y gestión de los recursos naturales
- Salud pública
- Inclusión social, demografía y flujos migratorios
- Pobreza en el mundo y retos en materia de desarrollo sostenible

Encontramos que España a nivel comparado internacional en el periodo 2006 a 2009, se sitúa en niveles de inversión en I+D cercanos al 1,5% del PIB, a cierta distancia respecto a la media de los países de la OCDE, de la UE (27), UE (25), y UE (15), cuya media se sitúa en niveles cercanos al 2% del PIB.

⁹ INE (2008). Desarrollo Sostenible 2008. Principales indicadores de España para el seguimiento de la Estrategia de DS de la UE.

Gráfico 6: Situación de España en materia de gasto en I+D a nivel internacional

Fuente: INE. Estadística de Ciencia y Tecnología

El Séptimo Programa Marco (7PM) es el segundo desde el lanzamiento de la Estrategia de Lisboa en 2000, cuyas directrices vienen dadas en el seno del 7PM de

I+D de la Unión Europea, que abarca el período 2007-2013. El presupuesto destinado a investigación por la Comisión Europea es de 50.521 millones de euros. Los cuatro programas específicos principales son: Cooperación, Ideas, Personas y Capacidades.

Tales programas persiguen respectivamente la cooperación entre industria e investigación, el apoyo al descubrimiento de nuevos conocimientos, el fomento de la formación del personal investigador y por último, el refuerzo de la calidad y la competitividad de la investigación. A nivel nacional la Secretaría General de Innovación, perteneciente al Ministerio de Ciencia e Innovación español, en su informe sobre la Estrategia Estatal de Innovación de 2010, señala que la capacidad de innovación de una economía incide en la productividad y puede contribuir al crecimiento sostenible.

2.2.3 MARCO REGULADOR DE LA I+D EN ESPAÑA

El proceso de implantación de la I+D al principio es gradual debido a la inercia de las trayectorias tecnológicas pre-existentes. Progresivamente se van generando unos valores, principios y tendencias sociales que culminan en imperativos o leyes. Cabe mencionar al respecto la Ley 2/2011, de 4 de Marzo, de Economía Sostenible (LES) y la reciente Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación que da continuidad al impulso dado previamente por la Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica.

En el contexto de la primera ley de las arriba mencionadas, la Ley 2/2011 de Economía Sostenible, se entiende por economía sostenible un patrón de crecimiento que concilie el desarrollo económico, social y ambiental en una economía productiva y competitiva, que favorezca el empleo de calidad, la igualdad de oportunidades y la cohesión social, y que garantice el respeto ambiental y el uso racional de los recursos naturales, de forma que permita satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender

sus propias necesidades. Esta ley recoge expresamente la mejora de la competitividad, el fomento de la capacidad innovadora de las empresas y la extensión y mejora de la calidad de la educación entre los principios que guiarán la acción de los poderes públicos para impulsar la sostenibilidad de la economía española.

Por su parte, la segunda ley a la que nos hemos referido, la Ley 14/2011 de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, atribuye a la investigación un carácter diferenciado de la innovación fomentando ambas actividades a través de sendos planes estatales. En dicha ley se reconoce como realidad inapelable el desarrollo autonómico, la creciente dimensión europea, el salto cuantitativo y cualitativo en los recursos públicos, la consolidación de una comunidad científica y técnica especializada, competitiva y abierta al mundo y la transición hacia una economía basada en el conocimiento y la innovación.

Para adaptarse a la situación actual las materias citadas, incorpora una serie de medidas transformadoras y de especial aplicación con relación a la generación del conocimiento en todos los ámbitos, el desarrollo tecnológico y la innovación como ejes vertebradores del crecimiento y competitividad de nuestro sistema productivo.¹⁰

De este modo, la Estrategia Española de Innovación queda englobada dentro del marco planteado por la Unión Europea en la Estrategia Europa 2020 en la que, dentro de una visión conjunta y un cuadro común de objetivos globales, se persigue alcanzar el 1% sobre el PIB de inversión pública y el 2% de inversión privada en I+D, haciendo que la inversión global de los países en I+D llegue al 3% de su PIB.¹¹

Respecto a las políticas españolas de I+D, señalamos que el Plan Nacional de I+D (2008-2011), inscrito en el marco de referencia de la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología (ENCYT), además de contener las líneas instrumentales de actuación recoge las acciones estratégicas en materia de I+D que se resumen en:

¹⁰ Ley 14/2011, de 1 de Junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Preámbulo. BOE, Jueves 2 de Junio de 2011, Sec. I. p. 54392.

¹¹ Ídem, p. 54395.

salud, biotecnología, energía y cambio climático, telecomunicaciones y sociedad de la información, nanociencia y nanotecnología, nuevos materiales y nuevos procesos industriales.¹²

2.2.4 ESTADÍSTICA SOBRE ACTIVIDADES EN I+D

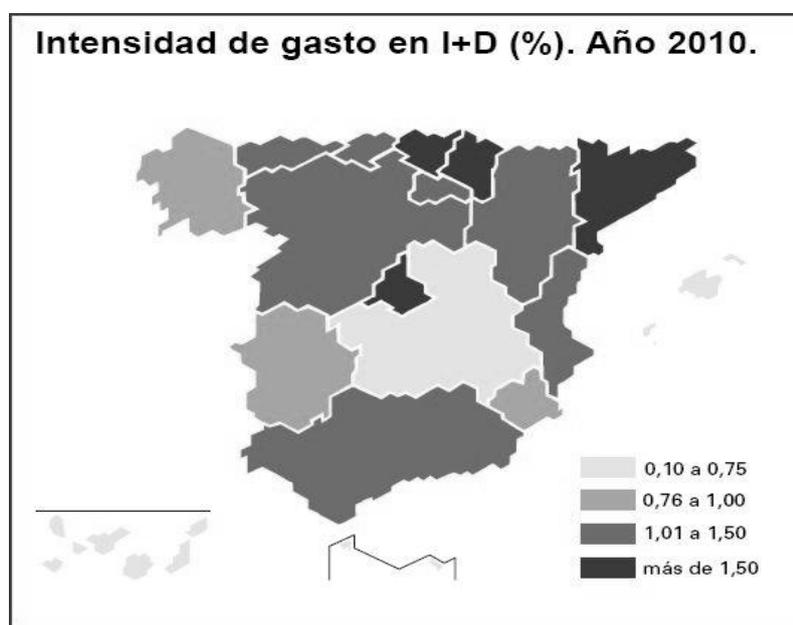
Un análisis de los datos más recientes a nivel nacional publicados por el INE¹³ muestra cómo el esfuerzo en investigación y desarrollo que hacen las empresas españolas sigue cayendo desde el año 2008.

La caída en 2010 es especialmente acusada entre las empresas pequeñas (entre 11 y 49 empleados) con un 28%. Hay sectores donde el descenso de esta actividad es notable, como el de telecomunicaciones, con una disminución del gasto del 17%.

Las comunidades autónomas que realizaron un mayor esfuerzo en actividades de I+D fueron la Comunidad de Madrid, la Comunidad Foral de Navarra, País Vasco y Cataluña. Todas ellas presentaron cifras de intensidad en el gasto superior a la media nacional, como puede observarse en el siguiente mapa.

¹² Cotec 2011, p. 199

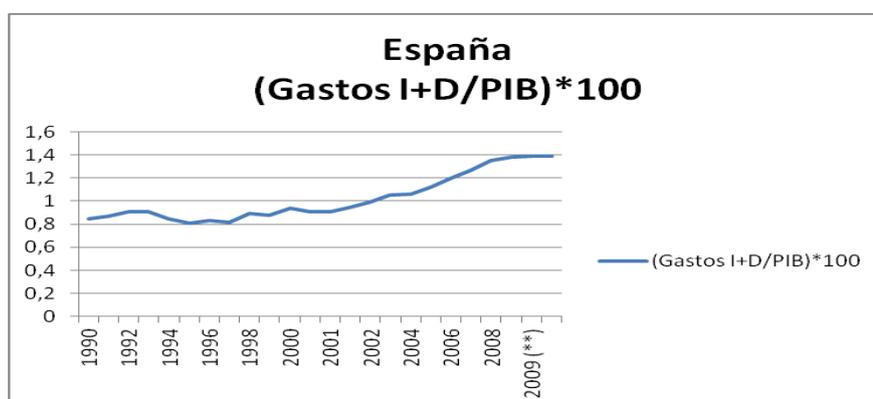
¹³ Estadística sobre resultados en I+D: www.ine.es/prensa/np687.pdf

Gráfico 7: Intensidad de gasto en I+D entre las regiones españolas

Fuente: INE. Estadística de Ciencia y Tecnología

2.2.5 TRAYECTORIA DEL GASTO EN I+D A NIVEL NACIONAL

En el contexto nacional la evolución de la inversión en I+D ha pasado de representar un 0,85% del PIB nacional en el año 1990, el 1,12% en el año 2005 y un 1,39% en 2009 y 2010, frente al 2% de la Unión Europea.

Gráfico 8: Evolución del gasto en I+D en España

Fuente: INE. Estadística de Ciencia y Tecnología

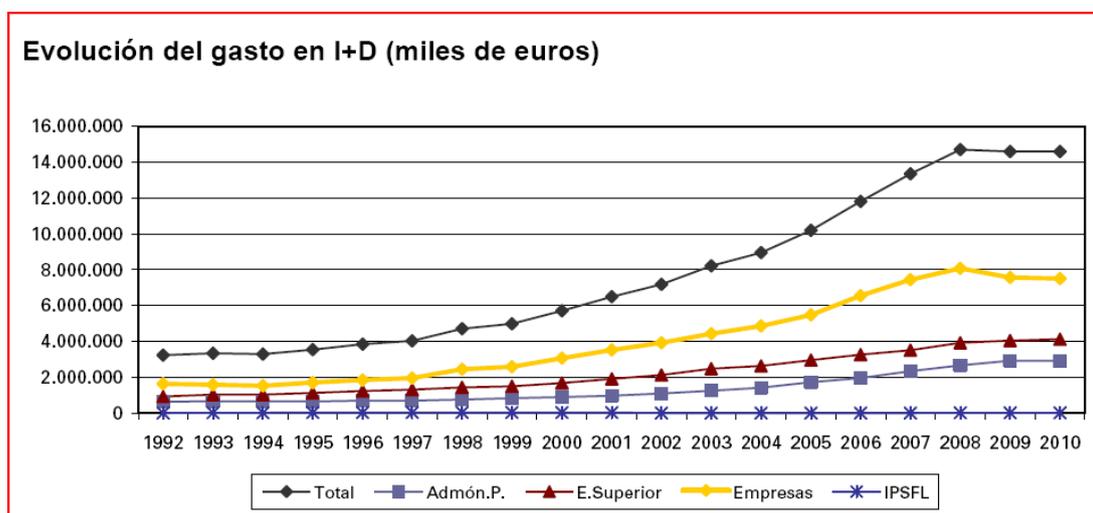
El gasto interno en Investigación y Desarrollo (I+D) ascendió en 2010 a 14.588 millones de euros. Dicho gasto representó el 1,39% del Producto Interior Bruto (PIB) del 2010, el mismo que en 2009.

Por sectores de ejecución, el sector empresas presentó el mayor porcentaje sobre el gasto total en I+D, con un 51,5% (lo que significó el 0,71% del PIB). Le siguió en importancia el sector Enseñanza superior, con un 28,3% del gasto total (el 0,39% del PIB).

Por su parte, el gasto en I+D de la Administración Pública fue el 20,1% del gasto total (un 0,28% del PIB). El 0,2% restante correspondió al sector de las Instituciones Privadas sin Fines de Lucro (IPSFL).

Según los datos, en 2010 el gasto del sector privado en I+D cayó un 0,8% respecto a 2009, pero los parámetros desglosados muestran que el número de empresas que realizan estas actividades se redujo un 15,6%.¹⁴

Gráfico 9: Evolución del gasto en I+D en España respecto al PIB en cifras



Fuente: INE. Estadística de Ciencia y Tecnología

¹⁴ INE, Estadística sobre actividades en I+D. p.1-5.

No podemos observar desde una misma perspectiva a todas las regiones que componen el mapa español. Uno de los rasgos que caracteriza al sistema de ciencia y tecnología español es la elevada concentración de la I+D en un conjunto limitado de regiones. Madrid, Cataluña, Andalucía, Valencia y el País Vasco realizan casi el 80% del gasto en I+D, mientras que en términos de PIB su aportación se sitúa en torno a los dos tercios del total nacional.

El gasto total en España en I+D en 2010 permaneció prácticamente estable. En cifras absolutas supuso 14.588 millones de euros, un 1,39% del PIB, igual que en 2009. La financiación pública domina el panorama de las actividades de I+D, con un 46,6% del total, frente al 42,9% del sector empresarial. Las universidades aportan el 3,9% y los fondos procedentes del extranjero, un 5,7%.

Los datos confirman la tendencia negativa del peso de la I+D privada que se viene registrando ya desde 2008, lo que profundiza el problema clave del reducido esfuerzo empresarial español en comparación con los países más desarrollados, donde el sector privado aporta el 70% del gasto total.

El gasto de la Administración pública (sin desglosar aún en las estadísticas del INE el porcentaje del Estado y de las autonomías) creció un 0,9% en 2010. Los expertos señalan que el efecto de los notables recortes que sufrió la I+D en los presupuestos del año 2010 tendrá el efecto dilatado en los años siguientes puesto que gran parte corresponde a dinero comprometido en programas plurianuales. Pero se aprecia ya algún impacto: el gasto en I+D en las empresas con financiación pública cayó de 1.296 millones, en 2009, a 1.244 millones en 2010.

2.2.6 EL ESTRECHO VÍNCULO ENTRE LAS ESTRATEGIAS DE I+D Y LA INNOVACIÓN

“La capacidad de innovación tecnológica de una economía se apoya fundamentalmente en su esfuerzo de inversión en investigación y desarrollo tecnológico (I+D), en su esfuerzo para conseguir un capital humano capacitado para

adquirir conocimientos y desarrollar tecnologías de cualquiera de las formas existentes y en la existencia de un tejido empresarial que sea capaz de aprovechar las fuentes de conocimiento y tecnología a su alcance para producir productos y servicios novedosos que generen negocio, y por tanto, que mejoren su competitividad” (COTEC, 2010).

La Organización para la Cooperación para el Desarrollo Económico planteó en el informe “The OECD Innovation Strategy: Getting Start on Tomorrow”¹⁵ cinco líneas de actuación en materia de innovación para incidir sobre los múltiples factores económicos y sociales:

- Capacitar a las personas para innovar
- Liberar el potencial innovador
- Crear y aplicar el conocimiento
- Aplicar la innovación para hacer frente a los retos sociales y globales
- Perfeccionar la gobernanza y los indicadores de medida de las políticas de innovación.

Estas líneas de acción propuestas por la OCDE, junto con los retos genéricos de conseguir un crecimiento más fuerte, menos contaminante y más justo, ponen el énfasis en áreas de acción política que promueven la innovación más allá de la ciencia y la tecnología: las políticas de educación y formación adaptadas a las necesidades de la sociedad actual, una mayor atención a la creación y desarrollo de nuevas empresas, así como la generación de nuevos empleos. Todo ello sin olvidar la introducción de mecanismos que promuevan la difusión y aplicación del conocimiento, la gobernanza para la cooperación internacional en ciencia y tecnología y los sistemas de medición para guiar la formulación de políticas.¹⁶

Asimismo, la Unión Europea en su *Estrategia 2020* propone tres objetivos prioritarios a desarrollar por cada país:

¹⁵“Estrategia de Innovación de la OCDE: conseguir ventajas para el futuro”. Mayo 2010.

¹⁶ Estrategia Estatal de Innovación. p. 10.

1. Crecimiento inteligente: crear valor, basando el crecimiento en el conocimiento y la innovación. Reforzándose así las oportunidades y la cohesión social, aprovechando el potencial que encierran la educación, la investigación y la economía digital.
2. Crecimiento sostenible: crear una economía competitiva, conectada y respetuosa con el medio ambiente.
3. Crecimiento integrador: potenciar el papel de los ciudadanos en sociedades inclusivas.

Para conseguir estos objetivos se proponen iniciativas como la “Unión por la innovación” con el fin de redirigir la política de I+D hacia los retos a los que se enfrenta nuestra sociedad: cambio climático, energía y uso eficaz de los recursos, salud, evolución demográfica, etc.

La literatura existente sobre los sistemas de innovación nacionales y regionales nos ha servido para obtener una perspectiva desde la que abordar un concepto tan amplio. Buesa *et al* (2002) sostienen que los elementos integrantes de un sistema regional de innovación pueden clasificarse en tres grupos: los que participan directamente en la generación de conocimiento (universidades, organismos públicos de investigación y empresas con actividades de I+D), los que facilitan la distribución de la información (centros y parques tecnológicos, fundaciones universidad-empresa y las agencias de desarrollo regional) y, finalmente, los que facilitan recursos financieros para el desarrollo de proyectos de innovación (por ejemplo, entidades de capital-riesgo).

2.3 LA INVERSIÓN EN I+D: VEHÍCULO PARA IMPLANTAR LA BIOECONOMÍA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Trasladando el anterior análisis a la región madrileña, destaca la participación que tienen en el Programa Marco los organismos de investigación y las empresas; lo cual está relacionado, por un lado, con la centralización en esta comunidad de buena parte de los organismos públicos de investigación y, por otra, con una mayor presencia relativa de los sectores industriales intensivos en I+D, de los servicios de alta tecnología y de las grandes empresas.¹⁷

Tomando como referencia el marco reglamentario en la Comunidad de Madrid en el que se desenvuelven las políticas en la materia que nos ocupa, las ayudas se encuadran dentro de los Programas Regionales de Investigación Científica e Innovación Tecnológica (PRICIT). Los sucesivos programas, duración y presupuesto han sido los que aparecen recogidos a continuación.

Tabla 1: Planes Regionales de Investigación Científica e Innovación Tecnológica en la Comunidad de Madrid

	Duración	Presupuesto Total (Millones de Euros)
I PRICIT	1990-1993	19
II PRICIT	1994-1997	53
II PRICIT (prórroga)	1998-1999	46
III PRICIT	2000-2003	112
III PRICIT (prórroga)	2004	43
IV PRICIT	2005-2008	225

Fuente: INE. Estadística de Ciencia y Tecnología

¹⁷ Torrejón Velardiez, M. Política Tecnológica y Agentes del Sistema Regional de Innovación. Impacto del V PM de I+D de la UE en las Regiones Españolas. p. 117.

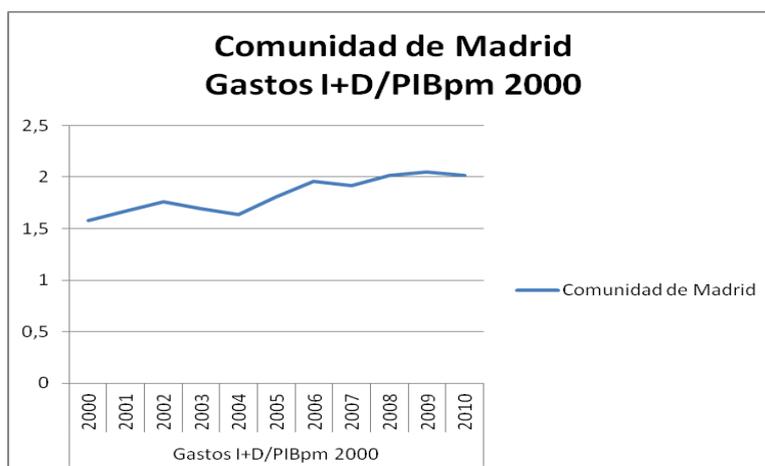
Los dos primeros planes se enfocaron fundamentalmente a la investigación científica y la creación de conocimiento.

El plan del período 2000-2003 incluye líneas específicas de apoyo a la I+D empresarial y la innovación tecnológica y se orientó al fomento de la generación de conocimientos estratégicos para la región, la competitividad y la calidad de la investigación en el ámbito internacional; la integración de todos los elementos del sistema regional de innovación; la oportunidad de abordar la internalización; el impulso del espíritu emprendedor y el estímulo a la creación de empresas de base tecnológica: la mejora de las interrelaciones entre los diversos agentes científicos, tecnológicos y empresariales; y la participación de los ciudadanos en la ciencia y la tecnología.

El último de esta serie de planes, el IV Plan Regional de Inversión en Ciencia y Tecnología (IV PRICIT), que ha comprendido el periodo 2008-2011, centra sus objetivos en el fomento de la investigación científica y a la innovación tecnológica desde la investigación. Este Plan se cofinancia con el Fondo Social Europeo y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Se desarrolla en quince programas buscando todos la coordinación con los contenidos del Plan Nacional de I+D+i y el Programa Marco de la UE.

Según información proporcionada por la Dirección General de Universidades e Investigación de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, no existe un V PRICIT que dé continuidad al anterior, en su lugar existen un conjunto de ayudas y estímulos a la innovación tecnológica en la Comunidad de Madrid, incentivando las acciones de investigación y desarrollo, a la comunidad científica y a determinados sectores empresariales.

En este punto analizamos la situación concreta en materia de inversión en I+D en la Comunidad de Madrid para observar cómo en los últimos años el esfuerzo inversor en estas actividades ha sufrido un estancamiento.

Gráfico 10: Evolución del gasto en I+D en la Comunidad de Madrid

Fuente: INE. Estadística de Ciencia y Tecnología

2.3.1 EL VÍNCULO ENTRE BIOECONOMÍA E I+D

Con ánimo de observar los efectos de implantar la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid hemos considerado que será el resultado de canalizar la inversión a través de la I+D en determinadas actividades de carácter transversal.

Por ello, con el fin de acotar su aplicación práctica, planteamos que el modo de trasladar al entramado económico la aplicación de la Bioeconomía consiste en invertir en I+D en ámbitos tales como: biotecnología e industria farmacéutica; informática/redes/comunicaciones; modelización y análisis de datos; energía y transporte; sistemas de ingeniería; imágenes de alta velocidad; liderazgo e innovación educativa; sistemas de protección de salud; diseño mecánico e ingeniería; nanotecnología; cadenas de suministro y sistemas de logística; marketing; diseño de sistemas e ingeniería y organización empresarial.

En definitiva, si observamos cada una de las actividades mencionadas y nos circunscribimos al ámbito de aplicación de la Comunidad de Madrid, hemos optado por seleccionar como vínculo entre Bioeconomía e inversión en I+D las siguientes ramas de actividad: material eléctrico, material electrónico, máquinas oficina y precisión, productos farmacéuticos, comunicaciones, educación, servicios a empresas y alimentación.

2.3.2 LA I+D EN LA COMUNIDAD DE MADRID

En concreto, en la Comunidad de Madrid, la Bioeconomía aparece estrechamente ligada a la economía del conocimiento y las relaciones entre ciencia, tecnología y tejido productivo. La estadística sobre inversión en los sectores de alta y media tecnología, cifras relativas a los recursos empleados en I+D (gastos en I+D sobre el PIB, participación en el gasto nacional en I+D, personal dedicado a I+D, inversión por empleado, número de investigadores) así como los resultados obtenidos (publicaciones, patentes) muestran que Madrid se coloca a la cabeza de España. De forma que el dato de referencia para el presente estudio sitúa el esfuerzo conjunto en actividades de I+D en la región en torno a una cifra de gasto del 1,8% de su Producto Interior Bruto en el año 2005 hasta alcanzar cifras cercanas al 2% desde 2008 y hasta 2010, así lo observamos en la siguiente tabla:

Tabla 2: Porcentaje de gastos en I+D respecto al PIB pm de la Comunidad de Madrid. Serie 2000-2010.

	Duración	Presupuesto Total (Millones de Euros)
I PRICIT	1990-1993	19
II PRICIT	1994-1997	53
II PRICIT (prórroga)	1998-1999	46
III PRICIT	2000-2003	112
III PRICIT (prórroga)	2004	43
IV PRICIT	2005-2008	225

Fuente: INE. Estadística de Ciencia y Tecnología

El sistema regional de I+D de la Comunidad de Madrid se caracteriza por disponer de gran número de instituciones de investigación dependientes de diversos

organismos públicos como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), más catorce universidades.

Esta importante concentración de recursos hace que la región madrileña tenga una gran responsabilidad en el funcionamiento de los sistemas de ciencia y tecnología e innovación españoles. Sin embargo, en los últimos años el dinamismo mostrado por el Sistema de I+D en la Comunidad de Madrid ha sido menor que el del conjunto del país, tanto en términos de gasto en I+D como en crecimiento de investigadores. En efecto, entre 1990 y 2004 el gasto en I+D del Sistema se multiplicó por 3,8 en términos reales, frente al 2,4 que se registró en Madrid. Con respecto al número de investigadores en el Sistema, en España las cifras se multiplicaron entre esos dos mismos años por 2,6 mientras que en la Comunidad de Madrid lo hicieron por 1,8. El menor incremento de recursos financieros y humanos en Madrid, ha reducido en un 30% la representación de esta Comunidad en el Sistema de Ciencia y tecnología del país¹⁸.

Para poder establecer una regla de reparto del shock de inversión que simulamos a través del modelo lineal en materia de I+D en la Comunidad de Madrid, hemos recurrido a la estadística proporcionada por el Instituto de Estadística madrileño.

En la Comunidad de Madrid destaca la participación que tienen en el Programa Marco los organismos de investigación y las empresas; lo cual está relacionado, por un lado, con la centralización en esta comunidad de buena parte de los organismos públicos de investigación y, por otra, con una mayor presencia

¹⁸ Análisis de la inversión en Ciencia y Tecnología, de la Administración General del Estado, en la Comunidad de Madrid. Consejería de Educación. Comunidad de Madrid. www.madrid.org.

relativa de los sectores industriales intensivos en I+D, de los servicios de alta tecnología y de las grandes empresas.¹⁹

No podemos dejar de mencionar el portal de servicios denominado Madri+d²⁰, un foro de intercambio y difusión de ciencia y tecnología que cuenta con una serie de miembros tales como universidades, centros, institutos, asociaciones y agencias de investigación de diversos ámbitos, así como con la colaboración de entidades públicas y privadas especializadas en la gestión de la innovación vinculadas a Madri+d para el desarrollo de actividades.

¹⁹ Torrejón Velardiez, M. Política Tecnológica y Agentes del Sistema Regional de Innovación. Impacto del V PM de I+D de la UE en las Regiones Españolas. p. 117.

²⁰ www.madrimasd.org: Organismo dependiente de la Comunidad de Madrid encargado de ofrecer servicios de innovación tecnológica, investigación y desarrollo.

CAPÍTULO 3
MODELOS MULTISECTORIALES DE SIMULACIÓN DE
IMPACTOS

3.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es ofrecer una visión general de los modelos multisectoriales de equilibrio general (tanto los Modelos SAM lineales como los MEGAs). Por tanto este capítulo enmarcará, desde un punto de vista teórico, los modelos desarrollados en la segunda parte de esta tesis (parte empírica).

Para alcanzar este objetivo, se ha estructurado el capítulo comenzando por una primera sección dedicada a aclarar qué se entiende por un modelo SAM lineal y por un MEGA junto a una breve revisión de cuales han sido sus antecedentes. En el segundo apartado se analiza el proceso de elaboración o construcción de un modelo de equilibrio general aplicado de carácter estático. En el tercer epígrafe se introducen los modelos dinámicos de equilibrio general. Para concluir se han recogido las principales ventajas y limitaciones que presenta esta metodología de modelización.

Estos modelos de simulación se sitúan entre la economía puramente normativa (que trata de explicar cómo debería ser una economía) y la econometría (que trata de valorar los determinantes reales de una situación económica concreta). Constituyen instrumentos al servicio de la planificación de políticas económicas que se puedan desarrollar desde instituciones internacionales, gobiernos, centros de investigación y universidades (Gómez-Plana, A.G., 2001).

3.2 LOS MODELOS SAM LINEALES

En este epígrafe haremos una presentación de los modelos que se obtienen directamente de las propias identidades contables de una SAM, planteando la ecuación matricial obtenida al calcular los llamados coeficientes lineales. Son los llamados modelos de multiplicadores lineales o modelos SAM lineales. El origen de estos modelos está en las Tablas Input-Output (TIO), por lo que comenzaremos describiendo dichas tablas.

3.2.1 LOS ANTECEDENTES: LAS TABLAS INPUT-OUTPUT

A continuación describimos brevemente las tablas input-output (abreviadamente, TIO), puesto que son el origen de las matrices de contabilidad social. Ampliando las tablas input-output se construyen dichas matrices, al incorporar los flujos de renta y gasto entre los sectores institucionales.

La información contenida en las tablas input-output cuantifica los flujos económicos que se han producido durante el periodo de referencia, generalmente un año, entre los diferentes agentes económicos que actúan en el territorio: empresas residentes, agrupadas en ramas homogéneas de actividad; empresas no residentes, como productoras de importaciones y compradoras de exportaciones; familias en su doble papel de consumidores y fuerza de trabajo; y, finalmente, las Administraciones Públicas, como productoras de servicios y receptoras de impuestos.

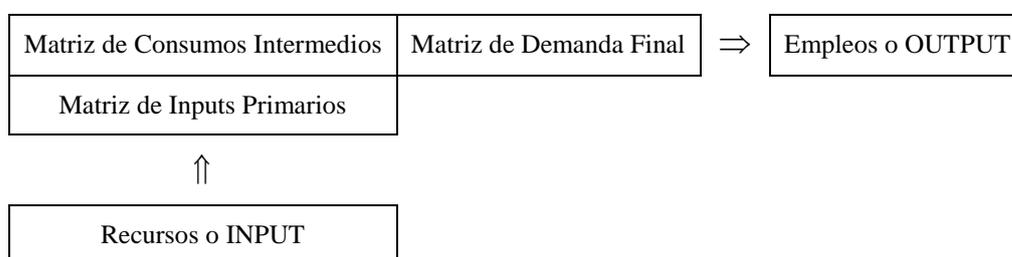
Cada fila de la tabla muestra dónde van a parar los outputs del sector correspondiente, siendo la suma de dicha fila el output total del sector. A su vez, cada columna de la tabla muestra todos los inputs que recibe el sector correspondiente. Así pues, las tablas input-output describen los flujos tanto de bienes y servicios como de factores productivos entre las distintas ramas de actividad. Registran las transacciones entre ramas, así como con los factores primarios y con los demandantes finales.

Básicamente, una tabla input-output consta de tres grandes bloques:

- **Matriz de relaciones interindustriales o de consumos intermedios**, que sintetiza los intercambios que se producen entre las diferentes ramas productivas de la economía. En el bloque de relaciones interindustriales a cada rama le corresponde una fila y una columna de la TIO; en la columna se reflejan los inputs o entradas para el proceso productivo de la rama considerada que recibe de las demás ramas (compras intermedias), y en la fila, los outputs o destinos de las producciones de dicha rama que se utilizan como consumos intermedios de las otras ramas (distribución del producto entre las ramas compradoras).
- **Matriz de inputs primarios**, que recoge la remuneración de los factores de producción y el excedente bruto de explotación, conceptos que integran el valor añadido de cada rama, y las importaciones.
- **Matriz de demanda final**, que contempla la parte de la producción de las ramas que se destina a usos finales: consumo individual, consumo colectivo, formación bruta de capital y exportaciones.

En resumen, una columna de una tabla input-output expresa la estructura productiva de una rama (consumos intermedios e inputs primarios utilizados para obtener su producción) y una fila representa los destinos o empleos (intermedios y finales) de las producciones de esa rama.

Gráfico 11: Esquema de una tabla input-output



Fuente: Elaboración propia

La utilización masiva de las tablas input-output en las investigaciones sobre distintos aspectos de los sistemas económicos a diferentes escalas tiene sus orígenes en

los trabajos de W. Leontief, quien al publicar en 1941 su obra *The Structure of the American Economy, 1919-1929*, implantó el denominado modelo input-output. Leontief fue quien desarrolló los fundamentos teóricos del análisis input-output. Desde entonces, una gran cantidad de autores han desarrollado dicho modelo y han aportado un amplio conjunto de técnicas de análisis. Básicamente se trata de definir la interdependencia existente entre los diferentes sectores que componen la economía que queremos estudiar, mediante una serie de ecuaciones lineales cuyos coeficientes representan las características estructurales de dicha economía. El valor de estos coeficientes se determina empíricamente.

Ahora bien, los modelos de Leontief infravaloran el efecto total que produce una variación exógena en la demanda de cualquier rama de actividad sobre el conjunto de la economía. Esto es debido a que los efectos no se agotan en la demanda intermedia sino que también afectan a la renta de las empresas y de los hogares, lo que provoca variaciones en el consumo y en la inversión, lo cual inicia un nuevo ciclo de efectos inducidos.

Al ampliar los datos del Marco Input-Output (nacional o regional) con los datos de la Contabilidad Nacional o la Contabilidad Regional se obtiene una base de datos más completa, una matriz de contabilidad social a escala nacional o regional, que permite ampliar el estudio de los efectos de una perturbación de la demanda no solo en el entramado productivo, sino también en el resto de sectores que componen una economía (Hogares, Sociedades, etc.).

3.2.2 LOS DATOS: LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL

Una Matriz de Contabilidad Social (MCS) o Social Accounting Matrix (SAM) es una base de datos que representa de un modo consistente, para un período de referencia, todos los flujos de bienes, servicios y renta entre todos los agentes de una economía; es decir, es una representación matricial a nivel desagregado del flujo circular de la renta. Dichas transacciones reflejan las relaciones existentes entre los agentes económicos, describiendo las operaciones de producción, de distribución, de

uso de la renta y de acumulación. Puesto que recoge todas las interacciones existentes en una economía, constituye un sistema contable de equilibrio general.

Una SAM proporciona información referida a un año de aspectos tales como la estructura, composición y nivel de la producción, el valor añadido generado por los factores de producción y la distribución de la renta entre los diferentes grupos de economías domésticas.

La importancia de estas matrices quedó reflejada en la revisión de 1993 del Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas (SCN-93), y en el SEC de 1995, variante para la Unión Europea del SCN de 1993, al proponer ambos un método para construir las. Ambos documentos constituyen el marco de referencia obligado para la elaboración de las estadísticas económicas a nivel nacional y regional.

Las SAM resuelven algunas de las limitaciones informativas de las Tablas Input-Output (en adelante TIO). Las TIO centran su información en la cadena de interdependencias productivas de la economía. La ventaja de una SAM es que permite incorporar todas las transacciones económicas que se producen entre todos los agentes en una determinada economía; concretamente, muestra las interrelaciones mutuas entre la estructura de producción, la distribución del ingreso y los patrones de consumo, permitiendo el cierre del flujo circular de la renta. Una SAM complementa informativamente y expande analíticamente las posibilidades de una tabla input-output.

El premio Nobel W. Leontief en su obra *The Structure of the American Economy, 1919-1929* (1941), desarrolló las primeras tablas simétricas input-output y el análisis input-output que hoy conocemos como “modelos de Leontief”. Un año más tarde aparece el término “contabilidad social” acuñado por Hicks (1942) en su obra *The Social Framework*, en la que incluye un capítulo dedicado al sistema de contabilidad social.

A mediados del siglo XX, organismos oficiales como Naciones Unidas o la OCDE²¹ fueron conscientes de la necesidad de establecer una metodología a nivel internacional, que facilitara la comparabilidad de los datos de distintas regiones o países. Así comenzaron a elaborarse metodologías comunes que dieran satisfacción a la diversidad de necesidades y disponibilidades estadísticas de los diferentes países y áreas económicas.

Los trabajos culminaron en los años sesenta y fue el Nobel de Economía R. Stone quien configuró los modernos Sistemas de Cuentas Económicas de la ONU y de la OCDE (1952). Fue también Stone (1962) quien desarrolló el concepto de Matriz de Contabilidad Social y quien elaboró el Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas de 1968 (SCN68), donde se incluyen por primera vez las Matrices de Contabilidad Social como un método alternativo de presentación del sistema completo de cuentas. El SCN68 constituyó el antecedente inmediato del Sistema Europeo de Cuentas Económicas Integradas de 1970 (SEC70), conjunto de normas establecido por las Comunidades Europeas como referencia metodológica para las cuentas económicas elaboradas en los países miembros. Posteriormente apareció una segunda versión ligeramente modificada (SEC79).

Después de 25 años aparece un nuevo Sistema de Cuentas Nacionales, publicado en 1993 por Naciones Unidas, que marca las nuevas directrices sobre la contabilidad social. Al pretender reflejar una realidad más compleja, el SCN93 añade muchos más conceptos y definiciones, pero la contribución más importante es que desagrega los sectores institucionales y especialmente los hogares, según criterios de distribución de la renta, y los factores productivos, por categorías que permiten caracterizar el mercado laboral.

²¹ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

Posteriormente aparece el Sistema Europeo de Cuentas Nacionales y Regionales publicado en 1995 (SEC95)²², que será el marco contable para los países de la Unión Europea. El SEC95 es la versión europea del SCN93.

El SEC95 sustituye al Sistema Europeo de Cuentas Económicas Integradas publicado en 1970 (SEC70) y es de obligado cumplimiento para los países de la Unión Europea, lo que supone una novedad ya que los anteriores sistemas de cuentas no lo eran.

El enfoque dado por las SAM fue iniciado por Stone (1978) y Pyatt y Round (1979), siendo desarrollado posteriormente, entre otros, por los trabajos de Defourny y Thorbecke (1984), Pyatt y Round (1985), Robinson y Roland-Holst (1988).

En España, se pueden considerar como antecedentes en la elaboración de SAM el trabajo de Kehoe *et al.* (1988) referido a la economía española en 1980, el de Uriel (1990), que publicó una SAM alternativa para 1980 tomando como referencia el trabajo anterior y el de Polo y Sancho (1993), que construyeron para 1987 la primera SAM para España en formato cuadrado. Posteriormente se han elaborado varias matrices referidas al año 1990 y en la última década podemos citar los trabajos de Cardenete y Sancho (2003) con una SAM de 1995 y Rodríguez y Llanes (2005) con una matriz para el año 2000. Más recientemente, Cámara, Flores y Fuentes (2010) han elaborado una SAM referida al año 2005.

Dada la importancia de realizar estudios regionales, en los últimos años están apareciendo también matrices de contabilidad social de ámbito regional. Centrándonos en España, durante los últimos años se ha vivido un proceso de descentralización administrativa que se ha ido concretando en una paulatina asunción de competencias por parte de las comunidades autónomas. Este proceso ha generado la necesidad de conocer la estructura de las economías regionales y su evolución en el tiempo, por lo

²² Publicado como Reglamento (CE) n° 2223/96 del Consejo de 25 de junio de 1996 relativo al sistema europeo de cuentas nacionales y regionales de la Comunidad.

que desde mediados de los años 80 han comenzado a elaborarse cuentas regionales tanto por parte del Instituto Nacional de Estadística (INE) como de las oficinas estadísticas de las diferentes comunidades autónomas.

A partir del año 1986, junto con la Contabilidad Nacional de España (CNE) y vinculada a ésta, el INE elabora la Contabilidad Regional de España (CRE) con el objetivo de ofrecer una descripción cuantificada y lo más completa posible de la actividad económica regional en España (por comunidades autónomas y provincias).

Esta situación ha propiciado el desarrollo de matrices de contabilidad social a nivel regional. El primer trabajo de este tipo fue el realizado para Andalucía por Curbelo (1988), que elaboró la SAMA80. Más tarde Rubio (1995) elaboró una SAM para Castilla y León referida al año 1985 y dos años más tarde Manresa y Sancho (1997) elaboraron para Cataluña la SAM del año 1987. Posteriormente se han elaborado matrices SAM para otras comunidades autónomas como Extremadura, Asturias, Galicia, Aragón o Madrid. Para esta última comunidad autónoma disponemos de matrices para el año 2000, elaborada por Cámara (2008), y para el año 2002, elaborada por Monrobel (2010).

3.2.3 CONSTRUCCIÓN DE UNA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL

Como ya se ha destacado, una SAM pretende representar todas las transacciones realizadas en el conjunto de una economía, durante un período de tiempo. Dichas transacciones reflejan las relaciones existentes entre los agentes económicos, describiendo las operaciones de producción, de distribución, de uso de la renta y de acumulación. Las tablas input-output definen la relación entre la demanda final y la producción y las SAM describen, a su vez, cómo el proceso productivo influye y determina la demanda. Por tanto vienen a ampliar el modelo abierto de Leontief y las relaciones que contienen las tablas input-output, dado que describen los flujos entre el valor añadido y la demanda final, de tal manera que quede representado el flujo circular de la renta.

Gráfico 12: El flujo circular de la renta en una economía abierta



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico 12** se observa cómo las empresas producen bienes y servicios haciendo uso de los factores de producción. El pago de las empresas a los factores como consecuencia de su contribución al proceso productivo constituye la renta de los factores. Dicha renta se distribuye entre los diferentes sectores, que la destinarán bien al ahorro (iniciando el proceso de inversión) o bien al consumo. En ambos casos la renta vuelve al proceso de producción. El gasto de la administración pública comprende el consumo del sector público y las adquisiciones de inversión, el resto de las compras se consideran consumo público. Por otro lado, realiza transferencias, que son gastos sin contrapartida con el objetivo de redistribuir la renta. Las exportaciones netas, como diferencia entre las exportaciones y las importaciones de bienes y servicios, entran a formar parte en este esquema, de modo que, la idea de flujo circular de la renta queda totalmente incorporada en una matriz de contabilidad social.

Así pues, una SAM es una base de datos, en formato de cuadro de doble entrada, que recoge el flujo de ingresos y gastos de todos los agentes de una economía en un período temporal de referencia. Por convenio, en las filas de la SAM se representan los ingresos monetarios de las cuentas y en las columnas se muestran los respectivos gastos.

En una SAM cada fila (y su correspondiente columna) representa una cuenta distinta. Cada cuenta puede representar un agente económico, una actividad, un input o un producto. Cada columna de la SAM contiene los pagos realizados por las instituciones económicas agrupadas en la cuenta al resto de las cuentas. Por su parte, cada fila muestra los ingresos o fuentes de financiación del gasto asociados a la cuenta correspondiente. Dado que el número de filas coincide con el número de columnas las SAM son cuadradas. Además, la suma total de cada columna coincide con la de la fila correspondiente, puesto que los ingresos de cada cuenta (registrados en una fila) tienen asignado siempre un destino, cuyo desglose aparece en la columna correspondiente. Como consecuencia de ello, las SAM satisfacen la variante de la ley de Walras según la cual, si todas las cuentas están en equilibrio entonces la cuenta final también lo estará. Esta propiedad relaciona las SAM con los modelos neoclásicos de equilibrio general. Por último, para que sean representadas todas las transacciones entre los agentes económicos y los sectores productivos, los conceptos por filas y por columnas han de estar ordenados idénticamente.

Una matriz de contabilidad social es un sistema de datos completo (están identificados tanto el receptor como el dador de cada transacción), consistente (cada renta cuenta con su correspondiente gasto), general y desagregado (incluye todas las transacciones entre sectores, instituciones y agentes económicos) que refleja la interdependencia que existe en un sistema socioeconómico. Proporciona una imagen estática, una fotografía de gran utilidad para diagnosticar la situación inicial de una economía, punto de partida para la elaboración de un modelo.

La construcción de una SAM tiene dos objetivos fundamentales. En primer lugar, es una base de datos organizada que contiene la información sobre la estructura económica y social de una economía en un año dado. En segundo lugar, es una base estadística necesaria para construir modelos que analizan los efectos de determinadas políticas económicas sobre las variables macroeconómicas relevantes.

Los modelos que utilizan una SAM como base de datos son los llamados modelos multisectoriales, que se dividen en dos grandes grupos: los modelos SAM

lineales, cuya estructura formal es similar al modelo abierto de Leontief, y los Modelos de Equilibrio General Aplicado (MEGA), que son más flexibles que los modelos lineales, ya que tienen menos supuestos previos.

3.2.4 LOS MODELOS SAM DE MULTIPLICADORES LINEALES

Cuando se toman decisiones de política económica, su alcance no se limita a los agentes a los que afectan directamente, sino que sus efectos repercuten en todos los mercados; de hecho, debido a la interdependencia existente entre los agentes económicos, es difícil que los efectos de una medida afecten exclusivamente a un subconjunto de éstos. Otra cuestión es el grado de intensidad con el que una medida afecta a los distintos agentes o mercados. Además, en la mayoría de las situaciones es difícil conocer de antemano la importancia de los efectos indirectos y por tanto una análisis general resulta de enorme utilidad.

Frecuentemente nos preguntamos cómo una reforma fiscal, una medida de política económica, un cambio en los precios de las importaciones o una regulación del mercado laboral, se materializarán sobre el bienestar de los agentes, los precios de producción, los precios de los bienes de consumo o los niveles de actividad productiva. Si además de los efectos directos sobre un ámbito económico concreto, se quieren conocer aquellos efectos que, indirectamente, se desencadenan sobre el conjunto de la economía, es decir, si se desean incorporar tanto las consecuencias más directas, como las que se producen de forma indirecta sobre los agentes y los mercados, se necesita un análisis global, que tenga en cuenta la complejidad inherente a cualquier sistema económico.

Los modelos lineales de equilibrio general, al incorporar explícitamente el entramado de interdependencias entre todos los agentes y mercados de una economía, permiten observar los efectos, directos e indirectos, resultantes de cambios en variables de política económica sobre otras variables de máximo interés como precios relativos, niveles de actividad o distribución de la renta.

El modelo *input-output* desarrollado por Leontief representa el primer modelo de equilibrio general en el que se recogen fielmente los efectos de interdependencia económica entre los sectores industriales. Dicho modelo ha sido el embrión de otros modelos de equilibrio general más sofisticados.

El modelo de Leontief permite captar, a través de la matriz inversa, los efectos de cambios en la demanda final sobre los niveles de actividad de los sectores productivos, pero no capta la cadena de interdependencias que subyacen en la estructura productiva. Los multiplicadores de la inversa de Leontief no reflejan la relación entre renta y gasto que tiene lugar fuera de la esfera productiva de la economía. Sí recogen el aumento que sobre los niveles de producción sectoriales y las rentas de los factores, provoca un aumento exógeno en la demanda final. Pero este aumento de la actividad económica y de las rentas, al distribuirse entre los hogares, en forma de ingresos netos, y el sector público en forma de impuestos, estimula el consumo y el ahorro de los hogares y posiblemente el gasto público, incidiendo nuevamente sobre la demanda final dirigida a los sectores productivos. Por ello, el modelo *input-output* tradicional, que no incorpora estos efectos, no ofrece una información completa de los mecanismos de interdependencia que caracterizan el flujo circular de la renta.

Todas estas limitaciones se superan con la utilización de las matrices de contabilidad social y sus multiplicadores asociados, que sí incorporan los efectos de variaciones de la renta en todos los sectores que componen una economía. Utilizando los datos de una matriz de contabilidad social se puede elaborar un modelo lineal de multiplicadores, siguiendo la metodología de los multiplicadores *input-output*, pero con resultados más amplios que los que se obtienen con dicha metodología, ya que consideran toda la estructura económica. Es decir, los multiplicadores no se centran únicamente en los sectores productivos sino que analizan también los factores productivos, los sectores institucionales y el sector exterior.

Una primera aplicación de estos multiplicadores es detectar cuales son los sectores clave de una economía. Estos multiplicadores permiten identificar aquellos

sectores que generan mayores efectos de expansión sobre los niveles de renta del sistema económico en su conjunto, así como los sectores que absorben una mayor parte del crecimiento que se produce en la renta.

Los modelos de multiplicadores son modelos keynesianos, en los que la demanda agregada determina completamente el nivel de producción; es decir, la producción puede absorber completamente variaciones de demanda tanto directas como indirectas e inducidas, debido a perturbaciones exógenas. Los supuestos en los que se basan las estimaciones de estos modelos son: coeficientes técnicos de producción constantes, estabilidad de los coeficientes en el tiempo y que la oferta absorbe completamente el cambio de demanda, por lo que se asume implícitamente que los precios permanecen constantes.

Para obtener los multiplicadores lineales, se comienza diferenciando en la matriz de contabilidad social entre cuentas endógenas y cuentas exógenas. Gracias al desarrollo de la metodología de multiplicadores lineales es posible analizar los impactos sobre las cuentas endógenas de inyecciones de renta procedentes de las cuentas exógenas.

Los modelos SAM lineales, al contrario que los modelos de equilibrio general aplicado, asumen que los precios son exógenos al modelo. Aunque los modelos no lineales pueden ser considerados más realistas que los lineales, tienen una mayor exigencia de información relevante. Se considera que ambos tipos de modelos (lineales y no lineales) tienen diferentes funciones y utilidades. En concreto, los modelos lineales son apropiados para estudios regionales ya que la premisa de precios exógenos es bastante realista en este caso, pues difícilmente un gobierno regional es capaz de alterar la estructura relativa de precios.

Este tipo de análisis se realiza a partir de las propias relaciones contables que se derivan de la SAM de forma análoga al análisis input-output, pero de un modo más completo. Consiste en calcular coeficientes, que se consideran fijos en el tiempo. Los multiplicadores contables o multiplicadores lineales proporcionan una primera

estimación de los efectos que una variación en cualquiera de las cuentas tiene sobre la producción, en el uso de los factores productivos o en la distribución de la renta.

Estos modelos asumen un comportamiento lineal para los diferentes agentes económicos. También consideran constantes en el tiempo los coeficientes incorporados en su formulación (suelen considerarse constantes para períodos de tiempo de aproximadamente entre 5 y 10 años). Y, por último, se parte de un escenario con exceso de capacidad de recursos, por lo que la expansión de la demanda final puede satisfacerse mediante una mayor oferta sin que esto afecte a los precios.

Para construir estos modelos en primer lugar se han de determinar qué cuentas se consideran exógenas. Al igual que en el modelo de Leontief, se considera que se ha producido una variación en las variables exógenas y se observa cómo afecta al conjunto de los agregados. En la práctica, las cuentas que se suelen considerar como exógenas son las que se determinan fuera del sistema económico o que constituyen instrumentos potenciales de política económica, es decir, las cuentas relativas al Sector Público, la cuenta de Inversión y la cuenta del Sector Exterior.

Los multiplicadores SAM se pueden utilizar, entre otras cosas, para analizar el impacto sobre la distribución de la renta de una inversión, de los cambios en el gasto del sector público o de los cambios en las estrategias de desarrollo. En esta tesis doctoral se utilizará un modelo SAM lineal para analizar el impacto de la inversión en I+D en la Comunidad de Madrid.

3.3 LOS MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO (MEGA) ESTÁTICOS

Nos aproximamos al concepto de Modelo de Equilibrio General Aplicado a través de las diversas definiciones que han propuesto durante las últimas décadas expertos en la materia como Dervis, De Melo y Robinson (1982); Bergman, (1990); De Haan, (1994); Chisari, (2007) y Polo, Cardenete y Fuentes, (2009). Pudiendo así establecer, resumidamente, que los Modelos de Equilibrio General Aplicado son modelos matemáticos multisectoriales, resultado de la evolución del equilibrio general walrasiano, que representan de forma abstracta, mediante un conjunto de ecuaciones numéricas, las condiciones de equilibrio simultáneo en los mercados de una economía. Tales modelos recogen el comportamiento de unos agentes representativos que optimizan sus comportamientos, a partir de datos de tecnología, distribución de recursos y preferencias. De tal modo que precios y cantidades varían endógenamente para determinar el conjunto de precios que vacía los mercados. Constituyen una herramienta para la evaluación cuantitativa ex-ante de los efectos de determinadas políticas sobre el equilibrio de la economía objeto del estudio.

Baldwin y Venables (1995) los clasifican en tres tipos:

- *Modelos de primera generación*, son los que aplican de forma más ortodoxa los supuestos de la Teoría del Equilibrio General de Arrow-Debreu. Bajo un escenario estático de la economía analizada, utilizan el supuesto de existencia de competencia perfecta en los mercados.
- *Modelos de segunda generación*, que siguen siendo de carácter estático, pero incorporan la existencia de rendimientos de escala crecientes y competencia imperfecta en el comportamiento de los productores. Suponen una extensión del modelo tradicional de Arrow-Debreu, al reflejar no convexidades en la modelización del comportamiento supuesto de los productores.

- *Modelos de tercera* generación, que incorporan aspectos dinámicos a través de cambios en los stocks de capital. Además suelen aparecer también estructuras productivas no competitivas. En su versión más sencilla son el resultado de la aplicación del modelo de Ramsey. Se trata de modelos con un consumidor de vida finita, aunque también se pueden encontrar modelos de generaciones solapadas.

Para la descripción de la estructura general de los MEGA, nos hemos centrado principalmente, por su mayor simplicidad, en los modelos de primera generación. Esto nos va a permitir introducir las principales características de estos modelos de manera sencilla. Sin embargo, también señalaremos algunas de las diferencias más significativas con los modelos de segunda generación y dedicaremos un último apartado a describir los modelos de equilibrio general dinámicos desarrollados que inspiran el que hemos elaborado en esta tesis.

Antes de detallar la estructura de estos modelos, realizamos un breve repaso de cómo se ha desarrollado esta metodología a lo largo de los últimos años.

3.3.1 DESARROLLO HISTÓRICO DE LOS MEGA

Los modelos lineales y no lineales de planificación de los años 50 y 60, basados en los trabajos de Kantorovich (1939) y Koopmans (1947) se consideran como una importante mejora de las técnicas input-output aplicadas hasta entonces, ya que introducen los métodos de optimización en los modelos. Además, en opinión de algunos economistas se pueden entender como un primer intento de desarrollar un equilibrio general aplicable.

No obstante, el primer intento práctico del que existe un gran consenso en considerarlo como un MEGA propiamente dicho, fue el realizado por Johansen (1960).

Hasta siete años después no se elaboraron más modelos, volviendo a aparecer a partir del trabajo de Scarf (1967). Posteriormente, gracias a los esfuerzos de Scarf y Hansen (1973) por aplicar y resolver informáticamente equilibrios económicos, se multiplicaron las aplicaciones de este tipo de modelos.

El impulso definitivo al desarrollo de los MEGA lo dieron los estudios de J. Shoven y J. Whalley en la década de los 70, que despejaron el camino a los investigadores que han seguido sus pasos. Una de las principales aportaciones de estos autores fue extender el modelo Arrow-Debreu, para incluir aspectos hasta entonces ignorados en los modelos teóricos, como las actividades de las Administraciones Públicas y los intercambios internacionales.

Durante las décadas de los años setenta y ochenta se produjeron un gran volumen de estimaciones de modelos de Comercio. Podemos señalar como característicos: los modelos globales que analizaban los efectos de la entonces contemporánea Ronda del GATT en Tokio (Deardorff y Stern 1979 y Whalley, 1980); los primeros análisis de las uniones aduaneras (Miller y Spencer, 1977) y el estudio del proteccionismo en Canadá (Boadway y Treddenick, 1978) como ejemplo de análisis de política comercial para un solo país.

Además de las políticas de comercio exterior, los temas de eficiencia óptima en los sistemas impositivos y sus posibles reformas fueron durante esos años uno de los primeros campos de aplicación de los modelos de equilibrio general aplicado. Podemos señalar, entre otros, los trabajos de Piggott y Whalley (1977) para Gran Bretaña, Keller (1980) para Holanda, Kohoe y Serra (1983) sobre México y Ballard *et al.* (1985) aplicado a Estados Unidos.

Otra de las aplicaciones de esta metodología que ha centrado el interés de los investigadores desde sus comienzos, ha sido el estudio de estrategias de desarrollo, la pobreza y los problemas de distribución del ingreso para los países en desarrollo. Podemos indicar como primeros trabajos a Adelman y Robinson (1978) sobre Corea y Taylor *et al.* (1980) para Brasil.

En los años noventa, la aplicación de este tipo de modelos ya se encontraba extendida a multitud de áreas de la economía aplicada, como por ejemplo la agricultura, con los primeros trabajos, entre otros, de Golden y Knudsen (1992) y Parikh (1994) aplicado a la India, el análisis de políticas migratorias (Kehoe y Noyola, 1991), el turismo (Adams y Parmenter, 1995 aplicado a la economía australiana y Zhou *et al*, 1997 sobre Hawai), y el estudio de los problemas medioambientales y ecológicos (en la actualidad, especialmente los problemas energéticos).

En *España*, el primer MEGA fue elaborado por Kehoe, Manresa, Polo y Sancho (1988) para analizar los efectos de la introducción del IVA, cuando España se adhirió a la Comunidad Económica Europea (CEE) en 1986. Se utilizó una SAM de 1980 para la economía española y los resultados de este estudio sugieren que el impacto de los tipos de IVA propuestos por el gobierno sería negativo sobre el empleo, el consumo y el bienestar. Kehoe, Manresa, Polo y Sancho (1989) analizaron la sensibilidad de estos resultados bajo supuestos alternativos del mercado de trabajo y de cierres macroeconómicos para concluir que el MEGA inicial bajo el cierre neoclásico daba buenos resultados en precios relativos y asignación de recursos.

Para dar continuidad al análisis de política fiscal, Polo y Sancho (1990) estudiaron los efectos de la sustitución de las cotizaciones sociales de las empresas y de los impuestos sobre la renta de los hogares con IVA. Posteriormente, Kehoe, Polo y Sancho (1995) contrastaron las investigaciones anteriores con un estudio ex-post sobre los efectos del IVA que reafirma la utilidad de estos modelos. Los autores confirmaron la buena aproximación de los estudios previos, Kehoe et al. (1988, 1989), a los efectos ex-post reales una vez que los shocks exógenos afectaron la economía española en 1986.

Hay varios estudios centrados en los efectos de la alteración de las cotizaciones sociales de las empresas. Polo y Sancho (1990) midieron los efectos de la reducción de las tasas de impuestos en un 30 por ciento, llegando a importantes efectos positivos sobre el empleo y la producción. Polo y Viejo (2009) hicieron un análisis más extenso y midieron los efectos de la reducción de las cotizaciones de las empresas con y sin la

compensación del IVA, impuesto sobre ingreso de los hogares y las prestaciones por desempleo. Se elaboró un modelo recursivo de equilibrio general dinámico basado en una SAM para 1990 (SAMES-90) donde el equilibrio alcanzado en el año anterior es el punto de referencia para un nuevo período. Sus resultados sugieren que es mejor compensar las reducciones de las cotizaciones sociales de las empresas con impuesto sobre la renta de los hogares que con el IVA.

Un amplio análisis sobre tributación se lleva a cabo en Fernández y Polo (2004), donde algunas variaciones de las tasas de impuestos y el gasto público se llevan a cabo para calcular el impacto de una reducción en la ratio déficit público/PIB de un punto porcentual. En este trabajo Fernández y Polo construyeron un modelo estático y otro dinámico recursivo donde se incluye el capital público como un factor productivo de forma gratuita para las empresas privadas. La principal conclusión es que aunque en el corto plazo la mejor opción es reducir la inversión pública, en el largo plazo tiene efectos muy negativos, lo que frena el crecimiento económico potencial. Por el contrario, Sancho (2004) simuló un aumento del 1% en todas las tasas impositivas marginales para medir la pérdida de bienestar, utilizando un MEGA estático para la economía española en 1990. Los resultados mostraron que la ineficiencia del sistema fiscal en España es alta, observando efectos asimétricos en función de la tasa impositiva.

Por otro lado, hay una serie de estudios que analizan los efectos del mercado único después de la integración española en la CEE. Polo y Sancho (1993a) después de actualizar la matriz de 1980 a 1987 llegaron a la conclusión de que la libre circulación de mercancías y los factores producen efectos positivos sobre la economía española a pesar del aumento de los impuestos indirectos. Estos resultados fueron evaluados a posteriori por los mismos autores, Polo y Sancho (1993b), concluyendo que el MEGA elaborado *ex-ante* capturaba adecuadamente los principales acontecimientos que se produjeron en la economía española a partir de 1986. Roland-Host, Polo y Sancho (1995) analizaron la integración comercial con rendimientos crecientes a escala en algunos sectores productivos, mientras que Gómez-Plana, A.G.

(1998) con una SAM para el año 1990 estudió el impacto asimétrico sobre la industria española de la integración europea.

La inmigración en España también ha sido estudiada mediante modelos de equilibrio general aplicados en los últimos años. Ferri, Gómez-Plana, A.G. y Martín (2001) con una SAM para el año 1990 construyeron un modelo estático en el que la inmigración representaba el suministro de mano de obra no cualificada. Según este estudio, la inmigración tiene efectos positivos sobre el trabajo y la producción a pesar de mostrar efectos mayores a medida que los salarios reales reaccionan frente la tasa de desempleo. El mismo modelo fue utilizado en Ferri, Gómez-Plana y Martín (2002) para analizar las consecuencias de la inmigración, con y sin la movilidad laboral entre todos los sectores productivos. En este caso, el impacto sobre los salarios de los trabajadores no cualificados depende de los sectores que reciben estos trabajadores.

Hay un tema de actualidad en el que los MEGAs son muy útiles como herramienta de simulación: la política ambiental. El aumento de la contaminación y el estudio del doble dividendo (reducción de emisiones y el aumento del bienestar y el empleo) han generado investigaciones centradas en las emisiones de CO₂ y ahorro energético.

En España, Faehn, Gómez-Plana, A.G. y Kverndokk (2005) analizaron el doble dividendo con un MEGA estático y una SAM para los años 1990 y Guerra (2009) analizó el efecto rebote del ahorro de energía para la economía española con datos de 2004. Cuando la energía se vuelve más barata o más eficiente, se tiende a utilizar más y esto es a lo que llama efecto rebote. Según Guerra (2009) los sectores energéticos presentan la mayor erosión de los ahorros potenciales de energía debido a las fuertes interdependencias dentro de su propio mercado.

En relación con los estudios sobre emisiones de CO₂ recientemente Rodrigues, R., Linares, P. y Gómez-Plana (2011) han estudiado los efectos indirectos, sobre la economía española, de la reducción de la demanda de electricidad de los hogares. Los resultados subrayan la necesidad de evaluar el comportamiento de otros sectores al

valorar las consecuencias de fomentar las políticas de gestión activa de la demanda eléctrica.

Por último, Nakov, A. y Nuño, G. (2011) han elaborado un MEGA sobre el mercado global de petróleo cuya conclusión principal indica que el mercado internacional de petróleo posee una estructura dista bastante del paradigma de la competencia perfecta.

Con este repaso se ha visto cómo los MEGA han sido desarrollados y aplicados en España para analizar los efectos de determinadas políticas económicas en materia de impuestos, integración económica, inmigración y energía. Todos estos temas, y aún más, han sido analizados en estudios *regionales*. A este respecto cabe citar las reformas fiscales que han sido estudiadas por: Cardenete y Sancho (2003), Cardenete (2004) para el caso de Andalucía y Llop y Manresa (2004) para Cataluña.

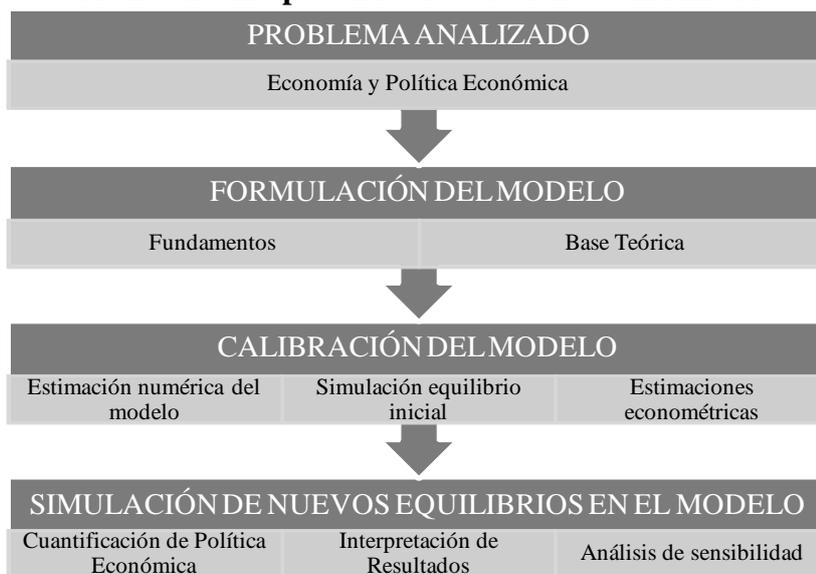
Continuando esta breve revisión de trabajos pertenecientes al ámbito regional, los efectos regionales de la integración europea han sido estudiados por de Miguel (2003) en Extremadura, Cardenete y Lima (2008) para Andalucía y Monrobel (2010) en la Comunidad de Madrid. Estudios sobre política ambiental encontramos los de Manresa y Sancho (2004) para el caso de Cataluña; André, Cardenete y Velázquez (2005); Cansino, Cardenete y Roman (2007); Cardenete, Fuentes y Polo (2008) para Andalucía y de Miguel, Cardenete y Pérez (2009) para Extremadura. Los efectos regionales del turismo han sido estudiados por Polo y Valle (2008a, 2008b) para las Islas Baleares.

3.3.2 ESTRUCTURA DE UN MEGA

A través de los diversos trabajos existentes sobre desarrollo de MEGAs encontramos una metodología común en su diseño. Es común construirlos en tres etapas sucesivas, caracterizándose cada una de ellas por unos objetivos y elementos comunes (Gráfico 13). Estas etapas son:

- 1.- Formulación del modelo
- 2.- Calibración del modelo
- 3.- Simulación de políticas en el modelo

Gráfico 13. Etapas en la elaboración de un MEGA



Fuente: Elaboración propia

Una vez determinado el problema o análisis económico que se desea resolver, el objetivo principal de la primera etapa será la presentación *cuantitativa o teórica* del modelo. Para ello será necesario concretar, entre otros aspectos, el funcionamiento de los mercados, el comportamiento de los agentes y su clasificación. Además, se concluirá esta fase determinando el concepto de equilibrio general utilizado junto con el tipo de cierre adoptado.

La formulación del modelo teórico es sólo el primer paso en la elaboración de un MEGA, ya que uno de los objetivos de estos modelos es el análisis empírico de una economía real concreta. Por tanto, se hace necesaria una segunda etapa consistente en la especificación numérica del modelo, de tal forma que ésta represente a la economía estudiada para un periodo determinado o a lo largo de varios periodos de tiempo. Tradicionalmente, este proceso se realiza mediante la denominada calibración del

modelo a partir de los datos contables y estadísticos disponibles que vienen recogidos en la SAM.

La resolución inicial del modelo, al especificarlo numéricamente, (sin variar ninguno de los valores de las variables exógenas) nos ofrece un equilibrio inicial o de referencia de la economía, replicando la situación económica actual (para el periodo analizado). Esto posibilitará la consecución del segundo objetivo de un MEGA, la evaluación y análisis de los efectos de determinadas políticas económicas.

Para valorar estos efectos se realizarán simulaciones en el modelo, variando algunas de las variables exógenas para posteriormente resolver las ecuaciones del modelo, obteniéndose un nuevo equilibrio.

A continuación describimos en detalle cada una de las tres etapas en las que se divide la construcción de un modelo de equilibrio general aplicado.

3.3.3 FORMULACIÓN DEL MODELO

Siendo el objetivo del investigador construir modelos aplicados que caractericen a los sectores económicos más representativos, y que capten con la debida fidelidad los rasgos más singulares de la economía analizada, orientamos la construcción del modelo en torno a dos ejes:

- La especificación de los agentes que intervienen y su comportamiento supuesto.
- La definición o concepto de equilibrio utilizado.

3.3.3.1 Especificación de los agentes

Señalamos a continuación los aspectos más relevantes y las principales decisiones que debe tomar el investigador en la modelización respecto a los agentes económicos más comunes en cualquier MEGA²³, que clasificamos en:

- a) Sectores productivos
- b) Consumidores
- c) Sector público
- d) Sector exterior

Sectores productivos

Al modelizar los sectores productivos es necesario realizar un ajuste no solo en el número de ramas productivas, sino también en el tipo de agrupación o desagrupación más conveniente para el análisis que se pretende realizar de la economía. Se debe tener en cuenta que una excesiva desagregación del sector productivo podría dificultar la interpretación de los resultados que el modelo acabará proporcionando.

Otro de los supuestos que se deben establecer en el modelo es el funcionamiento de los mercados de bienes producidos, ya que determinará el comportamiento de cada uno de los productores. En relación a este supuesto, existen en la literatura dos tipos de modelización: por un lado, los modelos tradicionales y más ortodoxos con el concepto de equilibrio de Arrow-Debreu que emplean el supuesto de

²³ Se han descrito estos cuatro agentes representativos, al ser éstos los que aparecen, como mínimo, en cualquier modelo empírico. Si bien, pueden ser añadidos en el modelo otros tipos de agentes económicos

competencia perfecta en todos los mercados y por otro, los modelos que incorporan la existencia de competencia imperfecta en algunos de los mercados²⁴.

La siguiente consideración que se debe hacer es determinar la forma funcional mediante la que se relacionan las combinaciones de los factores y resto de inputs (consumos intermedios, importaciones, etc.) para determinar la función tecnológica de producción del hipotético bien homogéneo que fabrica cada una de las ramas productivas representadas en el modelo.

Es habitual, bajo el supuesto de competencia perfecta, que esta tecnología productiva se describa mediante funciones de producción que presentan rendimientos de escala constante, y las formas elegidas más usuales son: Leontief o de coeficientes fijos, de tipo Cobb-Douglas, funciones CES (elasticidad de sustitución constante), funciones LES (Sistema lineal de gasto) y Translog.

La elección de una forma específica dependerá normalmente de cómo serán utilizadas las elasticidades en el modelo y de la disponibilidad de datos estadísticos relativos a estas elasticidades, que permitan su especificación numérica en el proceso de calibración²⁵.

Por otra parte, en la descripción de las relaciones productivas existe la posibilidad de incorporar estructuras anidadas de oferta, definiéndose de este modo distintos niveles de combinación de los inputs del proceso productivo. En la mayoría de los modelos aplicados existentes en la literatura se suele dividir en tres niveles de

²⁴ Los modelos que incorporan competencia imperfecta presentan gran diversidad, lo que hace que no resulte fácil presentar una estructura común en ellos. Esta diversidad se debe a las múltiples formas de competir (monopolio, colusión, oligopolio, etc.) y la variedad de las reacciones de los rivales, representadas a través de las variaciones conjeturales, Cournot, Bertrand, etc. (Véase Ginsburgh y Keyzer, 2002, Cáp. 11). Por otro lado también es relevante el marco geográfico en el que las empresas compiten (mercados integrados o segmentados) ya que las demandas y la competencia a la que se enfrentan en cada marco puede variar.

En esta tesis hemos incluido únicamente la descripción de la formulación de modelos en competencia perfecta. En Gómez-Plana, A.G. (1999), p. 12-21 se puede encontrar una detallada revisión de los distintos tipos de modelos en competencia imperfecta.

²⁵ Véase Whalley (1991), pag. 187.

anidamiento: En el primer nivel se obtiene el bien compuesto o valor añadido mediante la combinación de los factores productivos (capital, trabajo, etc.). La función de producción doméstica es el resultado del segundo nivel de anidamiento mediante la combinación del bien compuesto y los inputs intermedios²⁶. Por último, en el tercer nivel, en caso de economías abiertas, se combinan los productos interiores con los importados para determinar la función de producción total²⁷.

La última consideración se refiere al comportamiento de las empresas, ya que un comportamiento racional de las mismas facilitará la determinación de las cantidades demandadas de los factores y resto de inputs, así como sus correspondientes precios. Esta conducta racional de los productores se supone dirigida a la maximización de sus beneficios sujetos a su restricción tecnológica.

Ahora bien, el especificar funciones de producción con rendimientos de escala constantes implica que ninguna actividad ofrece beneficios positivos a los precios de mercado. Por lo tanto, la condición necesaria para la maximización de beneficios es que los productores minimicen sus costes de producción y la resolución de estos programas matemáticos proporcionarán las ecuaciones del modelo de las demandas de factores productivos y demás inputs del proceso productivo.

Consumidores

Los consumidores se caracterizan como agentes optimizadores de su bienestar, su conducta queda reflejada en los MEGA como la maximización de una determinada función de utilidad dependiente de las demandas de consumo de bienes y de ahorro

²⁶ La función de tipo Leontief es la forma más habitual elegida en los MEGA para este nivel de anidamiento. El supuesto de sustitución nula se deriva del análisis input-output. Como señalan Dixon *et al* (1982) esta hipótesis se justifica en que muchos estudios empíricos no han podido demostrar que los cambios en los precios relativos entre estos inputs sean los determinantes de los cambios en las cantidades relativas de los mismos. Esto lleva a pensar en una sustituibilidad nula o próxima a cero.

²⁷ Este nivel, y por tanto la combinación de bienes importados y domésticos, está condicionado por los supuestos que se realicen respecto al sector exterior de la economía analizada, tal y como detallaremos al describir este sector en el siguiente epígrafe.

restringido a su renta disponible. Dicha renta procederá, principalmente, de la venta de sus dotaciones de los factores productivos.

Si se acepta el principio de que todos los consumidores tienen idénticas preferencias respecto al consumo, estos pueden ser representados por un único consumidor representativo. Sin embargo, es posible que sea adecuado, según el objetivo del modelo, desagregarlos en grupos diferenciados, ya sea por diferentes niveles de renta y/o por tipos de cualificación del factor trabajo, entre otras posibilidades²⁸.

La medida o índice de cambio de bienestar utilizado ha sido un aspecto discutido por los economistas expertos en la materia. En los modelos de equilibrio surge al comparar los resultados de los consumidores entre el equilibrio inicial y el equilibrio simulado. Aunque no existe un consenso sobre cuál es la mejor medida, dado que distintas medidas pueden dar diferentes valores a partir de los mismos resultados, una de las más utilizadas en este tipo de modelos es la denominada *variaciones equivalentes de bienestar*. Esta medida puede ser calculada mediante la expresión siguiente:

$$EV = e(U_n, p_0) - e(U, p_0)$$

Si consideramos $e(U_n, p_0)$ como el gasto necesario para alcanzar el nivel de utilidad simulado con precios iniciales, EV se interpretará como la renta que debe recibir el consumidor en la situación del equilibrio inicial para alcanzar el nivel de utilidad que corresponde con la situación del equilibrio simulado²⁹.

²⁸ En De Miguel (2003), por ejemplo, se realiza una desagregación de los hogares por niveles de renta y por cualificación, en “sector agrario” y “resto de sectores”.

²⁹ Véase Shoven y Whalley (1992), p. 123-128

Sector Público

Además de los dos agentes económicos descritos anteriormente, consumidores y productores, únicos en los modelos básicos, se suelen añadir otros agentes específicos, el gobierno y el sector exterior, que si bien no han jugado un papel especial en el desarrollo de la teoría, son imprescindibles en cualquier modelo que pretenda ser un instrumento de análisis de las economías reales.

El gobierno, ya sea agregado o desagregado, se considera que transfiere rentas a los consumidores y empresas, y a su vez efectúa el gasto público en determinados sectores o ramas. A este agente se le puede suponer un comportamiento racional respecto a su consumo, que estaría expresado mediante la maximización de su utilidad, enfrentándose a su restricción presupuestaria. Su renta proviene principalmente de la recaudación de impuestos, además de la posibilidad de emitir deuda que será financiada por el resto de agentes económicos.

Respecto al déficit y al gasto público existen dos posibles supuestos: uno, considerar el déficit público endógeno y el nivel de actividad del gobierno como fijo, o bien otro, consistente en suponer el déficit exógeno mientras que el nivel de actividad gubernamental estaría determinado endógenamente.

La primera de estas opciones de cierre permite responder a la pregunta de cuál sería el déficit público cuando se fija el gasto del gobierno, y la segunda permitiría calcular qué variación sería necesaria en la actividad pública para alcanzar un determinado nivel de déficit.

Sector Exterior

La incorporación de las relaciones de la economía analizada con las economías del exterior conlleva que los MEGA puedan diferir sustancialmente unos de otros, debido al amplio abanico de posibilidades a la hora de introducir al sector exterior.

En este sentido, el modelo neoclásico puro asume sustitución perfecta entre producción doméstica y producción importada, mientras que los modelos estructuralistas incluyen las importaciones como complementos de la producción doméstica. En la práctica, se suele adoptar una postura intermedia utilizando el supuesto de Armington (1969), que sugiere sustitución imperfecta entre bienes y servicios nacionales e importados, y suele ser el más indicado para economías pequeñas.

Considerando que en un MEGA el nivel de desagregación sectorial siempre es limitado, circunscrito a la SAM que será utilizada como base de datos, la cesta de los productos importados incluida en cada sector normalmente difiere de la doméstica clasificada en el mismo sector, por tanto es totalmente improbable la ley de sustituibilidad perfecta entre importaciones y bienes domésticos (ley de un precio único) dentro de cada sector. Por lo tanto, el método neoclásico presentado por Armington, con sustitución imperfecta, es el más extendido. En él se deriva la demanda de importación y bienes domésticos a partir de una función tecnológica de tipo CES³⁰, agregando la demanda de productos importados y la de productos nacionales en un bien compuesto (tercer nivel de anidamiento, referido al describir los sectores productivos).

Respecto a las exportaciones, con la consideración de país pequeño para la economía analizada, el supuesto más realista suele ser considerar las exportaciones y la producción doméstica como sustitutos imperfectos.

3.3.3.2 Concepto de equilibrio general

Al incorporar las propiedades de equilibrio de los mercados de bienes y factores a los supuestos realizados respecto a los diferentes agentes del modelo, se deriva que el concepto de equilibrio utilizado en estos modelos es la noción de

³⁰ En la literatura, es habitual encontrar modelos que aplican otro tipo de funciones tecnológicas.

equilibrio walrasiano extendido con la inclusión de sectores público y exterior. De esta forma, las condiciones que se han de verificar son las siguientes:

- Los consumidores maximizan su función de utilidad sujeta a su restricción presupuestaria, asignando la totalidad de la renta a distintos usos.
- El comportamiento optimizador del sector productivo, sujeto a sus restricciones tecnológicas, da lugar a que las empresas tengan beneficios nulos, tanto en el caso de rendimientos de escala constante como en el de rendimientos crecientes. El precio derivado del equilibrio de cada uno de los mercados de bienes cubre los costes medios de su producción.³¹
- El gobierno ajusta su déficit con respecto a sus ingresos y gastos, con un supuesto comportamiento optimizador respecto al consumo.
- La demanda y oferta de bienes coinciden (Vaciado de los mercados de bienes).
- El pleno uso de los factores productivos (Vaciado del mercado de factores).
- La igualdad macroeconómica entre ahorro-inversión (incluyéndose el ahorro exterior y el déficit público).³²

En conclusión, un modelo de equilibrio general aplicado se representa como un sistema de ecuaciones que reproducen las condiciones de equilibrio mencionadas y en el que las variables a determinar o endógenas son los precios de los bienes, de los factores y del resto de inputs productivos, los niveles de actividad, etc. Por lo tanto, la

³¹ En los modelos de segunda generación, con la incorporación de mercados en competencia imperfecta, la fijación de precios y del comportamiento de las empresas puede variar y dependerá del tipo de imperfección competitiva supuesto.

³² La demanda de inversión de cada sector puede ser obtenida a partir de la inversión total mediante una función tecnológica de coeficientes fijos.

solución del modelo, es decir, del sistema de ecuaciones, simbolizará la situación de equilibrio general walrasiano de acuerdo a las hipótesis planteadas.

3.3.4 CALIBRACIÓN DEL MODELO. EQUILIBRIO DE REFERENCIA

Una vez formulada y determinada la estructura del modelo, se hace necesario especificar los valores numéricos de los parámetros de las funciones y de algunas de sus variables que permitan hacerlo operativo en el terreno empírico. La aplicabilidad de un MEGA al análisis de una determinada economía real exige la determinación de los valores reales de todos y cada uno de los coeficientes funcionales y de todas las variables exógenas del modelo.

Este paso del análisis cualitativo al cuantitativo hace que sea necesario contar con una base de datos que refleje todos los flujos de bienes, factores y renta entre los agentes representados en el modelo. En la práctica, esta base de datos es la Matriz de Contabilidad Social de la economía analizada para un determinado año o periodo de tiempo.

Se asume que la economía representada en la Matriz de Contabilidad Social, se encuentra en equilibrio bajo una determinada política económica existente. Por tanto, los valores de los parámetros y de las variables exógenas del modelo pueden ser calculados de forma que el modelo reproduzca los datos de equilibrio como una solución de las ecuaciones del modelo (denominado *equilibrio de referencia o benchmark equilibrium*). Este método es conocido como *calibración del modelo*.

El paso de unidades monetarias, en las que se presenta la SAM, a unidades físicas del modelo se realiza bajo el supuesto de precios unitarios en todos los mercados de bienes y factores.

3.3.5 LOS MEGAS COMO INSTRUMENTO DE SIMULACIÓN DE POLÍTICAS ECONÓMICAS

Una vez calibrado el modelo se dispone de un equilibrio de referencia útil para simular medidas de política económica. Las simulaciones en estos modelos se llevan a cabo a través de cambios en los valores de algunas de las variables exógenas del modelo. Dichos cambios exógenos representan los efectos directos de la política que se pretende analizar. Tales cambios se suelen reflejar en variables o parámetros que determinan características fiscales, comerciales, laborales o incluso en variables definidas *ad hoc*.

Este cambio en el sistema de ecuaciones del modelo implica la obtención de una nueva solución del sistema, es decir, de un nuevo equilibrio. Esto es, unos nuevos valores de todas las variables del modelo, endógenas y exógenas, que representarán la nueva situación del conjunto de la economía analizada tras la consecución de la política económica introducida. Este nuevo equilibrio suele ser denominado *counterfactual equilibrium*.

El nuevo equilibrio simulado, resultado de un cambio o de la consecución de una determinada política económica, permite visualizar mediante su comparación con el equilibrio de referencia, las alteraciones producidas en las principales variables económicas, como pueden ser los precios relativos, la asignación de recursos, los agregados macroeconómicos y el bienestar de los agentes. Consecuentemente, un MEGA puede considerarse como un marco para entender los efectos asociados a las alteraciones en los escenarios económicos y a las medidas de intervención públicas. Es decir, se trata de un instrumento idóneo para la evaluación *ex ante* y, por tanto, de apoyo al diseño de políticas económicas.

En el cálculo del equilibrio simulado debemos tener en cuenta dos aspectos esenciales: la necesidad de elección de un precio o índice como numerario y el análisis de unicidad de las soluciones de equilibrio, es decir, de robustez de los resultados.

3.3.5.1 Elección del numerario

El concepto de equilibrio en un MEGA es una extensión del equilibrio de Arrow-Debreu y por tanto se verifica la ley de Walras, lo que implica que si se verifica el vaciado o equilibrio de todos los mercados menos uno, este último también estará en equilibrio.

Este hecho, en términos del sistema de ecuaciones que representa el modelo, significa que se trata de un sistema homogéneo de grado cero respecto a los precios de los bienes y factores y al nivel de renta; lo que implica que ante cualquier cambio proporcional en todos los precios y rentas, no variarán las cantidades del resto de variables en el equilibrio. Por tanto, a la hora de la resolución del sistema de ecuaciones se hace necesaria la elección arbitraria del valor, habitualmente unitario, de alguno de estos precios, que es denominado como numerario, quedando fijado dicho valor a la hora de calcular los diferentes equilibrios simulados del modelo.

La fijación del valor del numerario conlleva que los valores del resto de precios y renta no son absolutos sino relativos a la hora de interpretar los resultados de las simulaciones. Otras alternativas en la elección del numerario son: elegir el tipo de cambio o un índice de precios de los distintos bienes o actividades. La ventaja de este último es que todos los precios relativos se determinan sin inflación.

En principio la elección de uno u otro precio o índice como numerario no tiene porqué afectar a las variables reales ni al resto de precios relativos. Por tanto, se podría escoger cualquiera de ellos, siendo el único requisito que el elegido no sea nulo o negativo, restricción debida a las funciones homogéneas de grado cero, evitándose de esta forma problemas de indeterminación.

Sin embargo, aunque en el caso de mercados competitivos está demostrado que esta arbitrariedad en la elección no afecta a los resultados, se ha comprobado que en algunos otros casos, como el de *modelos con competencia imperfecta a la Cournot*

esta regla de normalización puede tener efectos sobre los resultados reales, además de sobre la existencia y unicidad del equilibrio (Gabszewicz y Vial, 1972).

Como ya hemos señalado, otro aspecto importante a tener en cuenta cuando se realizan simulaciones en los modelos es confirmar la robustez de los resultados obtenidos, haciéndose necesario un estudio sobre la unicidad de los equilibrios calculados, tanto del de referencia como del simulado.

3.3.5.2 Unicidad del equilibrio

La demostración de unicidad y existencia de la solución de equilibrio ha sido uno de los temas de mayor interés entre los teóricos del Equilibrio General. Sin embargo, no existe un argumento teórico que garantice la unicidad del equilibrio en los modelos generalmente utilizados.

En concreto, en los MEGA el hecho de que el equilibrio se plantee como resolución de un sistema no lineal, generalmente implica que se llegue a soluciones óptimas locales, lo que, por supuesto, no garantiza la unicidad de solución. En algunos modelos, los investigadores han realizado experimentos numéricos *ad hoc*, en búsqueda de la duplicidad de equilibrio, pero todavía no se ha hallado un caso de no unicidad. Sin embargo, en algunos modelos se ha conseguido demostrar numéricamente la unicidad del equilibrio obtenido³³.

Dada la gran dimensión, en cuanto al número de variables se refiere, de los actuales modelos, y por tanto, la dificultad de demostrar la unicidad de solución, muchos investigadores han optado por confirmar la robustez del equilibrio en sus modelos mediante un análisis de sensibilidad, que consiste en comprobar que si se busca la solución por otra vía (con otro algoritmo) no se llega a otro óptimo local diferente al calculado inicialmente.

³³ A modo de ejemplo, Kehoe y Whalley (1985) demostraron la unicidad de solución de equilibrio para el modelo impositivo de EEUU construido por Ballard *et al* (1985)

3.4 MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL (MEGA) DINÁMICOS

Los modelos de equilibrio general dinámicos como herramienta de la macroeconomía moderna permiten trasladar los modelos teóricos a la aplicación práctica. El enfoque adoptado en esta tesis se basa en la metodología y los conceptos desarrollados por los economistas neoclásicos de la segunda mitad del siglo XX. El modelo original es el modelo de Ramsey (1928) y fue el que sirvió a Solow (1956) y Swan (1956) para desarrollar las bases metodológicas de posteriores modelos, su evolución nos abre un amplio abanico de posibilidades en cuanto a desarrollos futuros se refiere. Esto es así debido a los supuestos e hipótesis que se han de incorporar al modelo para poder captar y sintetizar la conducta de los agentes.

Una primera catalogación de estos modelos consistiría en los siguientes tres modelos: el modelo de Ramsey, el modelo de Solow-Swan y el modelo de Generaciones Solapadas. En este apartado del tercer capítulo, dedicado a los modelos multisectoriales de simulación de impactos, analizaremos el planteamiento teórico de los modelos dinámicos especialmente en los dos primeros, mientras que en relación con los modelos de generaciones solapadas nos limitaremos a exponer sus fundamentos ya que son más adecuados para problemas con agentes heterogéneos.

A medida que nos adentramos en el planteamiento de los modelos dinámicos surgen diversas cuestiones relacionadas con su aplicación empírica. La primera cuestión aparece asociada a las teorías del crecimiento y se centra en torno a la dinámica de transición, en cómo las economías convergen hacia sus equilibrios a largo plazo. La segunda cuestión se centra en torno a las fluctuaciones económicas causadas por shocks de oferta y demanda. Un tercer caso de estudio serían los modelos con agentes heterogéneos, que aparecen vinculados a los modelos de generaciones solapadas.

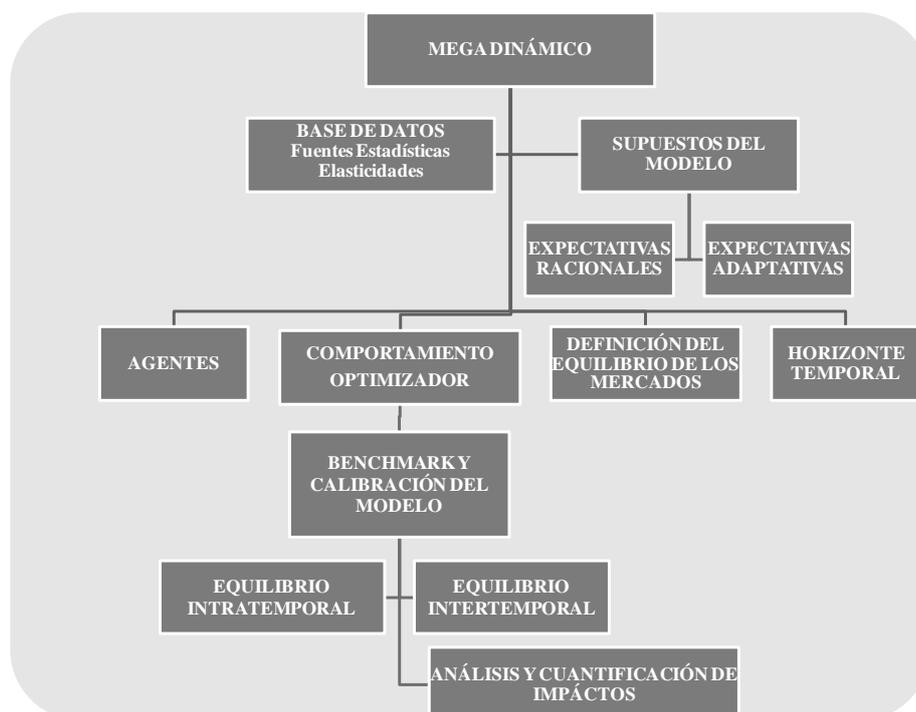
La literatura existente en relación con estas cuestiones, trabajos como los de Gómez-Plana, A.G. (2002) y Barro y Sala-i-Martí (2004), nos permite introducir en la

aplicación empírica del MEGA Dinámico los supuestos de comportamiento de los agentes y de equilibrio de los mercados. El trabajo de Heer y Maussner (2004) nos ha permitido profundizar en el planteamiento matemático y en la trayectoria hacia el estado estacionario en el largo plazo, también llamada en la literatura trayectoria del sendero de silla.

A continuación planteamos los fundamentos matemáticos para el desarrollo del modelo dinámico, y seguidamente hacemos un breve repaso de los supuestos alternativos que nos podemos encontrar al modelizar la conducta de los agentes en el transcurso del tiempo, ya sea la hipótesis de las expectativas racionales o el supuesto de las expectativas adaptativas (método recursivo).

La implicación principal al aplicar el supuesto de las expectativas racionales es una modelización de la realidad marcada por el perfecto conocimiento del pasado, presente y futuro. Asumir tal idea es una abstracción un tanto extrema, más propia del ámbito académico que del aplicado. No obstante este inconveniente podría salvarse mediante la programación de un MEGA Dinámico bajo el supuesto de las expectativas adaptativas, o recursivo, para lo que se requeriría el conocimiento de ciertas elasticidades, obtenidas mediante métodos estocásticos, información que se obtendría mediante trabajos empíricos de tipo econométrico. Sin embargo, este tipo de modelos recursivos también presenta el inconveniente de plantear una visión un tanto “miope” dado que la conducta de los agentes se basa en las decisiones de ahorro y consumo del año previo, de modo que el modelo replica año tras año una misma conducta.

Para obtener una visión global del problema al que nos enfrentamos y resumir el método de análisis que emplearemos mediante el MEGA Dinámico, podemos observar el siguiente gráfico:

Gráfico 14: Desarrollo de un MEGA Dinámico

Fuente: Elaboración propia

Realizar simulaciones de política económica y su posterior análisis y cuantificación de impactos a través de un MEGA Dinámico, requiere en primer lugar contar con una base de datos representativa de la estructura económica y social de la economía a estudiar. En nuestro caso contaremos con la matriz de contabilidad social SAMMAD_05 cuya construcción se abordará en la segunda parte de esta tesis, la parte empírica, en concreto en el *capítulo cuatro*.

La elección de los supuestos de comportamiento de los agentes que intervienen en la toma de decisiones es el segundo pilar sobre el que se sustenta la construcción del modelo matemático, y como explicaremos detalladamente a continuación, en el modelo que elaboramos en el *capítulo quinto* adoptaremos el supuesto de las expectativas racionales.

Una vez definido el comportamiento optimizador de los agentes, la formulación de los problemas de optimización de cada uno de ellos nos conducirá a la definición de las ecuaciones del modelo y a la definición de los equilibrios en los

distintos mercados que intervienen. Fijado un horizonte temporal “ $T=20$ ” para la simulación quedarán perfilados los niveles de equilibrio intertemporal e intratemporal de las variables que intervienen en el modelo.

El software de programación, utilizado como herramienta informática para la resolución de este tipo de problemas, reconocerá tanto la base de datos como la definición de los distintos equilibrios que han de verificarse para poder alcanzar una solución óptima. Esta etapa es la denominada benchmark y calibración del modelo, ya que tomando los datos correspondientes al periodo inicial, en el que suponemos que la economía se encuentra en equilibrio, el modelo calcula el valor de las variables endógenas y de los parámetros.

Una vez introducido el shock que se desee analizar, el modelo proyecta en el tiempo la evolución de los valores de las distintas variables del modelo hasta alcanzar la senda óptima en la que sitúe la economía tras el impacto. Por último se procederá a la interpretación de resultados, obtención de conclusiones y adopción de las medidas de política que se consideren oportunas, en su caso, por parte del planificador de política económica.

A continuación pasamos a describir el primer modelo dinámico formulado para representar el marco en el que se desarrollan los modelos de equilibrio general dinámico. El modelo de referencia es el modelo de Ramsey, del cual existen varios desarrollos, los deterministas, de horizonte finito e infinito, y los estocásticos.

3.4.1 EL MODELO NEOCLÁSICO DETERMINISTA DE RAMSEY-KASS-KOOPMANS

3.4.1.1 El problema de Ramsey

En 1928 Frank Ramsey planteó lo siguiente: “El primer problema que me propongo abordar es éste: ¿Qué porcentaje de la renta debería ahorrar una nación?” (Ramsey, 1928). Para dar respuesta al mismo, desarrolló un sencillo problema

matemático dinámico inicial que es nuestro punto de partida para explicar estos modelos. En 1954 Kass y Koopmans trasladaron el modelo matemático de Ramsey a la teoría macroeconómica. Posteriormente, Barro (1974) introdujo el supuesto de que el agente representativo del modelo era una familia o grupo de individuos que, mediante los vínculos entre generaciones, a través del altruismo y del legado de herencias, daban cabida al ahorro en el transcurso del tiempo.

El modelo inicial de Ramsey plantea el problema del productor, cuyos factores son capital y trabajo, que debe decidir cómo distribuir el resultado de su producción entre consumo y acumulación de capital. Según la formulación original del problema este agente representa a un planificador ficticio, pudiendo nosotros trasladar el planteamiento al de un agente representativo que percibe rentas del trabajo y del capital y compra activos financieros.

Presentamos un planteamiento inicial, en el que incorporamos el tiempo dividiéndolo en intervalos de longitud unitaria desde el periodo inicial $t = 0$ hasta el final de su horizonte temporal $t = T$. Denominamos a éste último periodo “terminal”.

Más adelante plantaremos el problema en un horizonte infinito, para poder explicar algunos aspectos relevantes de la programación dinámica, como la forma de la trayectoria estable (en inglés, *saddle path*) y la dinámica de transición.

Considerando un horizonte temporal de T periodos y denotando por L_t y K_t las cantidades de factor trabajo y capital respectivamente, en cada periodo t , nuestro agente representativo produce una cantidad Y_t de acuerdo con la expresión:

$$Y_t = F(L_t, K_t) \quad (3.1)$$

En cada periodo nuestro individuo decide cuánto produce para consumir y cuánto destina para producción futura. La cantidad reservada para el futuro es su acumulación de capital ($K_{t+1} - K_t$).

Su elección entre consumo presente C_t e inversión K_{t+1} está sujeta a la restricción de la producción en cada periodo de tiempo:

$$C_t + K_{t+1} \leq Y_t.$$

El individuo trabaja un número de horas cada periodo y maximiza su función de utilidad, que depende del consumo que realiza en cada periodo:

$$U(C_0, C_1, \dots, C_T).$$

Por otro lado, el capital con que cuenta en cada periodo está sometido a la depreciación asociada al paso del tiempo, lo que implica una restricción que viene dada por:

$$Y_t + (1 - \delta)K_t \geq C_t + K_{t+1},$$

Donde $\delta \in [0, 1]$ representa la tasa de depreciación del capital. Simplificando la función de producción para tener en cuenta el capital tras la depreciación, obtenemos:

$$f(K_t) = F(L_t, K_t) + (1 - \delta)K_t. \quad (3.2)$$

Con todo lo dicho, podemos plantear el problema de optimización de Ramsey, para un valor inicial de capital dado K_0 , del siguiente modo³⁴:

³⁴ Heer, B., Maussner, A., (2004) p.7.

$$P \left\{ \begin{array}{l} \max_{(C_0, \dots, C_T)} U(C_0, \dots, C_T) \\ s. a.: \quad K_{t+1} + C_t \leq f(K_t) \\ \quad \quad \quad 0 \leq C_t \quad t \in \mathbb{R}, t = 0, \dots, T \\ \quad \quad \quad 0 \leq K_{t+1} \end{array} \right. \quad (3.3)$$

No hay incertidumbre en este modelo, el individuo conoce cuál será su producción con L_t y K_t . Por otro lado, conoce el valor de su consumo futuro $\{C_t\}_{t=0}^T$. Todo ello, junto con el supuesto de $T < \infty$, nos sitúa ante un problema de horizonte finito.

3.4.1.2 La solución de Kuhn-Tucker en tiempo discreto y horizonte finito

El problema de optimización de Ramsey (3.3), descrito hasta ahora, es un programa de optimización matemática no lineal, con restricciones de desigualdad. La solución vendrá dada por un vector de dimensión n -ésima $x \in \mathbb{R}^n$ que maximice la función $f(x)$ en un conjunto convexo D determinado por l restricciones de la forma $h_i(x) \geq 0$, $i = 1, \dots, l$. El teorema de Kuhn-Tucker³⁵ nos proporciona así el conjunto de condiciones necesarias y suficientes para la existencia de una solución óptima.

El problema (3.3) puede ser resuelto por el teorema de Kuhn-Tucker si las funciones de utilidad y de producción son estrictamente cóncavas, estrictamente crecientes y dos veces diferenciables con continuidad. De tal modo, que se obtienen las condiciones necesarias y suficientes de optimalidad de primer orden:

³⁵ Luenberger, D., (1969), p. 247.

$$\begin{aligned}
0 &= \frac{\partial U(C_0, \dots, C_T)}{\partial C_t} - \lambda_t + \mu_t = 0, & t = 1, \dots, T, \\
0 &= -\lambda_t + \lambda_{t+1} f'(K_{t+1}) + \omega_{t+1}, & t = 1, \dots, T-1, \\
0 &= -\lambda_T + \omega_{T+1}, \\
0 &= \lambda_t (f(K_t) - C_t - K_{t+1}) & t = 1, \dots, T, \\
0 &= \mu_t C_t & t = 1, \dots, T, \\
0 &= \omega_{t+1} K_{t+1} & t = 1, \dots, T,
\end{aligned}$$

Donde λ_t es el multiplicador de Lagrange asociado a las restricciones de producción de cada periodo t planteada previamente, que reordenada resulta ser:

$$f(K_t) - C_t - K_{t+1} \geq 0,$$

y donde μ_t y ω_{t+1} son los multiplicadores asociados a las restricciones de no-negatividad en C_t y K_{t+1} , respectivamente. Los multiplicadores contienen información acerca del grado de rigidez que incorpora cada una de sus restricciones asociadas.

Si quisiéramos excluir de las soluciones óptimas a las soluciones de esquina se requeriría incorporar un supuesto adicional, que el consumo en cada periodo sea estrictamente positivo; intuitivamente, la interpretación que tendría este supuesto adicional en el contexto que aquí planteamos sería que el consumidor “no desea morir de hambre” en ningún periodo, en consecuencia debe consumir $C_t > 0$ en cada periodo.

Lo anterior implica que si $C_t > 0, \forall t = 0, \dots, T$, entonces en la quinta condición necesaria resulta ser $\mu_t = 0$ y los multiplicadores de Lagrange λ_t , que representan la utilidad marginal al consumo en cada periodo t , serían por tanto estrictamente positivos:

$$\frac{\partial U(C_0, \dots, C_t)}{\partial C_t} = \lambda_t$$

Por su parte, la cuarta condición necesaria del problema de Kuhn-Tucker recoge los límites impuestos por las restricciones de recursos y al asumir que $f(0) = 0$, el consumo positivo también requiere cantidades positivas de capital $K_t > 0$ desde el período $t=0$ hasta $t=T$. Consideramos bajo este planteamiento que el agente consume lo producido periodo a periodo, incluso en el último periodo de vida, ya que si dejase de consumir una parte de la producción a lo largo de su vida reduciría su utilidad total. Matemáticamente este resultado queda recogido en las ecuaciones tercera y sexta de las condiciones necesarias de Kuhn-Tucker de las que se deduce que $\lambda_T K_{T+1} = 0$. Por tanto, la solución óptima del problema se caracteriza por las siguientes relaciones:

$$K_{t+1} = f(K_t) - C_t \quad (3.4)$$

$$\frac{\partial U(C_0, \dots, C_T) / \partial C_t}{\partial U(C_0, \dots, C_T) / \partial C_{t+1}} = f'(K_{t+1}) \quad (3.5)$$

La parte izquierda de la ecuación (3.6) recoge la tasa marginal de sustitución entre el consumo de dos periodos adyacentes. Representa la tasa a la que el agente está dispuesto a trasladar parte de su consumo al periodo siguiente. La parte derecha de la ecuación nos da la compensación de cada unidad adicional de ahorro: el incremento de la producción futura. En esta ecuación, la tasa marginal de sustitución entre el consumo de dos periodos adyacentes dependerá del perfil de consumidor.

3.4.1.3 La programación dinámica en tiempo continuo y la transición hacia el estado estacionario

Antes de seguir con la resolución matemática de las ecuaciones de equilibrio del modelo dinámico, debemos subrayar que la formulación matemática que define la evolución temporal de un sistema de ecuaciones da lugar a una ecuación de movimiento. Esta ecuación de movimiento permitirá determinar la posición futura de las variables que intervengan en su evolución. Los sistemas de ecuaciones de

Hamilton³⁶, al incorporar ecuaciones de primer orden, constituyen una herramienta idónea para mostrar el planteamiento del problema de Ramsey. El resultado de optimizar a través de los sistemas de Hamilton es un estado estacionario en forma de una trayectoria o senda óptima. Por lo que continuamos el desarrollo del modelo de Ramsey iniciado en el epígrafe anterior, incorporando esta vez las nociones de tiempo infinito y de estado estacionario.

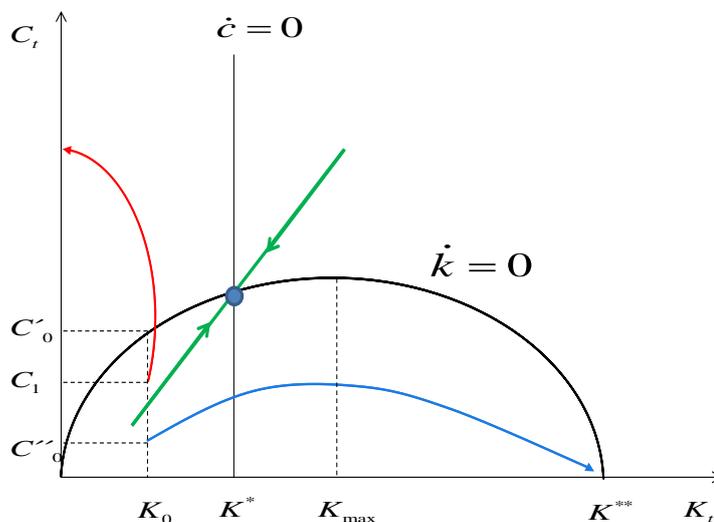
El estado estacionario en programación dinámica se refiere a aquel en el que las tasas de crecimiento de todas las variables expresadas en términos per cápita valen cero³⁷. Analizaremos en el epígrafe siguiente la dinámica de transición hacia el estado estacionario (saddle path) o senda óptima y la forma de alcanzar la trayectoria estable.

Planteando el problema de Ramsey en tiempo continuo, en lugar de en intervalos unitarios, su formulación adopta la forma funcional de los hamiltonianos siendo el resultado de derivar funciones de varias variables y de optimizar en el transcurso del tiempo, para que finalmente las variables se sitúen en su estado estacionario. Para visualizar la transición hacia tal estado estacionario representaremos, como se puede ver en el siguiente gráfico, en el eje de abscisas el stock de capital K_t , y en el eje de ordenadas el consumo C_t . La curva en forma de U invertida recoge los valores de K_t y C_t para los que $\dot{k} = 0$, (siendo $\dot{k} = \frac{dk}{dt}$), y la vertical conforma los puntos en los que $\dot{c} = 0$, (siendo $\dot{c} = \frac{dc}{dt}$). El resultado de la intersección entre ambas representaría la localización del estado estacionario, siendo este el punto en el que coinciden $\dot{c} = 0$ y $\dot{k} = 0$.

³⁶ Williamson, R.E., (2001), p. 401.

³⁷ Sala-i-Martin, X., (1994), p. 53.

Gráfico 15: El diagrama de fases del Modelo de Ramsey



Fuente: Sala-i-Martin (1994) y elaboración propia.

El modelo que acabamos de describir posee su interés precisamente en el modo en el que se alcanza el estado estacionario, donde se alcanza K^* , lo cual será explicado más adelante.

Este modelo, según lo hemos descrito, en el largo plazo muestra crecimiento cero, ya que tiende a estabilizarse en torno a unos niveles de equilibrio estacionarios. En inglés, este fenómeno se denomina “saddle-path stability”, su traducción literal “sendero de estabilidad de silla de montar” nos conduce a interpretarlo como “trayectoria estable”.

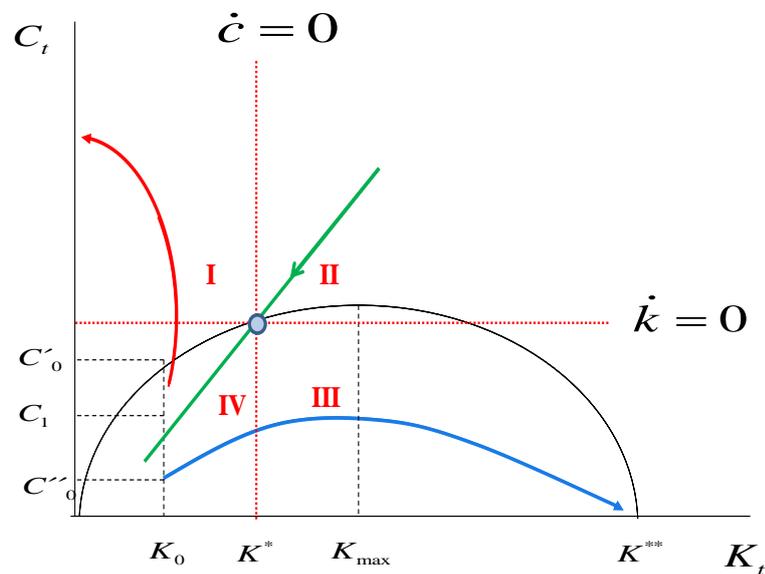
La explicación de esta denominación que encontramos en Sala-i-Martín (1994) se centra en una característica que poseen las sillas de montar, en cuanto a estabilidad se refiere, y es que parece que “hay un punto en el que si abandonamos una canica, ésta permanece allí para siempre. Este punto correspondería al estado estacionario. Hay toda una trayectoria de puntos con la propiedad de que si abandonamos una canica exactamente encima de ésta, la canica avanzará hacia el estado estacionario. Si la canica se abandona en cualquier punto fuera de dicha trayectoria, caerá miserablemente al suelo. La trayectoria que lleva al estado estacionario

correspondería, en nuestro paralelo con el modelo económico-matemático, a la llamada *trayectoria estable*³⁸.

La incorporación de la dimensión temporal en el modelo de equilibrio general conlleva la aparición de equilibrios correspondientes a cada subperiodo considerado. A medida que el tiempo transcurre, y para un horizonte de T años, podemos hablar del equilibrio a largo plazo. Como hemos planteado en la formulación matemática del modelo, y al aplicar el supuesto de las expectativas racionales, en el horizonte temporal del largo plazo la economía se sitúa en su estado estacionario de crecimiento. Sin embargo, resulta de considerable interés analizar cómo se produce la transición hacia dicho estado estacionario.

Para alcanzar el punto del estado estacionario podemos plantear la transición hacia el mismo desde varios enfoques.

Gráfico 16: Cuatro regiones en el diagrama de fases del Modelo de Ramsey



Fuente: Sala-i-Martin (1994)

³⁸ Sala-i-Martin, X., (1994), p. 55.

Observando la intersección de las curvas $\dot{c} = 0$ y $\dot{k} = 0$ el espacio queda dividido en cuatro regiones. La dinámica de la trayectoria del comportamiento de la economía en cada una de las regiones viene indicada por las flechas.

En las regiones III y IV, por debajo de la curva $\dot{k} = 0$, el consumo es inferior al que hace que $\dot{k} = 0$, al ser $\dot{k} > 0$ la flecha azul indica que K_t aumenta. En las regiones I y II, por encima de la curva $\dot{k} = 0$, resulta que $\dot{k} < 0$, por lo que la flecha apunta hacia la izquierda.

En las regiones II y III, a la derecha de la recta $\dot{c} = 0$, el capital es superior al K_t que hace $\dot{c} = 0$, esto implica que en esta región $\dot{c} < 0$ por lo que la flecha roja apunta hacia abajo. En las regiones I y IV ocurre justamente lo contrario.

Así, concluimos que como el estado estacionario, representado en el gráfico por el punto azul, sólo se podría alcanzar desde las regiones II y IV, hecho que queda reflejado en las flechas verdes, el sistema presenta una trayectoria estable de “punto de silla”.

Como dice Sala-i-Martin (1994), en los problemas de horizonte infinito, la economía siempre se encuentra dentro de esta trayectoria estable, que tal y como vemos en el gráfico, es única, por lo que ésta representa la elección de C_t óptima correspondiente a cada valor K_t .

Todo lo expuesto hasta el momento nos proporciona el fundamento matemático para formular el MEGA Dinámico, en el *capítulo cinco* de esta tesis, junto con la base de datos SAMMAD_05 y una serie de hipótesis sobre el comportamiento en el tiempo de determinados parámetros y variables exógenas. Tal conjunto de hipótesis conforman el planteamiento bajo la hipótesis de expectativas racionales. Esta hipótesis fue propuesta por Muth (1961) y se estableció como paradigma de trabajo a partir del trabajo de Lucas (1972). El concepto de expectativas racionales introdujo cambios

sustanciales en la forma de resolver un sistema dinámico, como se puede ver en Sargent y Wallace (1973) y en Blanchard y Kahn (1980).

En su planteamiento, el enfoque de expectativas racionales asume que las expectativas de los agentes coinciden con la predicción de la teoría. La hipótesis de expectativas racionales implica que los agentes conocen el modelo que se utiliza para determinar el precio del activo, que poseen información sobre toda la trayectoria pasada, presente y futura de las variables exógenas y que las expectativas de los agentes sobre la tasa de cambio esperada del precio coinciden con la predicción de la teoría. Este es el supuesto sobre el que construiremos el MEGA Dinámico en el *capítulo quinto* de esta tesis.

3.4.1.4 La extensión del Teorema de Kuhn-Tucker en tiempo discreto y horizonte infinito

Retomando el problema de optimización planteado por Ramsey, y resuelto mediante el Teorema de Kuhn-Tucker en el apartado 3.4.1.2, encontramos que existen dos enfoques para plantear una solución en horizonte infinito. El primer enfoque consiste en la extensión del Teorema de Kuhn-Tucker, y el segundo es la llamada programación dinámica recursiva.³⁹ Nuestro enfoque en esta tesis transcurre al hilo del desarrollo del Teorema de Kuhn-Tucker y para ello procedemos a reformular la función de utilidad original del planteamiento de Ramsey, y resolver el problema mediante un conjunto de secuencias temporales en las que las variables $\{C_t, Y_t, K_{t+1}\}$ alcancen sus valores óptimos en el sentido de Pareto, dado un $K_0 > 0$.

Este método que nos permitirá alcanzar la solución del problema de Ramsey, es la extensión del método de Kuhn-Tucker, siguiendo a Chow (1997) y a Romer (1991).

³⁹Stokey, N., Lucas, R. y Prescott, E. (1989), capítulo 4.

Partiendo del planteamiento del problema de Ramsey, pasamos a optimizar en un horizonte temporal donde $t \rightarrow \infty$, y con el fin de valorar la utilidad $U(C_t)$ introduciremos el factor de descuento ρ^t , tal y como exponemos a continuación:

$$P \left\{ \begin{array}{l} \max_{(C_0, C_1, \dots)} U_0 = \sum_{t=0}^{\infty} \rho^t \cdot U(C_t) \\ s.a.: K_{t+1} + C_t \leq f(K_t) \\ \quad \quad \quad 0 \leq C_t \\ \quad \quad \quad 0 \leq K_{t+1} \end{array} \right\} \quad t = 0, 1, \dots \quad (3.6)$$

Dado $K_0 > 0$.

Las condiciones necesarias se obtienen al maximizar la siguiente función Lagrangiana respecto a $C_0, C_1, \dots, K_1, K_2, \dots$:

$$L = \sum_{t=0}^{\infty} \rho^t [U(C_t) + \lambda_t (f(K_t) - C_t - K_{t+1}) + \mu_t C_t + \omega_{t+1} K_{t+1}]$$

En esta expresión, los multiplicadores de Lagrange λ_t , μ_t y ω_{t+1} son los relativos a los valores del periodo t . Los valores relativos al periodo $t=0$ vienen dados por $\rho^t \lambda_t$, $\rho^t \mu_t$ y $\rho^t \omega_t$. Las condiciones de primer orden para maximizar la función L vienen así dadas por:

$$\begin{aligned} u'(C_t) &= \lambda_t - \mu_t, \\ \lambda_t &= \rho \lambda_{t+1} f'(K_{t+1}) + \omega_{t+1}, \\ 0 &= \lambda_t (f(K_t) - C_t - K_{t+1}), \\ 0 &= \mu_t C_t, \\ 0 &= \omega_{t+1} K_{t+1}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Con el supuesto de que la utilidad sea finita, o esté acotada (para que el problema tenga significado económico):

$$\lim_{C \rightarrow 0} u'(C) = \infty \quad (3.8)$$

De lo anterior, las condiciones de primer orden se reducen a la ecuación en diferencias no lineal de segundo orden respecto al stock de capital:

$$\frac{u'(f(K_t) - K_{t+1})}{u'(f(K_{t+1}) - K_{t+2})} - \rho f'(K_{t+1}) = 0 \quad (3.9)$$

Esta ecuación se conoce como la Ecuación de Euler⁴⁰, ya que fue el matemático Leonhard Euler (1707-1783) el que planteó por primera vez un problema de optimización dinámico en tiempo continuo. La ecuación de Euler recoge el resultado en forma de senda óptima de capital. De forma que, tras analizar las condiciones de primer orden del problema de Kuhn-Tucker, podemos demostrar que la trayectoria óptima para el capital K_t satisface en cada periodo la ecuación de Euler y converge monotónicamente hasta su valor de estado estacionario, que hemos denotado por K^* .

Para hallar el sendero óptimo de capital a partir de la forma funcional de esta ecuación, se necesitan dos condiciones adicionales. La primera condición consiste, como hemos mencionado anteriormente, en que el stock de capital inicial en $t = 0$ sea K_0 . La segunda condición adicional es la llamada condición de transversalidad, y es el límite de la condición terminal $\lambda_T K_{T+1} = 0$ del planteamiento de Ramsey con horizonte finito (3.3) y periodo terminal T , que requiere que se cumpla:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_t K_{t+1} = 0 \quad (3.10)$$

Esto es, el valor del stock de capital en el momento terminal debe aproximarse a cero, o dicho de otra forma, en el momento T , el stock de capital óptimo debe ser

⁴⁰ Luenberger, D., (1969), p. 179.

nulo. Por esta razón, la estrategia óptima comportará elegir una trayectoria de consumo tal que, en el momento T , el sistema se sitúe en el eje de las ordenadas, en el que se cumple que $K = 0$ ⁴¹.

Esta ecuación de Euler recoge el resultado en forma de senda óptima de capital. Para hallar el sendero óptimo de capital a partir de la forma funcional de esta ecuación, se necesitan las dos condiciones adicionales que hemos planteado anteriormente. La primera condición consistía en que el stock de capital inicial en $t=0$ sea K_0 y la segunda condición adicional era la llamada condición de transversalidad, como límite de la condición terminal $\lambda_T K_{T+1} = 0$ del planteamiento de Ramsey con horizonte finito (3.3) y periodo terminal T , que en este caso requiere que se cumpla:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \rho^t \lambda_t K_{t+1} = 0 \quad (3.11)$$

Esto es, el valor del stock de capital en el momento terminal debe aproximarse a cero, o dicho de otra forma, en el momento T , el stock de capital óptimo debe ser nulo. Por esta razón, la estrategia óptima implicará elegir una trayectoria de consumo tal que, en el momento T , el sistema se sitúe en el eje de las ordenadas, en el que se cumple que $\dot{K} = \frac{dK}{dt} = 0$ ⁴². Si queremos saber lo que ocurre en el estado estacionario igualaríamos la ecuación de Euler a cero. De este modo, obtenemos que el stock de capital viene dado por $f'(K^*) = \rho + \delta$, siendo ρ la tasa de descuento de las funciones instantáneas de utilidad.

3.4.2 EL MODELO DE SOLOW Y SWAN

Este planteamiento difiere de los modelos tipo Ramsey en los que los consumidores ajustan de forma flexible la parte de su renta que dedican al ahorro y la

⁴¹ Sala-i-Martin (1994), p.60.

⁴² Ídem.

que dedican al consumo, de forma que maximicen la utilidad en todo su horizonte temporal según un patrón de comportamiento que se replica período tras período.

En el modelo de Solow y Swan los consumidores ahorran una parte fija de su renta dedicando al consumo lo demás. Los agentes tienen un comportamiento recursivo, considerando el horizonte temporal del corto plazo, en concreto el del año próximo, es decir no consideran el futuro, por lo que el modelo es resuelto iterativamente de año en año mediante una dinámica recursiva.

El modelo de crecimiento de Robert Solow (1956) y Swan (1956) es el llamado Modelo de Crecimiento Neoclásico o Modelo exógeno de crecimiento e incorpora una dinámica recursiva en su resolución.

Ambos tipos de comportamiento dinámico, tanto el de expectativas racionales (o tipo Ramsey) como el de expectativas adaptativas (o recursivo), son casos extremos entre los que se sitúa el comportamiento real. Los consumidores se enfrentan al futuro con unas expectativas basadas en algún conocimiento al respecto, pero dentro de unos límites. En cualquier caso, la dinámica de las expectativas racionales incorpora la ventaja de ofrecer un análisis de los mecanismos que intervienen en la toma de decisiones intertemporales fundamentado en la conducta optimizadora de los agentes; es decir, se parte del supuesto de que los consumidores eligen su trayectoria de consumo mediante la maximización de una función de utilidad sujeta a una restricción presupuestaria intertemporal.

En el modelo de Solow y Swan se plantea un modelo cuantitativo para explicar cómo crece la producción de bienes y servicios a partir de la siguiente función de producción, de tipo Cobb-Douglas, con rendimientos a escala constantes, es decir $\alpha + \beta = 1$, de tal forma que la producción en el momento t se puede formular como:

$$Y_t = AK_t^\beta L_t^\alpha \quad (3.12)$$

En este modelo, la producción Y_t de cada año dependerá de la cantidad de mano de obra empleada L_t y la cantidad de capital fijo K_t (es decir, maquinaria, instalaciones y otros recursos usados en la producción) y la tecnología disponible (A representa el parámetro tecnológico). De tal modo que, si la tecnología mejorase, con la misma cantidad de trabajo y capital podría producirse más, aunque en el modelo se asume usualmente que el nivel de tecnología permanece constante.

Este modelo sostiene que el modo de aumentar la producción consiste en mejorar la dotación de capital K_t . Es decir, de lo producido en un año una parte es ahorrada e invertida en acumular más bienes de capital o capital fijo (como instalaciones o maquinaria), por lo que al año siguiente se podrá producir una cantidad ligeramente mayor de bienes, ya que habrá más maquinaria disponible para la producción. Suponiendo que la tasa de ahorro s es constante, y que el capital antiguo se deprecia a una tasa δ , el aumento de capital con el transcurso del tiempo se podría escribir como:

$$\dot{K} = sAK^\beta L^\alpha - \delta K \quad (3.13)$$

siendo $\dot{K} = \frac{dK}{dt}$.

En este modelo, de forma simplificada, se presupone que la producción es igual a la renta (es decir, se supone una "economía cerrada" y que por tanto no hay ni importaciones ni exportaciones).

El crecimiento económico en este modelo se produce por la acumulación constante de capital, si cada año aumenta la maquinaria y las instalaciones disponibles (capital fijo) progresivamente se obtendrán producciones mayores, cuyo efecto acumulado a largo plazo tendrá un efecto positivo sobre la producción.

La predicción de este modelo consiste en que el crecimiento se basa en la acumulación de capital, si no se alteran la cantidad de mano de obra ni la tasa de

ahorro, el crecimiento es progresivamente más pequeño, llegándose a un estado estacionario en el que no se produce más crecimiento y la inversión compensa la depreciación asociada al desgaste del capital fijo.

En palabras de Sala-i-Martin (1994): “La razón intuitiva que explica la ausencia de crecimiento en el estado estacionario es el supuesto de que los rendimientos de capital son decrecientes y se aproximan a cero: cuando el stock de capital es bajo, cada aumento del stock de capital genera un gran aumento en la producción (la productividad marginal del capital es elevada). Puesto que, por hipótesis, los agentes ahorran e invierten una fracción constante del producto adicional, el aumento en el stock de capital es grande. Dado que la productividad del capital es decreciente, cada unidad adicional genera menos unidades de producto a medida que K aumenta. Como los agentes siguen ahorrando un porcentaje constante de la producción, los aumentos adicionales del stock de capital son cada vez más reducidos. De hecho, se aproximarían a cero si el stock de capital fuera arbitrariamente grande. Antes de llegar a este extremo, no obstante, la economía alcanza un punto en el que los incrementos del stock de capital cubren exactamente la sustitución del stock de capital que se ha depreciado y compensan el crecimiento de la población. Este aumento es, pues, exactamente suficiente para mantener el capital per cápita a un nivel constante. Una vez que la economía alcanza esta situación permanece en ella para siempre. Se trata del estado estacionario.”

Pasamos a describir cómo resolver el problema anterior en tiempo finito mediante una estructura recursiva.

El MEGA Dinámico recursivo se resuelve en dos fases. En la primera fase, dados unos parámetros y unas variables exógenas, el modelo calibra un equilibrio para cada periodo de tiempo. En la segunda fase, debido al cambio de determinados parámetros y variables exógenas con el transcurso del tiempo, se incorporan al modelo las ecuaciones de transición que establecen cómo se relacionan las variables exógenas y los parámetros con los valores de equilibrio del periodo anterior, o se incorpora el patrón de crecimiento que sigan en cada caso. Estas ecuaciones de transición

proporcionan los valores de las variables exógenas y de los parámetros del periodo siguiente a los calculados en el modelo estático para un periodo, a continuación se calibra de nuevo para hallar el equilibrio correspondiente al siguiente periodo de tiempo.

El modelo es así resuelto con una dinámica recursiva, en la que cada solución estática depende de los valores actuales y pasados de las variables y de los parámetros. Se asume que los agentes no conocen el futuro, basan sus decisiones en su experiencia pasada y en unas expectativas *adaptativas*. Las variables y parámetros usadas como vínculos entre periodos son agregados, tales como el stock de capital, el cual se ve afectado por la depreciación a lo largo del tiempo y por la reinversión de capital, trabajo, productividad de los factores, exportaciones e importaciones e impuestos (Morley, Piñeiro, Robinson, 2011).

Existen algunos estudios en relación con este tema que giran en torno al impacto de la inversión en I+D en una determinada industria o sector empresarial. Podemos citar la clasificación de Nadiri (1993) a este respecto, así como el intento de Lichtenberg (1993) por determinar la elasticidad del PIB respecto a la inversión en I+D financiada con fondos privados. Dichos autores construyen un modelo estructural basándose en las aportaciones de Mankiw, Romer y Weil (1992), de tal modo que las ecuaciones son estimadas a partir de las estimaciones realizadas con una muestra de entre 38 y 53 países; de este estudio se desprende la conclusión de que el valor del parámetro que mide la elasticidad del PIB respecto a la inversión en I+D se halla en torno al 7%. Pero tal y como dice van Pottelsberghe (1998) los estudios en este ámbito son difícilmente comparables porque difieren en aspectos clave como son el nivel de agregación (a nivel empresa, industria o país), en la especificación econométrica, en el origen de los datos, en la forma de medir la inversión en I+D, en el modo de cuantificar la Productividad Total de los Factores o en el periodo investigado.

3.4.3 EL MODELO DE GENERACIONES SOLAPADAS

A pesar de no ser estudiado en profundidad en esta tesis por no ajustarse al tipo de agentes que intervienen en nuestro modelo, no podemos dejar de mencionar otro tipo de planteamiento dinámico en los modelos de equilibrio general, se trata del Modelo de Generaciones Solapadas (en inglés *The Overlapping Generations Model*). Debemos este modelo a las aportaciones de Allais, Samuelson y Diamond.

La estructura del mismo se basa en que simultáneamente, en cualquier momento del tiempo, los agentes económicos, generalmente los hogares, pertenecientes a diferentes generaciones, conviven y realizan transacciones entre ellos. Cada generación realiza transacciones en diferentes momentos de su evolución, y existen generaciones futuras cuyas preferencias todavía no están registradas en las transacciones de mercado actuales. En resumen, los agentes económicos poseen un horizonte temporal finito, incierto y se enfrentan a la toma de decisiones en un entorno probabilístico. Las principales diferencias entre los hogares son la edad y el género, por lo que en cada momento del tiempo se dice que coexisten diversas cohortes.

La aplicabilidad del modelo ofrece grandes posibilidades para el estudio de los ciclos de ahorro de los hogares. La principal característica del modelo consiste en que plantea una economía en la que el equilibrio competitivo no es el elegido por un planificador central, y aun va más allá planteando que no sea óptimo de Pareto.

Los ahorradores de una generación puede que acumulen capital de tal modo que conlleve a un equilibrio donde los individuos mejoren consumiendo parte del ahorro. Esta posible ineficiencia del equilibrio contrasta con la eficiencia intertemporal del equilibrio competitivo del modelo de Ramsey.⁴³

Se ha descrito hasta el momento el planteamiento teórico de los tres modelos más sencillos de equilibrio general dinámico. El último modelo descrito, el de

⁴³ Blanchard, O.J. y Fisher, S. (1998), p. 92.

Generaciones Solapadas, no es aplicable a la modelización que abordamos en esta tesis, ya que no planteamos la existencia de agentes heterogéneos. Contamos por tanto con dos alternativas posibles a la hora de desarrollar la modelización que se llevará a cabo en el MEGA Dinámico elaborado en el *capítulo cinco* de esta tesis. Ambas alternativas de desarrollo son, por un lado, el planteamiento recursivo del modelo bajo el supuesto de las expectativas adaptativas y, por otro, el planteamiento bajo el supuesto de las expectativas racionales. Al hilo de las razones expuestas hasta el momento desarrollaremos un modelo tipo Ramsey bajo la hipótesis de las expectativas racionales.

PARTE II: APLICACIÓN EMPÍRICA

CAPÍTULO 4
EL MODELO SAM DE MULTIPLICADORES: SIMULACIÓN
DE IMPACTOS DE INVERSIÓN EN I+D

4.1 LA SAM DE LA COMUNIDAD DE MADRID REFERIDA AL AÑO 2005: SAMMAD_05

Desde un punto de vista metodológico una SAM construida para la economía de la Comunidad del año 2005 ofrece una visión fotográfica más amplia que la tabla Input-Output simétrica proporcionada por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid; si bien esta última recoge las relaciones entre los agentes operantes en el sector productivo de la economía regional, la SAMMAD_05 amplía esta información incorporando los flujos de renta y gasto entre todos los sectores institucionales. La SAM representa el flujo circular de la renta (ciclo producción-renta-demanda) al recoger la interrelación mutua entre la estructura de producción, la distribución del ingreso y los patrones de consumo, describe los flujos entre el valor añadido y la demanda final.

Para llevar a cabo la construcción de la SAMMAD_05 a precios básicos utilizamos el método de la agregación en el contexto de la ya mencionada metodología contable del Sistema Europeo de Cuentas del año 95 (SEC-95). Mediante ciertos supuestos que permiten la unión de los comportamientos individuales de los sujetos económicos, se construyen variables agregadas y, con la incorporación de ciertas hipótesis, se establecen relaciones entre ellas. Este es el paso previo para la construcción de los modelos de equilibrio posteriores, que en un proceso de abstracción de la realidad, permitirán analizar el funcionamiento de la economía de la Comunidad de Madrid referida al año 2005.

Con posterioridad tomaremos como base de datos la SAMMAD_05, para desarrollar las simulaciones a través del modelo lineal y del MEGA Dinámico. Dibujaremos el funcionamiento de la economía de la Comunidad de Madrid y las relaciones entre los agentes económicos y sociales para el año 2005 a la vista de las relaciones extraídas de dicha matriz.

4.1.1 ESTRUCTURA DE LA SAMMAD_05

Para poder explicar la SAMMAD_05 es preciso partir de la estructura contable que subyace bajo una SAM y que observamos a través de las diferentes identidades macroeconómicas que verifica.

La idea básica que utiliza la contabilidad nacional para medir los resultados agregados de la actividad productiva es que la economía, durante un período de tiempo, realiza una actividad cuyos resultados pueden considerarse bajo tres puntos de vista distintos pero equivalentes: desde la perspectiva de la producción, de la demanda que existe sobre ella y desde la óptica de la distribución del producto entre los propietarios de los factores productivos. En esto se fundamenta la identidad contable entre el producto nacional, el gasto nacional y la renta nacional.

En el nivel más simplificado, las Cuentas Nacionales se pueden representar mediante las siguientes expresiones:

$$PIB = C + G + I + (E - M) \quad (\text{PIB, perspectiva del gasto})$$

$$PIB = W + EBE + Ti \quad (\text{PIB, perspectiva de la renta})$$

$$W + EBE = C + Ah + Td \quad (\text{Usos de la renta})$$

$$DP = Ti + Td - G \quad (\text{Cuentas Públicas})$$

$$SC = E - M \quad (\text{Cuenta Exterior})$$

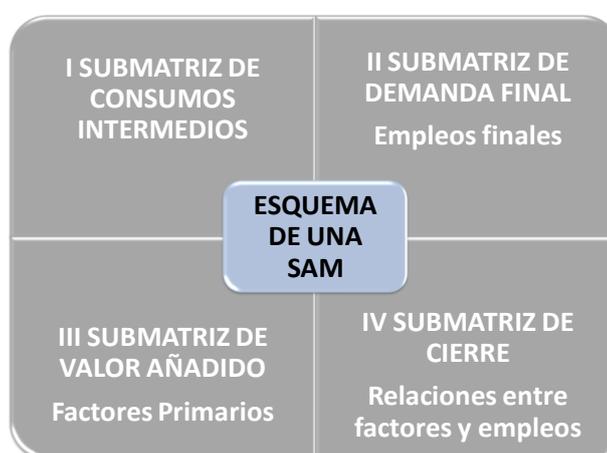
Donde *PIB* es el Producto Interior Bruto, *C* es el Consumo de los hogares, *G* es el Gasto de las Administraciones Públicas, *I* es la Formación Bruta de Capital, *E* son las Exportaciones, *M* son las Importaciones, *W* son los Sueldos y Salarios, *EBE* es el Excedente Bruto de Explotación, *Ah* es el Ahorro de los hogares, *DP* es el

Déficit Público, T_i son los Impuestos indirectos, T_d son los Impuestos directos y SC es el Saldo comercial⁴⁴.

La forma en que una SAM capta toda esta información de forma numérica y la resume en una matriz cuadrada cuyas filas y columnas representan un cuadro de doble entrada. Cada celda representa el ingreso que el elemento de la columna realiza en el elemento de la fila.

De forma sencilla, una SAM queda esquematizada en el siguiente gráfico:

Gráfico 17: Esquema de una SAM



Fuente: Elaboración propia

Formalmente, una Matriz de Contabilidad Social es una tabla de doble entrada, con igual número de filas que de columnas, que recoge en su interior todas las transacciones que se producen en una determinada economía y en un período de tiempo (generalmente un año).

Una vez contextualizadas las SAM, en el *capítulo tercero*, pasamos a describir brevemente la elaboración de la matriz que nos ocupa, la SAMMAD_05.

⁴⁴ Cámara, A. (2008)

Gráfico 18: Secuencia en la elaboración de la SAMMAD_05

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 ELABORACIÓN DE LA SAM DE LA COMUNIDAD DE MADRID PARA EL AÑO 2005

El punto de partida para la elaboración de la matriz de contabilidad social de la Comunidad de Madrid, SAMMAD_05, es la Tabla Input-Output Simétrica⁴⁵ del año 2005 a precios básicos que cuenta con una desagregación de 59 ramas productivas⁴⁶.

El enfoque macroeconómico que caracteriza el modelo aplicado en el presente trabajo posee un gran poder integrador al ayudarnos a comprender cómo se agregan los distintos bienes y mercados, en el caso concreto de la Comunidad de Madrid para el año 2005.

Teniendo presente el esquema de flujos reales, de bienes y servicios y monetarios, pasamos a continuación a desarrollar nuestro estudio aplicado a la Comunidad de Madrid para el año 2005.

⁴⁵ Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

<http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/economicas/contabilidad/estructutio.htm>

⁴⁶ En el apéndice puede consultar la correspondencia de las cuentas de la Tabla Input-Output Simétrica con las cuentas agregadas en la SAMMAD_05.

La información estadística publicada por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid nos proporciona los datos numéricos para la elaboración de la SAMMAD_05. Las interrelaciones sectoriales, valoradas en flujos de dinero, se ponen de manifiesto a través del análisis input-output, que fue desarrollado por Leontief en la década de 1930.

El modelo input-output intenta explicar la interdependencia entre n sectores de una economía utilizando para ello la denominada matriz input-output o matriz de intercambio sectorial. La formulación del modelo input-output de Leontief tiene como fin reflejar la estructura productiva de un país o región a través de un sencillo sistema de ecuaciones lineales. El análisis input-output permite desagregar la economía en diferentes sectores y contabilizar los flujos monetarios entre dichos sectores referidos a un año en concreto, definiendo la relación entre la demanda final y la producción.

La información sintetizada en el Marco Input-Output junto con otros datos recogidos en la contabilidad regional permite completar los flujos monetarios y cerrar el esquema abierto de las tablas input-output.

De este modo surge la Matriz de Contabilidad Social o SAM como base de datos ampliada de las relaciones que contienen las tablas input-output y el modelo abierto de Leontief, incorporando los flujos entre el valor añadido y la demanda final, tal y como queda recogido en la IV Submatriz de cierre de la Matriz.

Los sectores que forman la SAM se clasifican de modo genérico en Actividades Productivas, Factores Productivos, Sectores Institucionales (consumo y distribución de la renta), Capital (ahorro/inversión) y Sector Exterior.

Para su construcción, el primer paso es la elaboración de una matriz agregada que posteriormente se puede desagregar para construir matrices más detalladas en función del objetivo que se quiera alcanzar.

En la siguiente tabla (**Tabla 3**) aparecen de forma simplificada los grupos de cuentas que conforman la estructura de la matriz de contabilidad social que se va a utilizar en las modelizaciones.

Tabla 3: Grupos de cuentas implicadas en una SAM

	PRODUCCIÓN	FACTORES PRODUCTIVOS	SECTORES INSTITUCIONALES	CAPITAL	SECTOR EXTERIOR
PRODUCCIÓN	Consumos Intermedios		Consumo de los Sectores	Formación Bruta de Capital	Exportaciones
FACTORES PRODUCTIVOS	Pagos de Valor Añadido a los factores e Impuestos sobre productos		Impuestos sobre consumo	Impuestos sobre bienes de capital	Remun. de asalariados del RDM e Impuestos sobre productos
SECTORES INSTITUCIONALES		Asignación del ingreso de los factores a los Sectores Institucionales	Transferencias entre Sectores Institucionales		Transferencias del Resto del Mundo
CAPITAL			Ahorro de los Sectores		Ahorro exterior
SECTOR EXTERIOR	Importaciones	Remuneración de asalariados al RDM	Transferencias al Resto del Mundo		

Nota: Las celdas con fondo gris tienen como principal fuente de información el Marco Input-Output de la Comunidad de Madrid y las celdas con fondo azul la Contabilidad Regional de la Comunidad de Madrid.

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara (2008).

En concreto, la SAM de la Comunidad de Madrid elaborada para el año 2005 contiene un total de 45 cuentas que detallamos en la siguiente tabla:

Tabla 4: Cuentas de la SAM de la Comunidad de Madrid desagregada

Número de Cuenta	Ramas de Actividad y Sectores	Número de Cuenta	Ramas de Actividad y Sectores
1	Agricultura y ganadería		Ajuste de interior a regional
2	Energía y minería	32	Consumo interior de no residentes
3	Industrias extractivas	33	Consumo exterior de residentes
4	Productos metálicos		Explotación
5	Maquinaria industrial	34	Sueldos y salarios
6	Material eléctrico	35	Cotizaciones sociales
7	Material electrónico	36	Impuestos netos sobre productos
8	Máquinas oficina y precisión	37	Impuestos netos sobre producción
9	Material de transporte	38	Excedente Bruto de la explotación/Renta mixta
10	Alimentación		Sectores Institucionales
11	Textil, confección y calzado	39	Hogares
12	Papel y gráficas	40	Sociedades
13	Productos farmacéuticos	41	Instituciones Financieras
14	Industria química	42	ISFLSH
15	Industria no metálica	43	Administraciones Públicas
16	Otras manufactureras		Acumulación
17	Construcción	44	Capital (Ahorro / Inversión)
18	Comercio mayorista		Sector Exterior
19	Comercio menor y reparación	45	Sector Exterior
20	Hostelería		
21	Transportes		
22	Comunicaciones		
23	Inmobiliarias y alquileres		
24	Servicios a empresas		
25	Educación		
26	Sanidad		
27	Servicios recreativos		
28	Servicios personales		
29	Servicios financieros		
30	Otros servicios		
31	Administración Pública		

Fuente: Elaboración propia

En el anexo I de esta tesis presentamos la SAMMAD_05 en la que las actividades productivas aparecen agregadas en 31 ramas.

4.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ECONÓMICA DE LA COMUNIDAD DE MADRID A TRAVÉS DE LA SAMMAD_05

El segundo objetivo de esta tesis consiste en estimar la SAM y realizar un análisis de la estructura económica de la Comunidad de Madrid para el año 2005 empleando la metodología propuesta por Leontief (1973)⁴⁷, en el marco del modelo lineal Input-Output. Utilizamos para su estudio el modelo SAM lineal tomando los datos proporcionados por la SAMMAD_05 construida a tal efecto.

4.2.1 EL MODELO LINEAL

El principal objetivo de este punto de la investigación consiste en analizar el impacto del fomento de la inversión en investigación científica y el desarrollo tecnológico como medio para conseguir la implantación de la Bioeconomía en el entramado económico y social de la Comunidad de Madrid.

Para analizar el impacto de un shock de inversión en I+D en el entramado económico y social de la Comunidad de Madrid partiremos de un equilibrio macroeconómico inicial, para lo que se ha elaborado la Matriz de Contabilidad Social correspondiente al año 2005. Una evolución del modelo de crecimiento económico implicará por tanto efectos que se traducirán en unos nuevos niveles de equilibrio reflejados a través de variables agregadas tales como la producción, el consumo o el empleo. En definitiva, la estructura económica y social de la Comunidad de Madrid se verá afectada.

La modelización matemática permite cuantificar el impacto de la transformación de la estructura productiva hacia un modelo de crecimiento económico basado en la inversión en I+D sobre la economía de la Comunidad de

Madrid, realizado a través de la simulación de impactos con relación al nivel del shock de inversión en cada uno de los sectores implicados.

4.2.2 ALCANCE DE LA INVERSIÓN EN I+D

Uno de los elementos clave de la estrategia de Lisboa es el objetivo de aumentar el gasto en I+D hasta el 3% del PIB en los países miembros de la Unión Europea en el año 2010.

Este objetivo tiene sentido dada la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento de la productividad y de la competitividad en un entorno global. Asimismo cobra especial relevancia la innovación como resultado de los esfuerzos en I+D y se presenta como un elemento crítico de las economías desarrolladas.

Con el fin de cuantificar en qué medida un impulso de la inversión en I+D, en sectores relacionados con el desarrollo de la misma, afectaría de forma transversal las ramas de actividad implicadas en la economía madrileña abordamos esta aplicación desde una perspectiva macroeconómica cuantificando este impacto mediante un modelo matemático lineal.

Los objetivos genéricos de la estimación de la Matriz de Contabilidad Social del año 2005, adaptada al análisis de la inversión en I+D, y el consiguiente análisis de su estructura junto con la aplicación empírica de simulación de impactos, se consiguen con el soporte teórico de las Teorías de Equilibrio General, los datos proporcionados por el marco input-output y la contabilidad regional del ámbito de aplicación concreto de la Comunidad de Madrid.

Solow (1956) comprobó empíricamente que el crecimiento en la renta per cápita a largo plazo se debía sobre todo al incremento en la productividad de los inputs, como parte del cambio tecnológico. Fue entonces cuando empezaron a cobrar importancia, en las explicaciones del crecimiento, aspectos tales como la

⁴⁷ Leontief, Wassily (1905-1999), premio Nobel de Economía en 1973.

incorporación de los avances tecnológicos, la formación y educación del factor trabajo. En este contexto cobran relevancia los modelos de crecimiento endógeno de Romer (1990) y Grossman y Helpman (1991) que enfatizan el rol de la investigación y el desarrollo en la economía como parte del proceso de innovación, destacando la importancia de dicha actividad en la creación de nuevos conocimientos.

Con el propósito de profundizar en la idea del desarrollo económico en la Comunidad de Madrid, desde una perspectiva económica, social y medioambiental se fotografía en cifras la economía de la Comunidad de Madrid mediante la Matriz de Contabilidad Social y se cuantifica el alcance de un aumento en la inversión en I+D en su entramado global mediante los modelos multisectoriales. Se introduce este impacto con el propósito de medir en términos de agregados macroeconómicos el paso hacia un modelo económico donde el fomento de la I+D ligada a la Bioeconomía genere nuevos modos de trabajar y con ello un modelo de crecimiento económico evolucionado. Entendiendo así que la transferencia de conocimiento y la innovación tecnológica pueden ser instrumentos claves para generar valor.

En este nuevo modelo consideramos que el cambio económico va unido a un cambio social, de modo que la sociedad evolucione al tiempo que lo hace la economía. Si se invierte en investigación, el sector educativo y el ámbito científico se beneficiarán por un avance en sus habilidades y capacidades, por lo que cambio social y cambio económico van unidos.

4.2.3 LA BIOECONOMÍA EN EL MODELO SAM DE MULTIPLICADORES LINEALES

Para el estudio de las interdependencias entre las distintas cuentas que componen la SAMMAD_05 se construyen las matrices de multiplicadores lineales. Este procedimiento es una extensión de la metodología input-output. Los multiplicadores lineales de una SAM, al igual que los multiplicadores input-output, estiman los efectos que producen cambios en las variables exógenas sobre las endógenas.

Para realizar nuestro análisis el primer paso consiste en distinguir las cuentas endógenas de las exógenas. Se considerarán cuentas endógenas aquellas cuyo nivel de renta o producción se desea analizar y serán los cambios sobre las cuentas exógenas los que incidirán sobre los valores de las magnitudes de las cuentas endógenas. La decisión siempre depende de los aspectos que se vayan a estudiar en la investigación. Se suelen establecer como cuentas exógenas aquellas que se determinan fuera del sistema económico o que constituyen instrumentos de política económica. De este modo, en el modelo desarrollado se consideran siete cuentas exógenas: la cuenta de Ahorro/Inversión, la cuenta de Administraciones Públicas, las dos cuentas de impuestos, las cotizaciones sociales y la cuenta del Sector Exterior. El resto de cuentas (39) son endógenas. A continuación aparece la clasificación de las cuentas de la SAM separadas en endógenas y exógenas.

Tabla 5: Clasificación de las cuentas de la SAMMAD_05

CUENTAS ENDÓGENAS	CUENTAS EXÓGENAS
Ramas de Actividad	Cotizaciones sociales
Consumo interior de no residentes	Impuestos netos sobre productos
Consumo exterior de residentes	Impuestos netos sobre producción
Sueldos y salarios	Administraciones Públicas
EBE/Renta mixta	Capital (Ahorro / Inversión)
Hogares	Resto del mundo
Sociedades	
Instituciones Financieras	
ISFLSH	

Fuente: Elaboración propia

Describimos a continuación brevemente la metodología utilizada para la evaluación del impacto de la inversión en I+D en la Comunidad de Madrid.

Los modelos de multiplicadores son modelos multisectoriales de corte lineal, en los que las variables consideradas endógenas se expresan como función lineal de las exógenas. De este modo los ingresos totales (o los gastos totales) de una cuenta endógena se pueden expresar como suma de las transacciones entre cuentas endógenas más las transacciones de éstas con las exógenas.⁴⁸

Obtenemos así la siguiente ecuación matricial:

$$Y = A \cdot Y + X \quad (4.1)$$

Llamando:

X a la matriz de orden $m \cdot 1$ (siendo m el número de cuentas endógenas) que contiene las inyecciones de las cuentas exógenas a las cuentas endógenas,

Y a la matriz de orden $m \cdot 1$ formada por los ingresos totales de las cuentas endógenas,

A a la matriz de orden $m \cdot m$ de propensiones medias al gasto de las cuentas endógenas.

Despejando Y en la ecuación anterior:

$$Y = (I - A)^{-1} \cdot X = M \cdot X \quad (4.2)$$

Siendo,

⁴⁸ Un desarrollo detallado de estos modelos puede consultarse en Cámara (2008).

M la matriz de multiplicadores lineales, en la que cada elemento m_{ij} muestra el cambio de renta en la cuenta endógena i si la cuenta j recibe una unidad monetaria adicional de renta desde las cuentas exógenas. Es decir, la matriz M indica en qué medida una inyección exógena en el sistema (representada por un cambio en al menos un elemento de X) afecta al ingreso total de las cuentas endógenas.

4.2.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES I+D EN LA COMUNIDAD

DE MADRID Con el fin de dotar al presente trabajo del contenido empírico apropiado para el estudio del fenómeno de la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid, hemos recurrido a fuentes estadísticas como el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid que recoge en sus cuentas económicas datos sobre el gasto en I+D por ramas de actividad según nivel de empleo y sobre el gasto en innovación por ramas de actividad según nivel de empleo.

Con el objetivo de definir el término Bioeconomía y acotarlo para poder llevar a cabo la modelización económica que nos ocupa en el presente trabajo, hemos clasificado los ámbitos que involucra para poder desarrollar la aplicación del modelo que refleje el fomento de la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid.

El entramado económico y social de la Comunidad queda representado a través de la matriz de contabilidad social elaborada para el año 2005. Dicha matriz se elaboró con los datos disponibles y quedó sintetizado en 27 sectores productivos en una primera aproximación al fenómeno. Los datos utilizados provienen de la contabilidad regional y son los relativos al año 2005, entendemos que la estructura económica de la región recogida en esta SAM tiene la suficiente permanencia en el tiempo como para ser representativa y poder realizar la simulación del impacto que nos ocupa en el presente trabajo.

Posteriormente, tras analizar en profundidad el fenómeno y llevar a cabo un análisis más detallado de los sectores involucrados en el término Bioeconomía detectamos los que, para este estudio, serían los sectores susceptibles de canalizar la inversión en I+D.

Para conseguir una mejor adecuación de la base de datos al objeto del estudio se ha optado por elaborar una matriz de contabilidad social más desagregada, con un desglose de 31 ramas productivas, entre las que poder observar aquellas estrechamente relacionadas con la I+D.

Por lo que finalmente, hemos considerado como perceptoras del shock de inversión en nuestro ejercicio de simulación a través del modelo lineal las siguientes ramas de actividad vinculadas a la implantación de la Bioeconomía:

Tabla 6: Sectores I+D seleccionados

CORRESPONDENCIA CON LAS CUENTAS DE LA SAMMAD_05	SELECCIÓN DE RAMAS SUSCEPTIBLES DE CANALIZAR LA INVERSIÓN EN I+D
6	Material eléctrico
7	Material electrónico
8	Máquinas oficina y precisión
10	Alimentación
13	Productos farmacéuticos
22	Comunicaciones
24	Servicios a empresas
25	Educación

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 SIMULACIÓN DEL SHOCK DE INVERSIÓN EN I+D

El ejercicio que realizamos consiste en simular un shock de inversión en I+D del 1,2% del PIB madrileño para conseguir incrementar el 1,8% del PIB correspondiente al año 2005⁴⁹ hasta el 3%, en línea con los objetivos de política comunitaria analizados.

Seguimos la construcción del modelo de multiplicadores lineales en el que el vector Y , que contiene los outputs totales de las cuentas endógenas, es el producto de la matriz de multiplicadores lineales M y el vector X que contiene las

⁴⁹ Según datos del Instituto Nacional de Estadística.

inyecciones totales de renta que cada cuenta endógena recibe del conjunto de las exógenas, siguiendo la expresión:

$$Y = M \cdot X \quad (4.3)$$

Cualquier variación en los ingresos procedentes de las cuentas exógenas (en este caso los respectivos porcentajes del PIB asignados a cada sector seleccionado), se verá reflejado en una variación del vector Y del siguiente modo:

$$\Delta Y = M \cdot \Delta X \quad (4.4)$$

En la aplicación el nuevo vector ΔX se obtiene sumando al vector X todas las inyecciones de renta que reciben las ramas de actividad seleccionadas procedentes de la simulación del incremento del 1,2% del PIB. A continuación se calcula el correspondiente ΔY que contiene los outputs totales de las cuentas endógenas en un escenario con un total de gasto en I+D del 3%. Estos outputs serán los que se comparen posteriormente con los outputs totales sin inyectar tal inversión.

Tabla 7: Variación del output total de las cuentas endógenas al inyectar un 1,2% del PIB en sectores ligados a la Bioeconomía (miles de euros)

CUENTAS ENDÓGENAS	X	ΔX	Y	ΔY	Variación porcentual
1. Agricultura y ganadería	79.318,73	0,00	4.758.350,10	26.943,89	0,57%
2. Energía y minería	1.081.057,40	0,00	10.390.076,55	58.189,49	0,56%
3. Industrias extractivas	826.408,92	0,00	3.163.158,29	13.759,41	0,43%
4. Productos metálicos	4.398.602,80	0,00	10.333.230,56	24.848,28	0,24%
5. Maquinaria industrial	3.569.485,11	0,00	7.549.117,37	48.380,33	0,64%
6. Material eléctrico	1.201.756,70	75.493,05	5.305.639,76	111.649,11	2,10%
7. Material electrónico	1.534.281,89	111.454,24	7.832.986,60	211.834,87	2,70%
8. Máquinas oficina y precisión	1.179.774,20	11.345,52	6.814.895,69	85.068,44	1,25%
9. Material de transporte	11.364.244,57	0,00	22.373.568,98	49.109,98	0,22%
10. Alimentación	2.009.054,72	11.554,74	11.551.358,18	66.811,84	0,58%
11. Textil, confección y calzado	567.388,76	0,00	4.130.102,94	20.912,27	0,51%
12. Papel y gráficas	3.284.062,13	0,00	11.136.998,75	81.000,47	0,73%
13. Productos farmacéuticos	2.355.604,32	314.808,47	5.407.641,33	383.943,58	7,10%
14. Industria química	1.292.713,29	0,00	7.653.186,02	64.775,58	0,85%
15. Industria no metálica	1.246.280,45	0,00	9.882.049,19	22.190,16	0,22%
16. Otras manufactureras	2.633.053,24	0,00	9.190.186,98	58.027,13	0,63%
17. Construcción	27.364.355,13	0,00	35.398.923,74	35.273,39	0,10%
18. Comercio mayorista	17.321.225,47	0,00	21.925.146,81	34.187,07	0,16%
19. Comercio menor y reparación	2.217.177,95	0,00	16.816.672,95	81.572,83	0,49%
20. Hostelería	141,42	0,00	8.417.177,17	57.211,66	0,68%
21. Transportes	11.278.442,05	0,00	25.342.773,83	93.629,13	0,37%
22. Comunicaciones	14.556.715,61	160.899,92	28.034.179,63	286.901,25	1,02%
23. Inmobiliarias y alquileres	11.293.311,66	0,00	34.373.018,27	167.934,28	0,49%
24. Servicios a empresas	30.152.009,94	1.130.513,76	56.948.180,66	1.391.675,89	2,44%
25. Educación	4.843.658,11	19.099,80	8.259.967,57	41.486,21	0,50%
26. Sanidad	4.925.408,00	0,00	9.442.449,09	30.591,66	0,32%
27. Servicios recreativos	2.919.587,63	0,00	16.141.093,01	71.932,68	0,45%
28. Servicios personales	288.805,63	0,00	1.376.639,68	5.569,68	0,40%
29. Servicios financieros	8.079.109,35	0,00	22.309.703,69	95.159,51	0,43%
30. Otros servicios	118.589,04	0,00	5.954.630,29	31.674,57	0,53%
31. Administración Pública	10.808.153,16	0,00	10.808.153,16	0,00	0,00%
32. Consumo interior de no residentes	5.512.133,51	0,00	5.512.133,51	0,00	0,00%
33. Consumo exterior de residentes	0,00	0,00	5.089.018,87	28.040,23	0,55%
34. Sueldos y salarios	0,00	0,00	69.962.056,52	530.274,22	0,76%
38. Excedente Bruto de la explotación/Renta mixta	0,00	0,00	58.406.676,44	385.222,58	0,66%
39. Hogares	22.201.077,78	0,00	156.103.205,00	860.120,58	0,55%
40. Sociedades	1.591.698,18	0,00	31.052.883,33	183.483,40	0,59%
41. Instituciones Financieras	5.262.291,51	0,00	39.205.049,04	184.793,15	0,47%
42. ISFLSH	430.670,37	0,00	3.630.583,71	18.035,97	0,50%

Fuente: Elaboración propia

Si observamos en esta tabla las variaciones porcentuales en los outputs totales tras el shock de inversión en los sectores seleccionados, los mayores efectos se

asocian a las ramas que han recibido la inyección. Esto se debe a los efectos directos del multiplicador del modelo lineal. Pero observando más detenidamente los aumentos de output que han experimentado las ramas de actividad receptoras del shock de inversión comprobamos que los aumentos no son lineales respecto a la cantidad recibida. En concreto, el sector que más inversión recibe (Servicios a empresas) ve aumentado su output en un 2,44% por ciento, porcentaje menor al aumento que experimentan los siguientes sectores que han recibido menos inversión: Productos farmacéuticos con un aumento del 7,10%, Material electrónico con un aumento del 2,7% y se sitúa con una variación porcentual próxima el efecto sobre el incremento del output en el sector Material eléctrico con un 2,1% habiendo recibido este un shock de inversión sustancialmente menor. Estos datos nos muestran que ha habido sectores mucho más eficientes que otros a la hora de rentabilizar las ayudas recibidas.

También cabe destacar que la rama Máquinas de oficina y precisión, siendo la rama que menos inversión ha recibido, ha experimentado un aumento en su output (1,25%) superior al de otras ramas en las que se ha realizado una inversión mayor. En concreto, Comunicaciones con un aumento del 1,02% y Educación con un aumento del 0,5%. En resumen, las ramas receptoras directas del shock de inversión han experimentado las variaciones recogidas en la siguiente tabla, ordenadas de mayor a menor según su efecto sobre el output total.

Tabla 8: Variación del output total de las cuentas receptoras directas (miles de euros)

CUENTAS ENDÓGENAS	X	ΔX	Y	ΔY	Variación porcentual
13. Productos farmacéuticos	2.355.604	314.808	5.407.641	383.944	7,10%
7. Material electrónico	1.534.282	111.454	7.832.987	211.835	2,70%
24. Servicios a empresas	30.152.010	1.130.514	56.948.181	1.391.676	2,44%
6. Material eléctrico	1.201.757	75.493	5.305.640	111.649	2,10%
8. Máquinas oficina y precisión	1.179.774	11.346	6.814.896	85.068	1,25%
22. Comunicaciones	14.556.716	160.900	28.034.180	286.901	1,02%
10. Alimentación	2.009.055	11.555	11.551.358	66.812	0,58%
25. Educación	4.843.658	19.100	8.259.968	41.486	0,50%

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los efectos indirectos del multiplicador se observan sobre los sectores que no son receptores directos en una cuantía menor pero destacable, para resaltar que una inyección de inversión en I+D sólo en determinados sectores tendría un efecto transversal sobre el resto de ramas de actividad de la economía madrileña.

Tabla 9: Efectos directos, indirectos y totales tras el shock de inversión en los sectores ligados a la Bioeconomía (miles de euros)

CUENTAS ENDÓGENAS	Efecto directo	Efecto Indirecto	Efecto total	Variación porcentual
13. Productos farmacéuticos	314.808,47	69.135,10	383.943,58	7,10%
24. Servicios a empresas	1.130.513,76	261.162,13	1.391.675,89	2,44%
22. Comunicaciones	160.899,92	126.001,34	286.901,25	1,02%
14. Industria química	0,00	64.775,58	64.775,58	0,85%
12. Papel y gráficas	0,00	81.000,47	81.000,47	0,73%
20. Hostelería	0,00	57.211,66	57.211,66	0,68%
16. Otras manufactureras	0,00	58.027,13	58.027,13	0,63%
10. Alimentación	11.554,74	55.257,10	66.811,84	0,58%
1. Agricultura y ganadería	0,00	26.943,89	26.943,89	0,57%
4. Productos metálicos	0,00	24.848,28	24.848,28	0,55%
30. Otros servicios	0,00	31.674,57	31.674,57	0,53%
11. Textil, confección y calzado	0,00	20.912,27	20.912,27	0,51%
25. Educación	19.099,80	22.386,40	41.486,21	0,50%
7. Material electrónico	111.454,24	100.380,63	211.834,87	0,50%
8. Máquinas oficina y precisión	11.345,52	73.722,91	85.068,44	0,50%
9. Material de transporte	0,00	49.109,98	49.109,98	0,50%
5. Maquinaria industrial	0,00	48.380,33	48.380,33	0,50%
6. Material eléctrico	75.493,05	36.156,06	111.649,11	0,50%
23. Inmobiliarias y alquileres	0,00	167.934,28	167.934,28	0,49%
19. Comercio menor y reparación	0,00	81.572,83	81.572,83	0,49%
2. Energía y minería	0,00	58.189,49	58.189,49	0,49%
27. Servicios recreativos	0,00	71.932,68	71.932,68	0,45%
29. Servicios financieros	0,00	95.159,51	95.159,51	0,43%
3. Industrias extractivas	0,00	13.759,41	13.759,41	0,43%
28. Servicios personales	0,00	5.569,68	5.569,68	0,40%
21. Transportes	0,00	93.629,13	93.629,13	0,37%
26. Sanidad	0,00	30.591,66	30.591,66	0,32%
15. Industria no metálica	0,00	22.190,16	22.190,16	0,22%
18. Comercio mayorista	0,00	34.187,07	34.187,07	0,16%
17. Construcción	0,00	35.273,39	35.273,39	0,10%

Fuente: Elaboración propia

En concreto, observamos que las ramas no receptoras que se han visto más beneficiadas por el shock exógeno de inversión han sido Industria química (0,85%), Papel y Gráficas (0,73%), Hostelería (0,68%), Otras manufactureras (0,63%),

Agricultura y ganadería (0,57%), Productos metálicos (0,55%), Otros servicios (0,53%) y Textil, confección y calzado (0,51%). Todas ellas con aumentos de output superiores al aumento que ha experimentado la rama receptora Educación (0,5%), creemos que debido a las características especiales de este sector con pocas transferencias al resto del sector productivo. Otras ramas que destacan por aumentos de output sensiblemente superiores a la perceptora directa Material Eléctrico, que es la que experimenta el menor efecto positivo sobre output, son Material de Transporte y Maquinaria Industrial, estas últimas en el entorno del 0,5% de variación.

Queremos destacar que algunas de las ramas no receptoras más beneficiadas por las inversiones (Química y Energía, Papel y Gráficas y Otras manufactureras) no pertenecen al sector servicios, sector que en las últimas décadas ha estado a la cabeza de la economía madrileña. Consideramos este aspecto positivo por lo que supone la presencia de sectores que abren una nueva vía de actividad con potencial de desarrollo en una economía muy terciarizada. Por último, los sectores que menos se han beneficiada de la inversión en I+D han sido Construcción (0,10%), Comercio mayorista (0,16%), Industria no metálica (0,22%) y Sanidad (0,32%).

4.2.6 MULTIPLICADORES DE EMPLEO

Para completar el análisis de multiplicadores presentado hasta el momento, es interesante el cálculo de los multiplicadores de empleo, ya que esta variable resulta ser un objetivo prioritario en materia de política económica.

Siguiendo la metodología utilizada por De Miguel (2003), con el fin de conocer en qué medida las cuentas seleccionadas como cuentas de inversión en I+D podrían provocar efectos sobre el nivel de empleo, se aplica la siguiente formulación:

$$Me = E \cdot M_{Rj} \quad (4.5)$$

Donde E es una matriz diagonal que incluye los ratios de volumen de empleo sobre los recursos totales de las diferentes ramas (31) y M_{Rj} es una

submatriz de M que recoge las filas y columnas relativas a las ramas de actividad. Por su parte Me es la matriz de multiplicadores de empleo y un elemento genérico de esta matriz recoge los efectos sobre el empleo de la rama i si se produce una inyección exógena unitaria sobre la cuenta endógena j .

Tabla 10: Multiplicadores de empleo normalizados de la economía de la Comunidad de Madrid para el año 2005

SECTORES DE ACTIVIDAD	EFFECTOS DIFUSIÓN	SECTORES DE ACTIVIDAD	EFFECTOS ABSORCIÓN
24. Servicios a empresas	3,421	24. Servicios a empresas	4,349
23. Inmobiliarias y alquileres	2,223	19. Comercio menor y reparación	3,728
17. Construcción	2,062	29. Servicios financieros	2,662
21. Transportes	1,847	27. Servicios recreativos	2,066
18. Comercio mayorista	1,812	21. Transportes	1,908
22. Comunicaciones	1,751	30. Otros servicios	1,871
27. Servicios recreativos	1,073	20. Hostelería	1,795
29. Servicios financieros	0,946	26. Sanidad	1,431
19. Comercio menor y reparación	0,875	25. Educación	1,429
26. Sanidad	0,635	17. Construcción	1,393
12. Papel y gráficas	0,587	23. Inmobiliarias y alquileres	1,164
20. Hostelería	0,544	18. Comercio mayorista	0,934
25. Educación	0,403	22. Comunicaciones	0,859
31. Administración Pública	0,380	12. Papel y gráficas	0,754
16. Otras manufactureras	0,340	2. Energía y minería	0,740
2. Energía y minería	0,310	10. Alimentación	0,503
10. Alimentación	0,310	16. Otras manufactureras	0,478
30. Otros servicios	0,291	4. Productos metálicos	0,303
9. Material de transporte	0,259	9. Material de transporte	0,292
4. Productos metálicos	0,230	15. Industria no metálica	0,289
15. Industria no metálica	0,228	11. Textil, confección y calzado	0,288
13. Productos farmacéuticos	0,217	7. Material electrónico	0,269
14. Industria química	0,212	5. Maquinaria industrial	0,257
5. Maquinaria industrial	0,169	14. Industria química	0,245
11. Textil, confección y calzado	0,150	8. Máquinas oficina y precisión	0,224
7. Material electrónico	0,121	28. Servicios personales	0,222
8. Máquinas oficina y precisión	0,111	13. Productos farmacéuticos	0,214
6. Material eléctrico	0,109	6. Material eléctrico	0,183
3. Industrias extractivas	0,075	1. Agricultura y ganadería	0,086
28. Servicios personales	0,063	3. Industrias extractivas	0,067
1. Agricultura y ganadería	0,024	31. Administración Pública	0,000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados normalizados nos indican que las actividades con mayor capacidad de incrementar el empleo en el resto de la economía ante una inyección exógena unitaria (efectos difusión) serían: **Servicios a Empresas, Inmobiliarias y**

Alquileres y Construcción seguidos de **Transportes, Comercio Mayorista y Comunicaciones**.

Los sectores que destacan por responder en mayor medida ante un shock exógeno (efectos absorción) en términos de empleo serían de nuevo **Servicios a empresas** en primer lugar, seguido de **Comercio menor y reparación, Servicios Financieros y Servicios Recreativos, Transportes, Otros Servicios y Hostelería**. La gran mayoría de los citados aparecen clasificados dentro de la categoría de sectores clave detectados en un trabajo previo de los autores⁵⁰.

Respecto al vínculo existente entre las ramas receptoras directas de la inversión en I+D y su influencia en la generación de empleo destaca el caso de **Servicios a Empresas**, que se sitúa en primer lugar con un coeficiente de 3,421 en el efecto difusión y 4,349 en el efecto absorción. En general, se aprecia cierta coherencia entre los efectos absorción y difusión del resto de ramas receptoras directas. Se observa un patrón coherente en el comportamiento de las ramas **Educación, Alimentación y Comunicaciones** que se sitúan por encima de **Material Eléctrico, Material Electrónico, Máquinas de Oficina y Precisión y Productos Farmacéuticos**, en cuanto a sus efectos sobre el empleo.

⁵⁰ El lector interesado en este estudio puede consultar: Cámara, A, Monrobel, J.R., Medina, A. (2010).

4.3 CONCLUSIONES SOBRE LA SIMULACIÓN DE IMPACTOS DE INVERSIÓN EN I+D A TRAVÉS DEL MODELO SAM LINEAL

En este capítulo se ha realizado una aproximación al fenómeno de la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid. La I+D en determinados sectores que conduzcan a la implantación de la Bioeconomía supone una fuente para la innovación y su evolución futura. Se ha elaborado el ejercicio de detección de los sectores estrechamente ligados a la canalización de un shock de inversión en I+D, seleccionando en el presente trabajo los ocho sectores siguientes: **Material Electrónico, Material Eléctrico, Máquinas de Oficina y Precisión, Alimentación, Productos Farmacéuticos, Comunicaciones, Servicios a Empresas y Educación.**

La importancia de la inversión I+D en el diseño de políticas que persigan el crecimiento de la productividad y la competitividad a largo plazo en una economía se pone de manifiesto. El acento en la inversión en I+D está presente en todos los países de la Unión Europea entre los que España se sitúa en niveles del 1,13% del PIB nacional y en concreto la Comunidad de Madrid en cifras cercanas al 1,8% de su PIB, teniendo como referencia la media en la Unión Europea del 2%.

Existe una distancia significativa entre estas cifras y el objetivo del 3% planteado por la estrategia de Lisboa y por el VII Programa Marco de Investigación de la Unión Europea para el periodo 2007-2013. Según los resultados mostrados por el modelo lineal elaborado, el efecto que tendría un shock de inversión en I+D es positivo tanto para los receptores directos como para el resto. En el caso de los ocho sectores seleccionados como receptores directos experimentan, como es lógico, los mayores incrementos, pero los efectos se trasladan también a las ramas no receptoras directas y en algunos casos tales incrementos en el output final superan incluso los de alguna rama receptora directa.

En cuanto al análisis de los multiplicadores de empleo y los efectos producidos por una inyección exógena de inversión en I+D en los ocho sectores seleccionados sobre el empleo del resto de los sectores, a modo de recapitulación, se pueden extraer dos conclusiones principales, la primera de ella se centra en los efectos difusión y la segunda en los efectos absorción.

Por lo que respecta a los *efectos difusión*, esto es la capacidad de incrementar el empleo en el resto de la economía ante una inyección exógena, se observa que los sectores que registran los mayores incrementos en su empleo son **Servicios a Empresas, Inmobiliarias y Alquileres y Construcción** seguidos de **Transportes, Comercio Mayorista y Comunicaciones**.

En relación con los *efectos absorción*, por responder en mayor medida ante un shock exógeno en términos de empleo, destaca de nuevo el sector **Servicios a empresas** seguido de **Comercio menor y reparación, Servicios Financieros y Servicios Recreativos, Transportes, Otros Servicios y Hostelería**. La gran mayoría de los citados aparecen clasificados dentro de la categoría de sectores clave de la economía madrileña.

Así se puede decir que por su influencia en la generación de empleo destaca el caso de **Servicios a Empresas**. En general, se aprecia cierta coherencia entre los efectos absorción y difusión del resto de ramas receptoras directas. Se observa que las ramas **Educación, Alimentación y Comunicaciones** se sitúan por encima de **Material Eléctrico, Material Electrónico, Máquinas de Oficina y Precisión y Productos Farmacéuticos**, en cuanto a sus efectos sobre el empleo.

CAPÍTULO 5

**UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO
DINÁMICO: SIMULACIÓN DE IMPACTOS DE INVERSIÓN
EN I+D**

5.1 INTRODUCCIÓN

Con el fin de seguir avanzando en la simulación de políticas económicas nos enfrentamos en este capítulo al análisis de los efectos derivados de un incremento de la inversión en I+D, ejercicio que comprende la segunda modelización de esta tesis. En la actualidad, la existencia de software como GAMS (General Algebraic Modeling System), entre otros, desarrollado por el Banco Mundial en cooperación con instituciones académicas norteamericanas, posibilita la resolución de problemas de programación no-lineal.

El análisis de las relaciones entre esfuerzo inversor en I+D y los resultados en términos macroeconómicos es un ejercicio complejo. Siendo el objetivo último de esta tesis la simulación del impacto de un incremento de la inversión en I+D mediante el modelo de equilibrio general dinámico, centraremos el análisis en la formulación matemática del mismo para reflejar el comportamiento de los agentes y de los mercados en el transcurso del tiempo.

También cabría plantearse este análisis a través de modelos econométricos, sin embargo para abordar los objetivos planteados en esta tesis los modelos multisectoriales poseen mayor capacidad de recoger algunas de las relaciones entre los diferentes agentes operantes en la economía. Los modelos econométricos son demasiado agregados y por tanto en la mayoría de los casos no poseen la desagregación sectorial apropiada como para simular un impacto de inversión en las ramas seleccionadas por su vínculo con la Bioeconomía.

Proponemos para este estudio un Modelo de Equilibrio General Dinámico que posea la capacidad de ser herramienta para la cuantificación de impactos macroeconómicos como resultado de incrementos en la inversión en I+D en la Comunidad de Madrid. Desde una perspectiva dinámica el horizonte temporal se podrá establecer de manera flexible, a elección del planificador, a la vista de los objetivos de simulación que se planteen, pudiéndose extender o acortar según necesidades del estudio.

Se trata de un modelo dinámico de equilibrio general basado en la hipótesis de expectativas racionales. El modelo propuesto consta de una desagregación sectorial detallada donde aparecen los principales mercados, así como el de capital y trabajo. Se incorpora la conducta de los siguientes agentes representativos de la economía: 31 sectores productivos, un consumidor representativo de los hogares madrileños, propietario de los factores productivos (capital y trabajo), el gobierno, que recauda impuestos, provee bienes y servicios públicos y realiza transferencias, y por último el agregado Resto del Mundo, que agrupa a todo el sector exterior. La desagregación de los sectores productivos comprende a sectores relevantes por su vínculo con el desarrollo de la Bioeconomía (Material eléctrico, Material electrónico, Máquinas de oficina y precisión, Alimentación, Productos farmacéuticos, Comunicaciones, Servicios a empresas y Educación). Estos sectores aparecen recogidos en la base de datos del modelo SAMMAD_05 (Tabla 12) para las simulaciones elaboradas en este trabajo.

Se asume que los agentes adoptan una conducta optimizadora de sus funciones de utilidad sujetas a sus restricciones correspondientes. La desagregación de la economía a través de la base de datos utilizada para las simulaciones es flexible y adaptable a otras simulaciones de política que se deseen realizar a través del modelo de equilibrio general dinámico.

El modelo es resuelto de forma dinámica, a intervalos anuales. Posee una estructura dinámica compuesta de una secuencia de equilibrios temporales, anuales, en los que las decisiones de inversión presente determinan la acumulación futura de capital y la tasa de crecimiento de la economía siguiendo el planteamiento descrito en el *capítulo tercero*. Este modelo posee amplia capacidad de análisis de impactos y de escenarios de política económica tanto para el medio como el largo plazo teniendo en cuenta la interacción dinámica entre mercados y agentes.

El valor añadido de los MEGA Dinámicos, como evolución de los modelos SAM y los MEGA Estáticos, supone un avance en la modelización ya que incorporan los siguientes elementos.

1. Se pueden aplicar para simular los efectos derivados del establecimiento de cualquier tipo de política económica, ya sea de políticas aisladas o pudiendo analizar además el impacto de un conjunto de medidas. El análisis dinámico permite observar cómo se produce el cambio paulatino o transición hacia el nuevo equilibrio. El nuevo equilibrio en el que se sitúan las variables del modelo se alcanza en una dinámica de transición desde el equilibrio inicial hacia el estado estacionario tras el impacto, y a lo largo del tiempo de forma sostenida.

2. Permiten introducir supuestos sobre la situación inicial de la economía, en el período base, en relación con su posición relativa respecto a la senda de crecimiento a largo plazo. El supuesto de partida en nuestro modelo consiste en que la economía de la Comunidad de Madrid en el año 2005 se halla en su senda de crecimiento a largo plazo. Sin embargo este supuesto no se da necesariamente en llamadas “economías en transición” como se puede apreciar en los modelos realizados para países como Polonia, Hungría, Checoslovaquia o China⁵¹.

3. Una mejora sobre los modelos dinámicos básicos consiste en la posibilidad de introducir los “costes de ajuste”, asociados al proceso inversor de las empresas, de tal modo que el ajuste de la inversión en el tiempo no se produzca de forma muy abrupta. Para introducir estos costes sería necesario contar con información sectorial al respecto o bien realizar una estimación sobre los mismos.

⁵¹ Piazolo, D. (1998).

5.2 EL MODELO

El modelo que formulamos en este capítulo sigue el enfoque propuesto en el *capítulo 3, apartado tercero*, esto es el supuesto de las expectativas racionales. Asumiendo que las expectativas de los agentes coinciden con la predicción de la teoría, suponemos que los agentes poseen información sobre los mecanismos de determinación de los precios de los bienes y activos, que poseen información sobre toda la trayectoria pasada, presente y futura de las variables exógenas y que sus expectativas sobre la tasa de cambio esperada del precio coinciden con la predicción de la teoría como ya venimos señalando.

Hemos desarrollado un modelo multisectorial de equilibrio general aplicado dinámico calibrando sus correspondientes parámetros para la economía de la Comunidad de Madrid.

En el modelo elaborado y que denominaremos MEGAMAD_I+D, hemos incluido cuatro tipos de agentes que intervienen en la economía madrileña: el sector productivo, los consumidores privados, las administraciones públicas como gobierno de la región y, por último, el resto del mundo como un único sector exterior.

A continuación ofrecemos una descripción de las ecuaciones que conforman el modelo de equilibrio general dinámico aplicado a la economía de la Comunidad de Madrid.

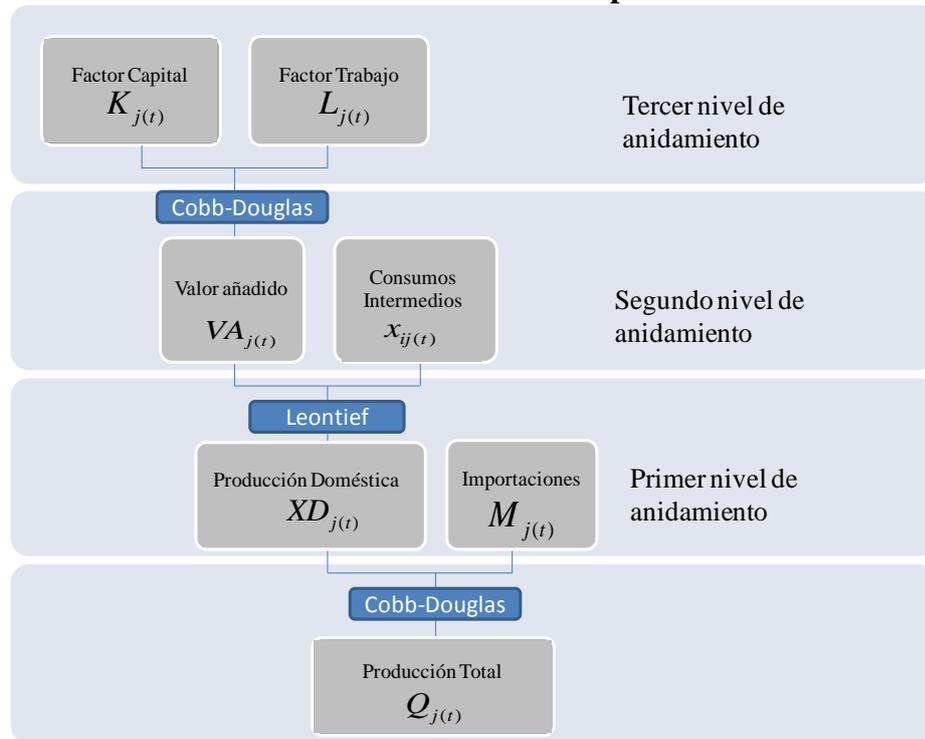
5.2.1 PRODUCTORES

Comenzamos el desarrollo del modelo propiamente dicho mediante la especificación de las ecuaciones de comportamiento de los productores.

Considerando que prevalece la competencia perfecta en todos los mercados de bienes y que cada una de las 31 ramas productivas desarrolla un único bien

homogéneo, planteamos la estructura anidada de producción en cada periodo como sigue:

Gráfico 19: Estructura de la función de producción anidada



Fuente: Elaboración propia

En el primer nivel de anidamiento planteamos la ecuación de producción total $Q_{j(t)}$ de los bienes ofertados por cada sector j en cada periodo t . Adoptamos el supuesto de Armington, comúnmente utilizado en la literatura sobre la materia en estos casos, por el que definimos así la producción total como un bien compuesto $Q_{j(t)}$ de la producción doméstica $XD_{j(t)}$ y de las importaciones $M_{j(t)}$, combinando ambos inputs mediante una función Cobb-Douglas:

$$Q_{j(t)} = \beta_j \cdot XD_{j(t)}^{\alpha_j} \cdot M_{j(t)}^{(1-\alpha_j)} \quad (5.1)$$

Donde $\beta_{j(t)}$ representa el coeficiente de eficiencia de la función de producción total. Los coeficientes $\alpha_{j(t)}$ y $(1-\alpha_{j(t)})$ representan los coeficientes técnicos de la producción doméstica y de las importaciones respectivamente.

En el segundo nivel de anidamiento, la función de producción interior o doméstica $XD_{j(t)}$, de cada sector j en cada momento t , se obtiene combinando los consumos intermedios y el valor añadido mediante una función de transformación de coeficientes fijos, tipo Leontief:

$$XD_{j(t)} = \min_{i=1..31} \left\{ \frac{x_{ij(t)}}{a_{ij}}; \frac{VA_{j(t)}}{v_j} \right\} \quad (5.2)$$

Siendo a_{ij} el requerimiento del bien j para producir una unidad del bien i y v_j el componente de valor añadido por unidad de producción del sector j .

En el tercer nivel de anidamiento asumimos que cada sector produce en competencia perfecta y rendimientos constantes a escala, lo que se refleja en una ecuación del valor añadido $VA_{j(t)}$ con tecnología Cobb-Douglas que combina los factores capital y trabajo:

$$VA_{j(t)} = \nu_j K_{j(t)}^{\theta_j} L_{j(t)}^{(1-\theta_j)} \quad (5.3)$$

donde $K_{j(t)}$ es el factor capital del sector j en el periodo t , $L_{j(t)}$ el factor trabajo empleado por el sector j en el periodo t , θ_j y $(1-\theta_j)$ representan los coeficientes técnicos de los factores de producción, respectivamente capital y trabajo. El parámetro ν_j es el coeficiente de eficiencia del valor añadido que representa la tecnología con la que se combinan los factores productivos en este tercer nivel de anidamiento.

Consideraremos a los productores como un agente maximizador con dos tipos de objetivos: un objetivo intertemporal a largo plazo y, por otro lado, un conjunto de objetivos intratemporales.

5.2.1.1 El objetivo intertemporal del productor

El productor tiene como objetivo intertemporal maximizar el valor financiero de la empresa. Teniendo presente este objetivo y con la estructura descrita de la función de producción anidada, debemos perfilar algunos aspectos para plantear el programa de optimización del productor.

Bajo el planteamiento dinámico y en relación con la evolución del capital de cada productor, suponemos que el stock de capital de cada empresa al inicio de cada período $K_{j(t+1)}$ es igual al existente en el período anterior $K_{j(t)}$, minusvalorado por la depreciación, más la inversión realizada $INV_{j(t)}$ al final del periodo anterior t , esto es:

$$K_{j(t+1)} = (1 - \delta_j)K_{j(t)} + INV_{j(t)} \quad (5.4)$$

siendo δ_j la tasa de depreciación del factor capital y viniendo el stock de capital fijado exógenamente para el primer período.

Partiendo de la hipótesis de expectativas racionales, que implica ausencia de incertidumbre y de ilusión monetaria, el productor emplea en cada período de tiempo t una cantidad de factor trabajo y un nivel de capital tales que se maximice el valor de la empresa. Como resultado de esta decisión se obtiene el nivel de inversión $INV_{j(t)}$ que hace variar el grado de capitalización de la empresa periodo tras periodo.

Bajo este planteamiento nos referiremos a los pagos por dividendos realizados por la empresa, denominándolos $DIV_{j(t)}$, resultando ser el valor de la producción de la empresa $PVA_{j(t)} \cdot VA_{j(t)}$, menos los costes del factor trabajo teniendo en cuenta las cotizaciones a la seguridad social $PL_{j(t)} \cdot L_{j(t)} \cdot (1 + taxcss)$ y menos los costes derivados de la inversión $INV_{j(t)}$ y $\Phi_{j(t)}$.

Obtenemos de este modo que la expresión de los pagos por dividendos resulta ser:

$$\begin{aligned}
 DIV_{j(t)} = & PVA_{j(t)} \cdot VA_{j(t)} - PL_{j(t)} \cdot L_{j(t)} \cdot (1 + taxcss) - \\
 & - br \cdot PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)} - PVA_{j(t)} \cdot \Phi_{j(t)}
 \end{aligned}
 \tag{5.5}$$

Los dos últimos sumandos se refieren a los mencionados costes asociados a la inversión de cada período: el primero de ellos se asocia a la parte de la inversión que el productor financia con beneficios retenidos, $br \cdot PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)}$, y el segundo sumando, $PVA_{j(t)} \cdot \Phi_{j(t)}$, representa los costes de ajuste asociados a las nuevas inversiones realizadas por cada empresa j en cada período de tiempo t . Estos últimos recogen las pérdidas derivadas, por ejemplo, del proceso de ajuste tras la implantación de un nuevo sistema informático en una empresa o de la instalación de una nueva cadena de montaje, lo cual hacemos extensible a cualquier otra situación similar. El hecho de que existan tales costes de ajuste implica que las empresas pierden parte de su producción en el proceso inversor, de modo que el stock deseado de capital se consiga a lo largo del tiempo de manera gradual.

Un modelo dinámico se podría plantear sin los llamados “costes de ajuste”, de modo que, la transición hacia el estado estacionario se produzca de forma más “abrupta” tras la simulación de un shock. Es por ello que la incorporación de los costes de ajuste en la formulación del modelo tiene su justificación en el supuesto de que los efectos de determinadas políticas de inversión no se trasladan inmediatamente a la economía productiva, sino después de un lapso de tiempo suficiente para permitir los ajustes necesarios en el entramado económico y social. Incorporar los “costes de ajuste” al modelo implica trasladar los efectos del shock al resto del entramado económico de un modo más paulatino⁵².

⁵² En este primer modelo se consideran los costes de ajuste nulos.

En el contexto de esta visión del largo plazo del productor, al ser su objetivo intertemporal el de maximizar el valor financiero de la empresa, que denominaremos V_j^0 , se define como el valor actual del flujo de pagos por dividendos futuros de la empresa, resultando ser su expresión la siguiente:

$$V_j^0 = \sum_{t=1}^{\infty} \prod_{s=1}^t \left(\frac{1}{1+r_s} \right) \cdot (DIV_{j(t)}), \quad \forall t = 1 \dots \infty \quad (5.6)$$

La conducta optimizadora del productor conlleva alcanzar un equilibrio en el valor financiero de su empresa a través de los distintos tipos de interés r_s de cada periodo.

Donde r_t representa el tipo de interés en el momento t , $V_{j(t)}$ es el valor de mercado de la empresa j en el momento t , $DIV_{j(t)}$ son los dividendos que paga la empresa j en el año t y $V_{j(t+1)}^0$ es el valor de mercado de la empresa j en el momento $t+1$. Así el valor de mercado de la empresa j en el momento $t+1$ vendrá dado por la expresión:

$$V_{j(t+1)} = V_{j(t+1)}^0 + V_{j(t)}^N \quad (5.7)$$

Siendo $V_{j(t)}^N$ las nuevas acciones emitidas por la empresa j en el momento t . Estas nuevas acciones resultan ser la parte de la inversión no financiada con beneficios retenidos, es decir:

$$V_{j(t)}^N = (1-br) \cdot PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)} \quad (5.8)$$

Dado que br es el coeficiente de beneficios retenidos de la empresa entonces $(1-br)$ será el coeficiente de reparto a los accionistas o propietarios de la empresa.

Con este planteamiento y sustituyendo en la ecuación (5.5) que representa la expresión de los pagos por dividendos, obtenemos la ecuación del valor financiero de la empresa que resulta ser la función objetivo en el programa de optimización de la empresa sujeta a las restricciones de valor añadido (5.3) y de capital (5.4).

$$V_j^0 = \sum_{t=1}^{\infty} \prod_{s=1}^t \left(\frac{1}{1+r_s} \right) \left[PVA_{j(t)} \cdot VA_{j(t)} - PL_{j(t)} \cdot L_{j(t)} \cdot (1+taxcss) - br \cdot PK_t \cdot INV_{j(t)} - PVA_{j(t)} \cdot \Phi_{j(t)} \right] \quad (5.9)$$

Obtenemos así el problema de maximización del valor de la empresa al que se enfrenta el productor a largo plazo, formulado del siguiente modo:

$$P_j \begin{cases} \text{Max } V_j^0 \\ \text{s.a: } K_{j(t+1)} = (1-\delta_j)K_{j(t)} + INV_{j(t)} \end{cases} \quad \forall j = 1, \dots, 31. \quad (5.10)$$

Donde los productores asignan sus estrategias óptimas de inversión y empleo de los factores, $\{INV_{j(t)}, L_{j(t)}, K_{j(t)}, \dots\}_{t=1, \dots, \infty}$, para maximizar el valor actual de la empresa, teniendo en cuenta el precio esperado de venta de la producción, el coste de la inversión y el precio del factor trabajo $\{PVA_{j(t)}, PK_{j(t)}, PL_{j(t)}\}_{t=1, \dots, \infty}$, sujeto a la restricción relativa a la acumulación de capital.

De este modo, resolviendo el programa anterior obtenemos las siguientes ecuaciones del modelo:

$$PVA_{j(t)} \cdot \Phi'_{j(t)} + PK_t = \lambda_{j(t+1)} \quad t = 1, \dots, T-1 \quad (5.11)$$

$$\left[PVA_{j(t)} \cdot \alpha_j \cdot \frac{VA_{j(t)}}{K_{j(t)}} + PVA_{j(t)} \cdot \Phi_{j(t)} \right] + (1-\delta_j) \cdot \lambda_{j(t+1)} - (1-r_t) \cdot \lambda_{j(t)} = 0 \quad t = 1, \dots, T-1 \quad (5.12)$$

$$K_{j(t+1)} = (1 - \delta) \cdot K_{j(t)} + INV_{j(t)} \quad t = 1, \dots, T-1 \quad (5.13)$$

$$L_{j(t)} = \frac{PVA_{j(t)} \cdot VA_{j(t)} \cdot (1 - \theta_j)}{PL_{j(t)} \cdot (1 + taxcss_j)} \quad t = 1, \dots, T-1 \quad (5.14)$$

Una característica del planteamiento dinámico es el tratamiento del capital en el último período de la formulación, lo que llamamos período final o año “T”. No es posible obtener soluciones numéricas para un número infinito de períodos de tiempo, así es necesario efectuar algunos ajustes para aproximar un modelo de horizonte finito a las elecciones en un horizonte infinito.

Debe introducirse una formulación específica para el capital terminal. Según el documento de Rutherford (1997), se incorpora el nivel del capital postterminal como una variable, y se añade una restricción a la tasa de crecimiento de la inversión en el período terminal, donde “T” es el período final. La ventaja del uso de esta restricción es que impone un crecimiento en el período final acorde con la trayectoria anterior. El significado de la restricción es que la inversión en el período final debe crecer a la misma tasa que el producto, tal y como se expuso en la deducción de las condiciones necesarias “terminales” en el *capítulo tercero*.

$$INV_{j(T)} = (g + \delta) \cdot K_{j(T)} \quad (5.15)$$

$$PVA_{j(T)} \cdot \Phi'_{j(T)} + PK_T = \lambda_{j(T)} \quad (5.16)$$

$$r_T = \rho \quad (5.17)$$

5.2.1.2 Optimización intratemporal del productor

Los productores, además de maximizar el valor financiero de la empresa a largo plazo, maximizan beneficios (o lo que es lo mismo, minimizan los costes de producción, dado que la función de producción presenta rendimientos a escala

constantes) en cada periodo de tiempo en cada uno de los dos últimos niveles de anidamiento.

La resolución del programa siguiente de minimización de costes de la producción, en el segundo nivel de anidamiento, nos conduce a una utilización óptima de los bienes intermedios y del valor añadido para cada sector.

$$P_j^I \left\{ \begin{array}{l} \min \sum_{j=1}^n P_{j(t)} \cdot x_{ij(t)} + PVA_{j(t)} \cdot VA_{j(t)} \\ s.a. \quad XD_{j(t)} = \min_{j=1...31} \left\{ \frac{x_{ij(t)}}{a_{ij}}; \frac{VA_{j(t)}}{v_j} \right\} \end{array} \right. \quad \forall j=1, \dots, 31 \quad (5.18)$$

Con el objetivo de optimizar la función de costes de la producción doméstica de cada sector y teniendo en cuenta la tecnología de Leontief, planteada en el segundo nivel de anidamiento, se obtiene la cantidad demandada de los inputs, bienes intermedios y valor añadido, es decir:

$$x_{ij(t)} = a_{ij} \cdot XD_{j(t)} \quad (5.19)$$

$$VA_{j(t)} = v_j \cdot XD_{j(t)} \quad (5.20)$$

Bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, obtenemos el precio unitario de la producción doméstica sectorial como el coste medio mínimo al sustituir los valores óptimos en la función objetivo anterior:

$$PD_{j(t)} = \sum_{j=1}^n a_{ij(t)} \cdot P_{j(t)} + PVA_{j(t)} \cdot v_{j(t)} \quad (5.21)$$

Por otra parte, los niveles de equilibrio de producción doméstica e importaciones resultan de la minimización de costes correspondientes al primer nivel del anidamiento:

$$P_j^H \begin{cases} \min \sum_{j=1}^n PD_{j(t)} \cdot XD_{ij(t)} + PM_{j(t)} \cdot M_{j(t)} \\ s.a. \quad Q_{j(t)} = \beta_j \cdot XD_{j(t)}^{\alpha_j} \cdot M_{j(t)}^{(1-\alpha_j)} \end{cases} \quad \forall j = 1, \dots, 31 \quad (5.22)$$

Resolviendo el anterior programa se calculan dichos niveles de producción:

$$M_{j(t)} = \frac{Q_{j(t)}}{\beta_j} \left(\frac{\alpha_j}{1-\alpha_j} \frac{PM_{j(t)}}{P_{j(t)}} \right)^{-\alpha_j} \quad (5.23)$$

$$XD_{j(t)} = \frac{Q_{j(t)}}{\beta_j} \left(\frac{\alpha_j}{1-\alpha_j} \frac{PM_{j(t)}}{P_{j(t)}} \right)^{(1-\alpha_j)} \quad (5.24)$$

De forma análoga al cálculo de los precios en el segundo nivel de anidamiento, calculamos el precio final del bien j en cada periodo:

$$P_{j(t)} = \frac{1}{\beta_j} \left(\frac{PD_{j(t)}}{\alpha_j} \right)^{\alpha_j} \cdot \left(\frac{PM_{j(t)}}{1-\alpha_j} \right)^{1-\alpha_j} \cdot (1-T_j^{IP}) \quad (5.25)$$

El precio final al que se enfrenta el consumidor consideramos que está gravado por un tipo impositivo T_j^{IP} , que representa la tasa sobre productos y producción e IVA.

5.2.2 CONSUMIDORES

En la versión dinámica de los modelos de equilibrio general tomamos un consumidor representativo de la conducta de todos los consumidores. Este consumidor tiene que encontrar la senda de consumo y de renta que maximiza su utilidad total teniendo en cuenta la restricción presupuestaria para cada periodo, y bajo el planteamiento del modelo dinámico de Ramsey se enfrenta a sus decisiones

bajo el supuesto de expectativas racionales con horizonte infinito, siendo éste un supuesto que implica ausencia de incertidumbre y de ilusión monetaria.

5.2.2.1 El objetivo del consumidor a largo plazo

El consumidor representativo del modelo dinámico posee el fin último de maximizar el valor actual de su utilidad en su tiempo de vida esperado, por ello definimos su función de utilidad total, que ha de maximizar en el horizonte temporal del largo plazo, como agregación en el tiempo de la utilidad en cada uno de los periodos:

$$U = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{(1+g)^{(t-1)}}{(1+\rho)^t} \cdot u(CT_t) \quad (5.26)$$

La función recoge el valor de U que representa la función de utilidad total, como agregación en el tiempo de la utilidad obtenida en cada periodo, ρ es el factor intertemporal de descuento, g es la tasa de crecimiento a largo plazo de la economía y $u(CT_t) = \ln CT_t$ es el nivel de utilidad derivada del consumo en cada periodo t .

El consumidor representativo recibe las rentas de su trabajo, la rentabilidad derivada del capital y recibe transferencias del gobierno, por otro lado dedica su renta al consumo, al ahorro y paga impuestos. Suponemos, por tanto, que en cada periodo de tiempo el consumidor está sujeto a la restricción presupuestaria que dicta la ecuación de la renta disponible $YH_{(t)}$ de los hogares en cada momento de tiempo t .

$$YH_{(t)} = \left[W_{(t)} \cdot L_{(t)} + DIV_t^H + \right. \\ \left. + IPC_{(t)} \cdot (TROW_{(t)}^H + TRG_{(t)}^H) \right] \cdot (1 - TD_{(t)}) \quad (5.27)$$

Esta ecuación nos muestra cómo la renta disponible de los hogares es el resultado de minusvalorar los ingresos de los hogares; rentas del trabajo, $W_{(t)} \cdot L_{(t)}$,

rendimientos del capital, DIV_t^H , y transferencias del resto del mundo y del gobierno, $(TROW_{(t)}^H + TRG_{(t)}^H)^{53}$, con los impuestos indirectos sobre la renta, $(1 - TD_{(t)})$.

La ecuación de demanda de consumo que representa la demanda agregada es del tipo Cobb-Douglas:

$$CT_{(t)} = \prod_j C_{j(t)}^{\eta_j} \quad t = 1, \dots, T - 1 \quad (5.28)$$

Es decir, el consumo total de los hogares, CT_t , es la demanda agregada en cada momento del tiempo de bienes producidos por cada sector, $\prod_j C_{j(t)}^{\eta_j}$, siendo η_j el coeficiente de consumo de cada uno de los sectores productivos.

En conclusión, el consumidor se enfrenta a la resolución del siguiente programa:

$$P^{III} \left\{ \begin{array}{l} \max \sum_{t=1}^T \frac{(1+g)^{(t-1)}}{(1+\rho)^t} \cdot u(CT_t) \\ s.a. \sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot C_{j(t)} = YH_t - SH_t \end{array} \right. \quad (5.29)$$

Teniendo en cuenta el desarrollo matemático expuesto en el último apartado del *tercer capítulo* obtenemos la siguiente ecuación del modelo que recoge la condición de Euler expuesta.

⁵³ Consideramos que las transferencias entre los distintos sectores institucionales están ponderadas por un índice de precios al consumo (IPC_t), calculado como un precio ponderado por los consumos privados sectoriales.

$$\frac{YH_t - SH_t}{YH_{t-1} - SH_{t-1}} = \frac{(1+r_t) \cdot (1+g)}{(1+\rho)} \quad (5.30)$$

O lo que es lo mismo:

$$\frac{C_t}{C_{t-1}} = \frac{(1+r_t) \cdot (1+g)}{(1+\rho)} \quad (5.31)$$

5.2.2.2 Optimización intratemporal del consumidor

Por otro lado, de forma similar que en los modelos estáticos, el consumidor representativo maximizará su función de utilidad en cada periodo sujeto a su restricción presupuestaria.

$$P_{(t)}^{III} \left\{ \begin{array}{l} \text{Max } \prod_{j=1}^{31} C_{j(t)}^{\eta_j} \\ \text{s.a. } \sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot C_{j(t)} = YH_t - SH_t \end{array} \right. \quad (5.32)$$

Siendo, $C_{j(t)}$ el consumo en t del bien del productor j , SH_t la parte destinada al ahorro.

Resolviendo el anterior programa de optimización se obtienen las ecuaciones de consumo óptimo en cada periodo.

$$C_{j(t)} = \frac{\eta_j \cdot (YH_t - SH_t)}{P_{j(t)}} \quad (5.33)$$

5.2.3 EL GOBIERNO

En este modelo otorgamos al gobierno la función de intermediación en determinados flujos económicos. El gobierno representa a todas las instituciones públicas ya sean estatales, autonómicas o locales que desempeñan esta labor de

redistribución de la renta y que afectan al ámbito económico de la Comunidad de Madrid. Mediante la recaudación de impuestos a la producción, al trabajo y al consumo, y siguiendo un principio de balance presupuestario, tales recursos se dedican a proveer bienes públicos y a realizar transferencias a los consumidores.

La composición de la recaudación de impuestos que realiza el gobierno consiste en: recaudación de impuestos directos a los hogares sobre su renta $RD_{(t)}$, recaudación por cotizaciones sociales $RCSS_{(t)}$ y recaudación de impuestos indirectos sobre productos $RIP_{(t)}$.

Las siguientes ecuaciones nos permiten calcular la recaudación impositiva realizada por el gobierno en la economía madrileña:

$$RD_{(t)} = TD \left[W_{(t)} \cdot LH_{(t)} + DIV_t^H + IPC_{(t)} \cdot (TROW_{(t)}^H + TRG_{(t)}^H) \right] \quad (5.34)$$

$$RCSS_{(t)} = \sum_{j=1}^{31} T_j^{CSS} \cdot W_{(t)} \cdot L_{j(t)} \quad (5.35)$$

$$RIP_{(t)} = \sum_{j=1}^{31} T_j^{IP} \cdot \frac{P_{(t)} \cdot Q_{j(t)}}{1 + T_j^{IP}} \quad (5.36)$$

Con estos ingresos el gobierno financia el gasto público en consumo de bienes y las transferencias efectuadas al resto de sectores institucionales. Por tanto, la ecuación de déficit/superávit público $DP_{(t)}$ resulta:

$$DP_{(t)} = DIVGO_{(t)} + RD_{(t)} + RCSS_{(t)} + RIP_{(t)} - \sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot CGO_{j(t)} + IPC_{(t)} \cdot (TROW_{(t)}^{GO} - TRG_{(t)}^H) \quad (5.37)$$

Donde $DIVGO_{(t)}$ representa los ingresos por dividendos percibidos por el sector público procedentes de los sectores productivos, $TROW_{(t)}^{GO}$ recoge los ingresos por transferencias procedentes del sector exterior y, finalmente, $TRG_{(t)}^H$ refleja las transferencias realizadas por el gobierno a los hogares.

En el modelo hemos considerado mantener constantes los niveles de consumo de bienes por parte del gobierno y que el déficit/superávit público queda determinado de forma endógena.

5.2.4 SECTOR EXTERIOR

En este modelo hemos considerado el sector exterior como una única cuenta agregada. Este sector compra y vende bienes y servicios a los productores madrileños, además de realizar diversas transferencias con los agentes privados y públicos.

En nuestro modelo debemos tener en cuenta también los salarios obtenidos por los “no residentes” en la Comunidad de Madrid como un ingreso del sector exterior, $LROW_{(t)}$.

Bajo la hipótesis de que la economía de Madrid es una economía abierta pequeña, la oferta de importaciones es perfectamente elástica siendo constante el precio de los bienes en los mercados internacionales.

Los niveles de exportación de los bienes madrileños consideraremos que se mantienen constantes (exógenos) aunque su “nivel monetario” puede variar al venderse a los precios de los bienes de consumo, relajando de esta manera el supuesto de país pequeño.

De esta forma el saldo comercial de nuestra economía regional con el sector exterior quedará determinado endógenamente como sigue:

$$SROW_{(t)} = W_{(t)} \cdot LROW_{(t)} + \sum_{j=1}^{31} PM_{j(t)} \cdot M_{j(t)} - \sum_{i=1}^{31} P_{i(t)} \cdot E_{i(t)} - IPC_{(t)} \cdot (TROW_{(t)}^H + TROW_{(t)}^{GO}) \quad (5.38)$$

5.2.5 AHORRO E INVERSIÓN

Tanto el ahorro como la inversión tienen, en general, un carácter dinámico, al ser el primero de ellos un consumo diferido y poder el segundo afectar a la capacidad productiva de periodos posteriores. Definiendo la inversión como compra de bienes de capital y por tanto componente de la demanda final y considerando que el nivel total agregado de inversión coincide con el ahorro total.

Acerca de la composición de la inversión realizada por cada sector, planteamos la inversión agregada, que recoge la inversión realizada por los sectores en un bien compuesto de inversión que se va incorporando al stock de capital de cada uno de ellos:

$$\sum_{j=1}^{31} PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)} = \sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot I_{j(t)} \quad (5.39)$$

Todos los sectores productivos compran, o invierten, en este bien de inversión y lo añaden a su stock de capital.

$$SH_{(t)} + SROW_{(t)} + DP_{(t)} + br \cdot \sum_{j=1}^{31} PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)} = \sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot I_{j(t)} \quad (5.40)$$

5.2.6 VACIADO DE MERCADOS Y EQUILIBRIO

Para obtener el equilibrio en el mercado de trabajo, como es habitual consideraremos que la oferta del factor en cada periodo es absolutamente móvil entre los sectores productivos de nuestra economía, pero inmóvil hacia y del sector

exterior, el precio del factor o salario es flexible y por último el mercado de trabajo se vacía.

$$LH_{(t)} + LROW_{(t)} = \sum_{j=1}^{31} L_{j(t)} \quad (5.41)$$

Debemos recordar que la demanda de factor trabajo de cada sector, $L_{j(t)}$ se obtuvo en la ecuación (5.14), como resultado del comportamiento optimizador de las empresas de cada sector y representando $LH_{(t)}$ y $LROW_{(t)}$, respectivamente, la oferta de trabajo doméstica y del sector exterior.

Por otro lado, el reparto de dividendos por parte de las ramas productivas se distribuye entre los sectores institucionales ofertantes de capital, hogares y sector público.

$$\sum_{j=1}^{31} DIV_{j(t)} = DIVH_{(t)} + DIVGO_{(t)} \quad (5.42)$$

Por último, consideramos el vaciado en el mercado de cada uno de los bienes en cada periodo mediante la habitual igualdad entre oferta y demanda:

$$Q_{j(t)} = \sum_{i=1}^{31} x_{ij(t)} + C_{j(t)} + CGO_{j(t)} + I_{j(t)} + E_{j(t)} \quad (5.43)$$

En resumen, todas las ecuaciones expuestas describen la *trayectoria óptima* recogiendo en cada periodo el equilibrio neoclásico de tipo Arrow-Debreu de carácter walrasiano incluyendo gobierno y sector exterior.

A continuación, con el objeto de hacer operativo en el campo empírico el modelo formulado procederemos a su calibración, es decir, a la determinación de los valores numéricos de todos los parámetros del modelo.

5.3 CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO

Para la calibración del modelo utilizaremos la Matriz de Contabilidad Social de Madrid SAMMAD_05 construida en el *capítulo segundo*. Previamente debemos adecuar dicha matriz a las necesidades del modelo. Para ello se ha transformado la matriz inicialmente valorada a precios básicos en una matriz valorada a precios de adquisición añadiendo los impuestos sobre producción y sobre productos a los consumos intermedios y finales. Debido a la falta de información en el marco Input-Output, para ajustar dichos consumos, se ha utilizado el denominado método de la entropía cruzada (o en inglés, Cross Entrophy Method). Este método, utilizado por Robinson et al. (2001), ha sido usado con este mismo fin anteriormente, por Monrobel et al. (2011) y Fuentes (2008) entre otros autores.

La especificación numérica de las variables la realizaremos asumiendo que la realidad económica reflejada en la Matriz de Contabilidad Social de la Comunidad de Madrid, SAMMAD_05 se corresponde con una posición de equilibrio de la economía madrileña en nuestro modelo, con el supuesto de que sus unidades de medida van a ser tales que todos los precios son unitarios.

Esta calibración del modelo permitirá la realización de comparativas, pudiendo comparar este equilibrio inicial o de referencia con los nuevos equilibrios obtenidos al introducir o variar los valores de las variables de determinadas políticas económicas (en nuestro caso, la introducción de la inversión en I+D).

En el modelo desarrollado debemos especificar numéricamente los siguientes parámetros:

- Los coeficientes técnicos y parámetros de escala de las funciones de producción (*Parámetros de los sectores productivos*).
- Los coeficientes de la función de utilidad del consumidor (*Parámetros del consumidor*).

- Las tasas efectivas de los diferentes impuestos (*Parámetros del sector público*).

El valor numérico de cada una de las variables exógenas del modelo se obtendrá directamente tomando el valor de dicha variable de la matriz SAMMAD_05.

5.3.1 PARÁMETROS DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS

Comencemos calculando los coeficientes técnicos de la función del valor añadido de cada sector productivo a partir de los valores óptimos de los factores productivos obtenidos. Si dividimos las ecuaciones de dichos óptimos (ecuaciones (5.5) y (5.20)), se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{\theta_j}{1-\theta_j} = \frac{PL_{j(t)} \cdot K_{j(t)}}{PL_{j(t)} \cdot (1+T_j^{CSS}) \cdot L_{j(t)}} \quad (5.44)$$

Para obtener el valor numérico de los coeficientes técnicos del valor añadido, consideraremos los precios de cada uno de los factores productivos unitarios, $PK_{j(0)} = 1$ y $PL_{j(0)} = 1$, tomaremos los datos de la matriz SAMMAD_05 correspondientes a estos factores como los valores de equilibrio inicial⁵⁴. Además deberemos tener en cuenta que $PL_{j(0)} \cdot T_j^{CSS} \cdot L_{j(0)}$ es el total de las cotizaciones sociales abonadas por cada sector, que tomaremos de la matriz, denotándolo por $CSS_{j(0)}$.

$$\frac{\theta_j}{1-\theta_j} = \frac{L_{j(0)} + CSS_{j(0)}}{K_{j(0)}} \Rightarrow \theta_j = \frac{K_{j(0)}}{K_{j(0)} + L_{j(0)} + CSS_{j(0)}} \quad (5.45)$$

⁵⁴ Los valores procedentes de la SAMMAD_05 necesarios para la calibración los denotamos con el subíndice (0), ya que se corresponden con el equilibrio en el periodo inicial $t = 0$.

A partir de estos coeficientes técnicos, despejando de la función de valor añadido sectorial, se obtiene la expresión para cada uno de los parámetros de escala ν_j .

$$\nu_j = \frac{VA_{j(t)}}{K_{j(t)}^{\theta_j} L_{j(t)}^{1-\theta_j}} \quad (5.46)$$

Tomando los valores del equilibrio inicial determinado por la SAMMAD_05 se obtiene el valor numérico de cada parámetro de escala.

$$\nu_j = \frac{K_{j(0)} + L_{j(0)} + CSS_{j(0)}}{(K_{j(0)})^{\theta_j} (L_{j(0)})^{1-\theta_j}} \quad (5.47)$$

Los valores numéricos obtenidos, tanto de los coeficientes técnicos como de los parámetros de escala para todas las ramas de producción, se recogen en la **Tabla 13** incluida en el ANEXO II.

Los coeficientes técnicos y los parámetros de escala de la función de producción total se obtienen con el mismo procedimiento de cálculo realizado para la función del valor añadido.

Por tanto, considerando las ecuaciones (5.1), (5.23) y (5.24) tomando los datos de la Matriz de Contabilidad Social a precios unitarios, se deducen las dos siguientes ecuaciones a partir de las cuales se calculan dichos valores numéricos y que recogemos en la **Tabla 14** del ANEXO II.

$$\alpha_j = \frac{Y_{j(0)}}{Y_{j(0)} + M_{j(0)}} \quad (5.48)$$

$$\beta_j = \frac{Q_{j(0)}}{(Y_{j(0)})^{\alpha_j} (M_{j(0)})^{1-\alpha_j}} \quad (5.49)$$

Por último, los valores de los coeficientes fijos de la función de Leontief de la producción doméstica de cada sector se calculan a partir de los valores óptimos de los consumos intermedios y el valor añadido despejando de las ecuaciones y

sustituyendo los datos de la matriz inicial correspondientes a los factores productivos y consumos intermedios.

$$v_j = \frac{K_{j(0)} + L_{j(0)} + CSS_{j(0)}}{XD_{j(0)}} \quad (5.50)$$

$$a_{ij} = \frac{x_{ij(0)}}{XD_{j(0)}} \quad (5.51)$$

5.3.2 PARÁMETROS DEL CONSUMIDOR

Las funciones de demanda de consumo y ahorro de las ecuaciones nos aportan los valores numéricos de los coeficientes de la función de utilidad del consumidor respecto a los consumos y al ahorro, considerando los datos correspondientes de la SAMMAD_05 con precios unitarios como valores óptimos del modelo.

$$\eta_j = \frac{C_{j(0)}}{YD_{(0)} - SH_{(0)}} \quad (5.52)$$

5.3.3 PARÁMETROS DEL SECTOR PÚBLICO

Las tasas impositivas que calcularemos a continuación son las que efectivamente se pagaron en cada caso en función de su base gravable, ya que los tipos de impuestos son calibrados a partir de los datos de la matriz de contabilidad social.

Respecto a los tipos impositivos sobre las cotizaciones sociales bajo el supuesto de que éstas son soportadas por los empresarios, se calculan como el porcentaje de las cotizaciones pagadas por cada sector productivo sobre el total de trabajo demandado por dicho sector con salario unitario.

$$T_j^{CSS} = \frac{CSS_{j(0)}}{L_{j(0)}} \quad (5.53)$$

El cálculo de las tasas impositivas del único impuesto indirecto a cada rama productiva se realiza como el porcentaje del total de impuestos sobre productos y producción sectorial, $ISP_{j(0)}$ y $INP_{j(0)}$, sobre la producción neta total de cada sector.

$$T_j^{IP} = \frac{ISP_{j(0)} + INP_{j(0)}}{Q_{j(0)} - ISP_{j(0)} - INP_{j(0)}} \quad (5.54)$$

Por último, el único impuesto directo ha sido abonado por los consumidores (impuesto sobre la renta, etc.) a una tasa impositiva efectiva resultante de la relación entre el total de impuestos pagados por los hogares, IMP_{HO}^0 , y su renta bruta, obtenida mediante su dotación de factores productivos, capital y trabajo, y las transacciones recibidas del resto de sectores institucionales.

$$T_D = \frac{IMP_{HO(0)}}{K_{HO(0)} + L_{HO(0)} + TSP_{(0)}^H + TRM_{(0)}^H} \quad (5.55)$$

En concreto el valor del impuesto directo calibrado por el modelo correspondiente al año 2005 es:

$$T_D = \frac{24.825.142}{62.200.654 + 55.684.984 + 24.441.017 - 1.434.296} = 17,62\%$$

5.4 SIMULACIÓN DE IMPACTOS DE INVERSIÓN EN I+D EN EL MEGA DINÁMICO

El modelo que acabamos de desarrollar nos va a permitir cuantificar de nuevo el impacto sobre el entramado económico de la Comunidad de Madrid que tendría un incremento de la inversión en I+D. Para realizar este estudio se aplicará la regla de reparto utilizada en el modelo lineal, mediante la cual se distribuye el total de la inyección entre los ocho sectores seleccionados por su vínculo con la Bioeconomía. Recordemos que los sectores seleccionados y la asignación de la inyección directa son los recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 11: Regla de reparto de la Inversión en I+D

SELECCIÓN DE RAMAS SUSCEPTIBLES DE CANALIZAR LA INVERSIÓN EN I+D	INYECCIÓN DIRECTA	DEMANDA TOTAL	% INYECCIÓN SOBRE DEMANDA TOTAL DE LA RAMA
6. Material eléctrico	75.493	5.463.818,34	1,38%
7. Material electrónico	111.454	8.066.513,72	1,38%
8. Máquinas oficina y precisión	11.346	7.018.070,16	0,16%
10. Alimentación	11.555	12.836.543,35	0,09%
13. Productos farmacéuticos	314.808	5.673.134,03	5,55%
22. Comunicaciones	160.900	29.039.359,49	0,55%
24. Servicios a empresas	1.130.514	59.327.808,61	1,91%
25. Educación	19.100	8.249.750,42	0,23%
Demanda total de la Comunidad de Madrid	1.835.170	458.105.367	0,40%

Fuente: Elaboración propia

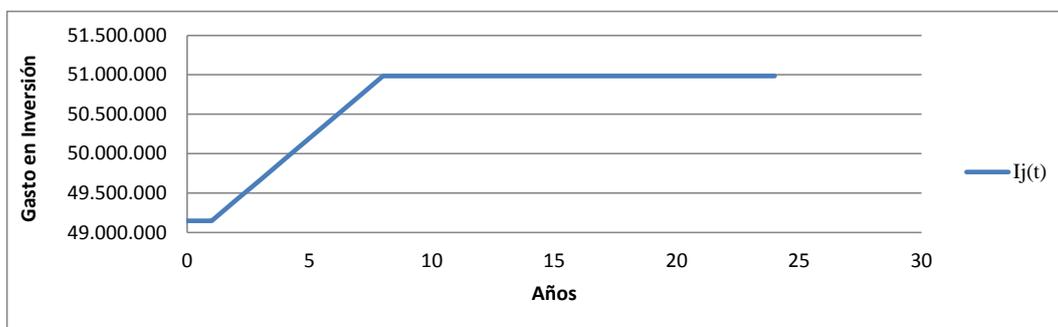
En la columna de la derecha se puede ver cómo la suma de la inyección directa de todos los sectores seleccionados supone un 0,40% sobre la demanda total de la región.

La cuantificación del impacto se realizará simulando a través del MEGA dinámico un shock sostenido sobre la demanda final de los ocho sectores seleccionados como receptores directos de dicha inversión. En concreto simularemos un aumento sostenido de la inversión $I_{j(t)}$ de cada uno de estos ocho sectores.

El punto de partida, es decir la situación económica inicial previa a la simulación, es la recogida por la SAMMAD_05. Se trata del equilibrio inicial del modelo en $t=0$.

El incremento de la inversión se simula aumentando la inversión $I_{j(t)}$ en I+D durante siete periodos ($t = 1, \dots, 7$) en la misma cantidad. Esta simulación trata de trasladar el objetivo perseguido por el VII Programa Marco de Investigación de la Unión Europea para el periodo 2007-2013. De forma que al cabo de los siete años la inversión en I+D alcance el nivel deseado del 3% del PIB de la Comunidad de Madrid. Se supone que cada año se invierte una séptima parte del incremento total del 1,2% del PIB madrileño, de forma que el shock se traslada de forma paulatina a la economía tal y como recoge el siguiente gráfico:

Gráfico 20: Shock de inversión en I+D



Fuente: Elaboración propia

Antes de pasar a analizar los resultados simulados con el MEGA dinámico resulta conveniente señalar algunos aspectos sobre la inyección directa simulada:

1. El shock de inversión acumulado en los siete años asciende a un total de 1.835,17 millones de euros incorporados a la economía de la Comunidad de Madrid, lo que representa, como ya se ha mencionado, un 0,40% sobre la demanda productiva total de la región.
2. La inversión es canalizada hacia el entramado económico a través de los ocho sectores seleccionados, de entre los treinta y un sectores en que se desagregó la SAMMMAD_05. Destacan especialmente tres de los ocho sectores por trasladar el 87,5% del shock de inversión en I+D, dichos sectores son: Servicios a empresas, Productos Farmacéuticos y Comunicaciones.

3. En relación con el porcentaje que la inversión en I+D representa sobre la demanda total de cada rama receptora directa, únicamente destacan dos sectores: Productos Farmacéuticos, para el que la inversión representa un 5,5% y Servicios a Empresas con un 1,91%. Para el resto de las ramas este porcentaje refleja valores relativamente inferiores. Este patrón de reparto es coherente con la estadística oficial de Gasto en I+D por ramas de actividad publicada por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Una vez realizadas estas puntualizaciones pasamos a analizar los efectos que tendría sobre la economía de la Comunidad de Madrid un impacto de inversión en I+D durante el periodo 2007-2013 y su tendencia en el horizonte a largo plazo. El resultado de este impacto será analizado considerando un horizonte temporal de $t=25$.

5.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se presenta a continuación un análisis de los resultados como evolución de la diferencia entre los nuevos equilibrios temporales en cada uno de los 25 periodos y el equilibrio inicial en el periodo base, correspondiente al año 2005. Este modelo nos permite analizar una dimensión más que el modelo lineal al incorporar la evolución temporal sobre el modo en que tiene lugar la consecución de los nuevos niveles de equilibrio en el largo plazo.

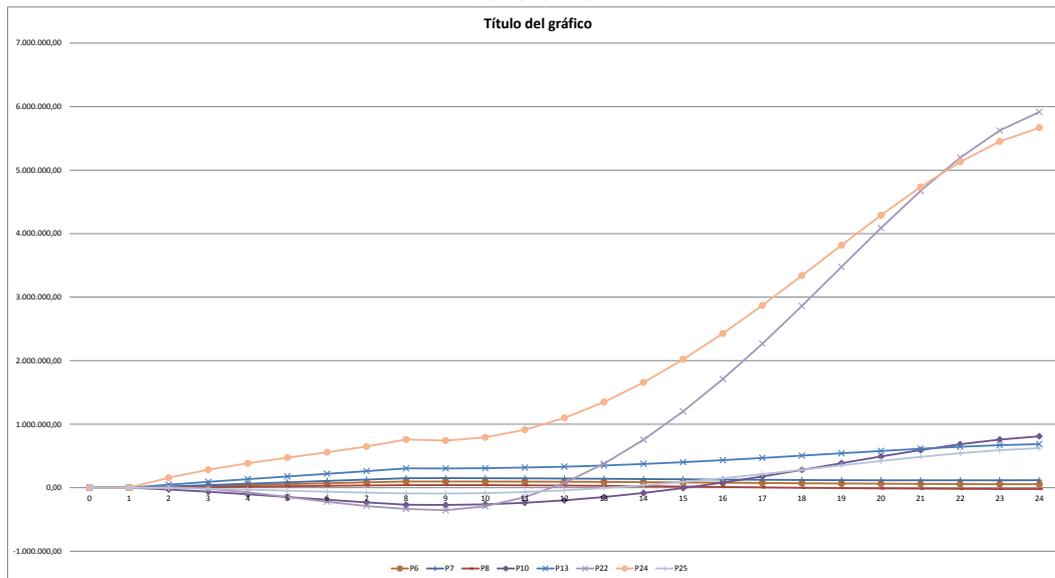
Para resumir los resultados obtenidos, mediante el MEGA dinámico tras la simulación del shock de inversión en I+D, presentamos la trayectoria de agregados macroeconómicos como la producción sectorial, el consumo de los hogares y el PIB. Asimismo se incorpora la evolución temporal de los precios para ofrecer una interpretación de los resultados en el marco de los modelos neoclásicos con elementos keynesianos, en línea con el comportamiento de los agentes, formulado el presente modelo dinámico.

El shock de demanda de inversión genera un efecto sobre los nuevos niveles de equilibrio de la economía madrileña que se interpreta como sigue: el aumento de la inversión en I+D, como componente de la demanda agregada, traslada sus efectos sobre los niveles de producción de las distintas ramas de actividad de tal modo que se alcanzan nuevos equilibrios a medida que transcurre el tiempo. De esta forma se puede observar la evolución hacia el nuevo nivel de equilibrio en el largo plazo a medida que transcurre el tiempo con efectos de distinta intensidad según el sector que se analice.

Si observamos el Gráfico 21, se pueden visualizar ambos aspectos, la evolución temporal y la intensidad de las variaciones, ya que los niveles de producción alcanzados por los distintos sectores receptores directos atraviesan distintas fases. En el largo plazo los sectores que más dinero reciben son los que experimentan una mayor subida paulatina en su producción, destacando el caso de los sectores P22 (Comunicaciones) y P24 (Servicios a empresas). A continuación

encontramos que los sectores P13 (Productos farmacéuticos), P10 (Alimentación) y P25 (Educación) que manifiestan incrementos positivos aunque no tan altos como los anteriormente citados. Finalmente encontramos las menores variaciones en P6 (Material Eléctrico), P7 (Material Electrónico) y P8 (Maquinaria de oficina y precisión) que son, por otra parte, los que menos inyección directa reciben⁵⁵.

Gráfico 21: Variación de la producción de los sectores receptores directos de la inversión en I+D



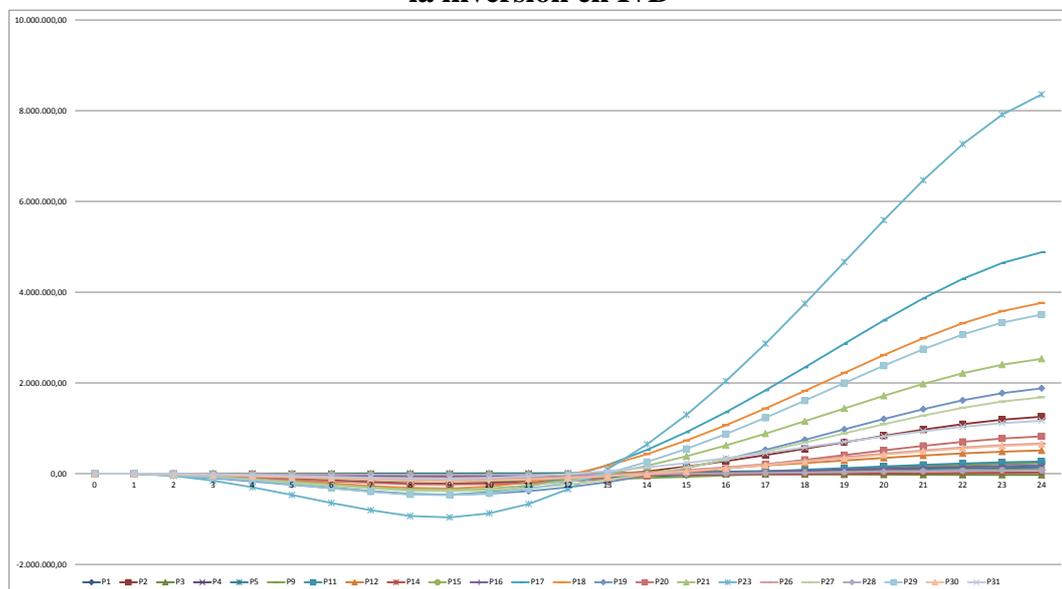
Los efectos sobre el nivel de producción de las ramas no receptoras directas difiere en intensidad de una rama a otra pero todas evolucionan en el mismo sentido tal y como se puede comprobar en el Gráfico 22. Destacan especialmente, por mostrar un incremento más elevado en el largo plazo, los sectores P23 (Inmobiliarias y alquileres), P17 (Construcción), P18 (Comercio mayorista) y P29 (Servicios Financieros).

⁵⁵ Estos resultados son coherentes con un estudio previo sobre sectores clave en la Comunidad de Madrid que el lector interesado puede consultar en Cámara, A. et al (2010).

Presentan una variación del output final de carácter intermedio los sectores P21 (Transportes), P19 (Comercio Menor y reparación), P27 (Servicios recreativos) y P2 (Energía y minería).

Los sectores que manifiestan una variación prácticamente cercana a cero son P3 (Industrias extractivas), P4 (Productos metálicos), P5 (Maquinaria industrial), P14 (Industria química), P4 (Productos metálicos), P28 (Servicios personales), P15 (Industria no metálica) y P16 (Otras manufactureras).

Gráfico 22: Variación de la producción de los sectores no receptores directos de la inversión en I+D



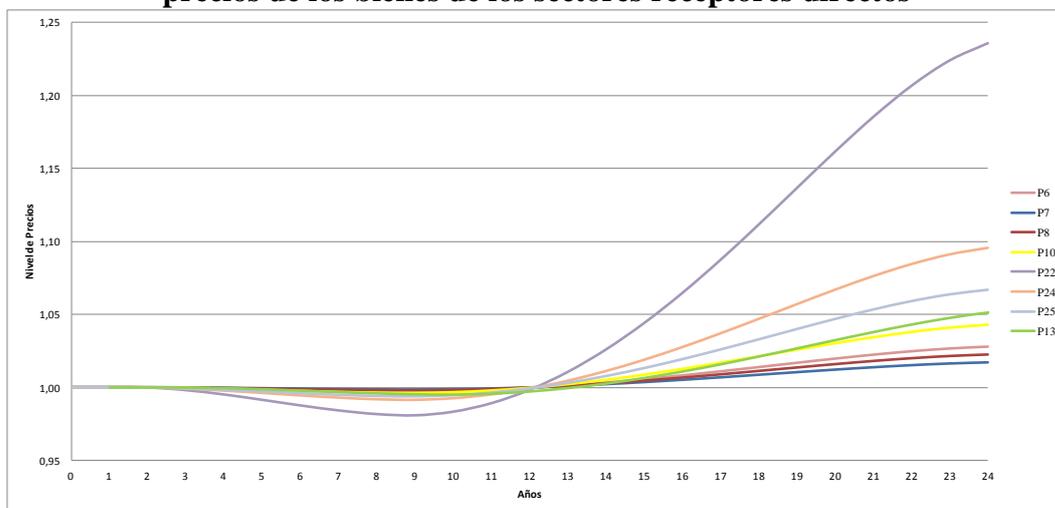
Fuente: Elaboración propia

El shock de inversión produce un conjunto de efectos, en el corto, medio y largo plazo como respuesta de los agentes intervinientes en los distintos mercados, ante la variación de los niveles iniciales de equilibrio, lo que provoca una secuencia de ajustes hasta que el equilibrio se restablece en el largo plazo en torno a nuevos niveles. Así se aprecia en los gráficos aquí presentados tres momentos temporales en su evolución hacia el nivel de producción del nuevo equilibrio en el último periodo.

Si realizamos un análisis de la evolución de los precios en los distintos sectores receptores directos, observamos que en los primeros años se mantienen en niveles cercanos a los iniciales, incluso en algún caso experimentan alguna ligera

caída atribuible a ajustes en el mercado de oferta agregada, como es el caso del sector P22 (Comunicaciones), que sin embargo es el que más rápidamente se recupera, para situarse en el largo plazo en el nivel más alto. Se observa cómo los incrementos en el valor nominal de la producción (Gráfico 21) son acordes con los incrementos en los niveles de precios (Gráfico 23) en el caso particular de los sectores receptores directos.

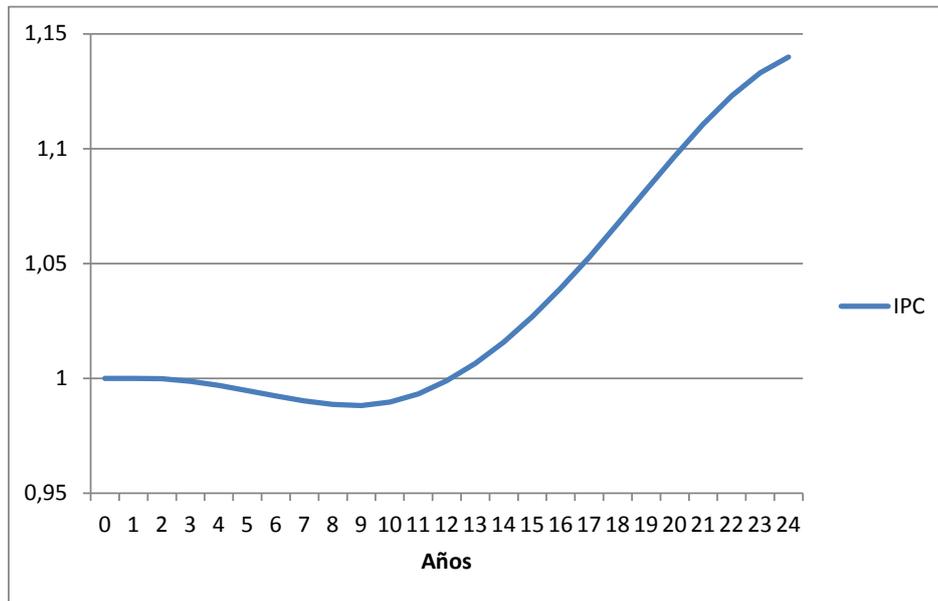
Gráfico 23: Impacto del shock de inversión en I+D sobre la evolución de los precios de los bienes de los sectores receptores directos



Fuente: Elaboración propia

La evolución de los precios medida a través del IPC_t (Gráfico 24) permite observar cómo la inyección escalonada de inversión en I+D provoca en el corto plazo una leve caída de los precios y a partir del año 10, una vez los mercados han asimilado el shock de inversión, comienzan a subir gradualmente. Se pone de manifiesto que el IPC sigue un patrón acorde al del consumo.

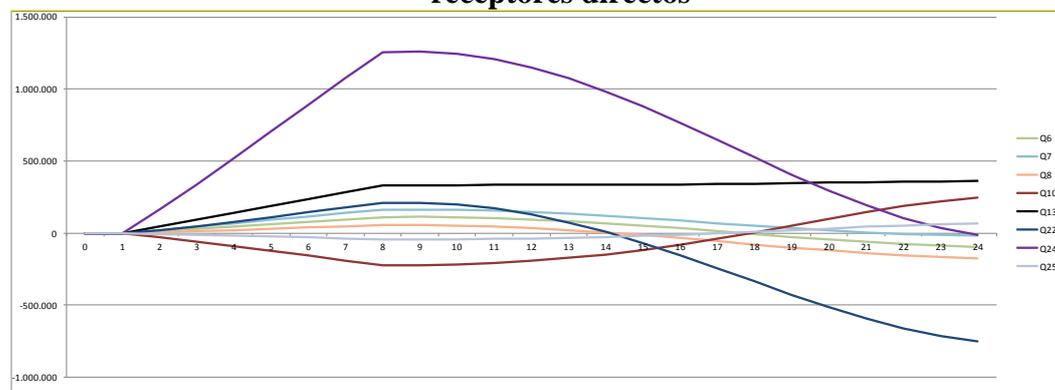
Gráfico 24: Evolución del IPC



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la senda temporal cambia si analizamos la variación en términos reales de variables tales como el output final de todos los sectores.

Gráfico 25: Variación de la producción real de los sectores productivos receptores directos



Fuente: Elaboración propia

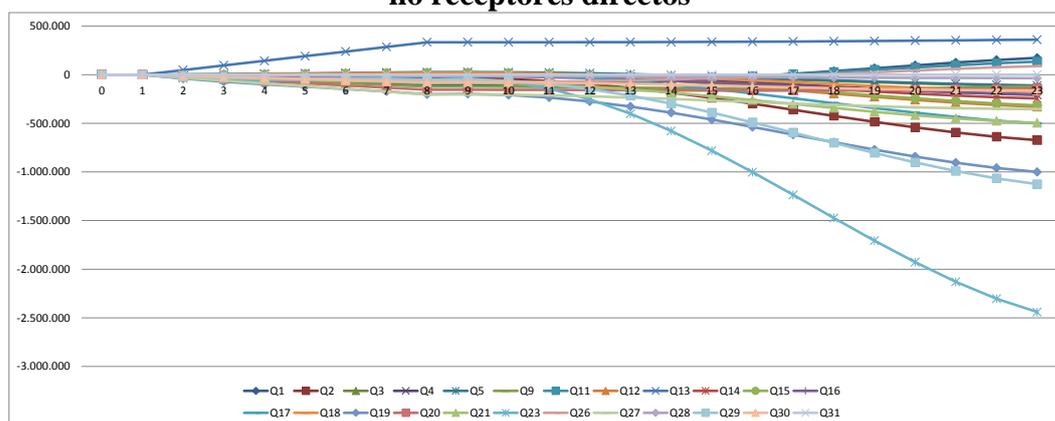
Al analizar la aportación de la perturbación de demanda a través del shock de inversión en I+D al PIB real nos encontramos con un escenario diferente. Como se puede ver el Gráfico 25, el impacto es positivo sobre la demanda total de los sectores receptores directos durante los 7 años en los que tiene lugar el shock escalonado de inversión en I+D, exceptuando en los sectores P10 (Alimentación) y P25 (Educación) donde cae ligeramente. A partir de ese momento experimentan una

caída gradual hasta volver a niveles cercanos a los iniciales en el caso de P24 (Servicios a Empresas) y P7 (Material electrónico). Convergen hacia niveles inferiores al inicial en el año base el sector P22 (Comunicaciones) y en menor medida P6 (Material Eléctrico) y P8 (Máquinas de oficina y precisión). Los que muestran niveles de producción superiores en el largo plazo son P13 (Productos Farmacéuticos), P10 (Alimentación) y P25 (Educación).

Los sectores no receptores directos alcanzan los nuevos niveles de equilibrio en el largo plazo (Gráfico 27) a través de una senda de producción en términos reales que nos muestra una tendencia a estabilizarse en torno a niveles cercanos a los iniciales. Sin embargo, se sitúan ligeramente por encima de tales niveles los sectores: P13 (Productos Farmacéuticos), P11 (Textil, Confección y Calzado), P1 (Agricultura y Ganadería) y P26 (Sanidad).

Por otra parte, destacan por experimentar una caída notoria respecto a los demás en el largo plazo P23 (Inmobiliarias y Alquileres), P29 (Servicios Financieros), P19 (Comercio menor y reparación) y P2 (Energía y minería).

Gráfico 26: Variación de la producción real de los sectores productivos no receptores directos

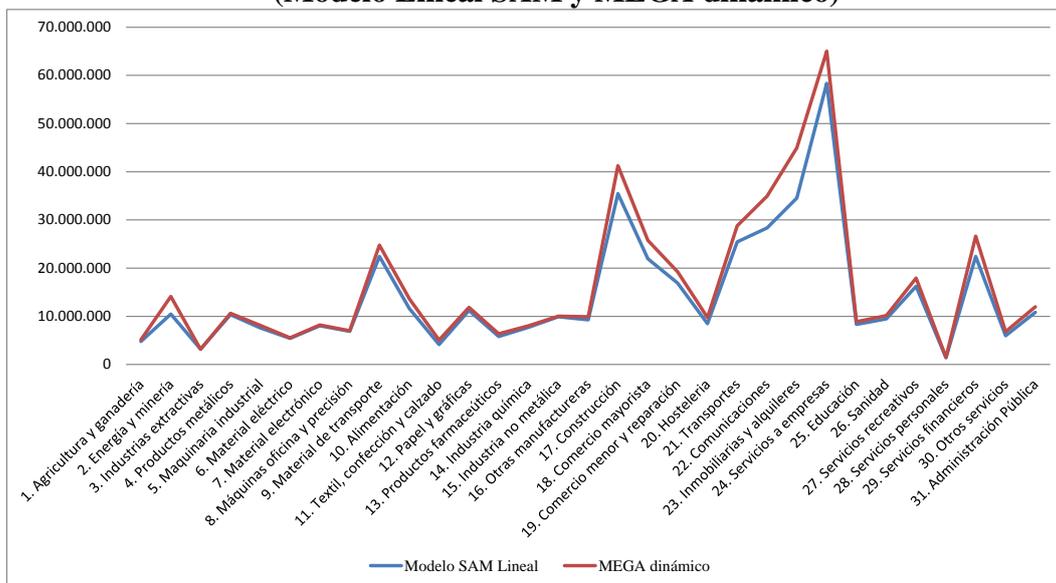


Fuente: Elaboración propia

En el análisis comparado de la variación de la demanda final de los sectores productivos entre los dos modelos elaborados en la presente tesis (modelo lineal SAM y MEGA dinámico) destaca cómo las variaciones en las demandas obtenidas utilizando el modelo lineal SAM y las obtenidas mediante el MEGA dinámico,

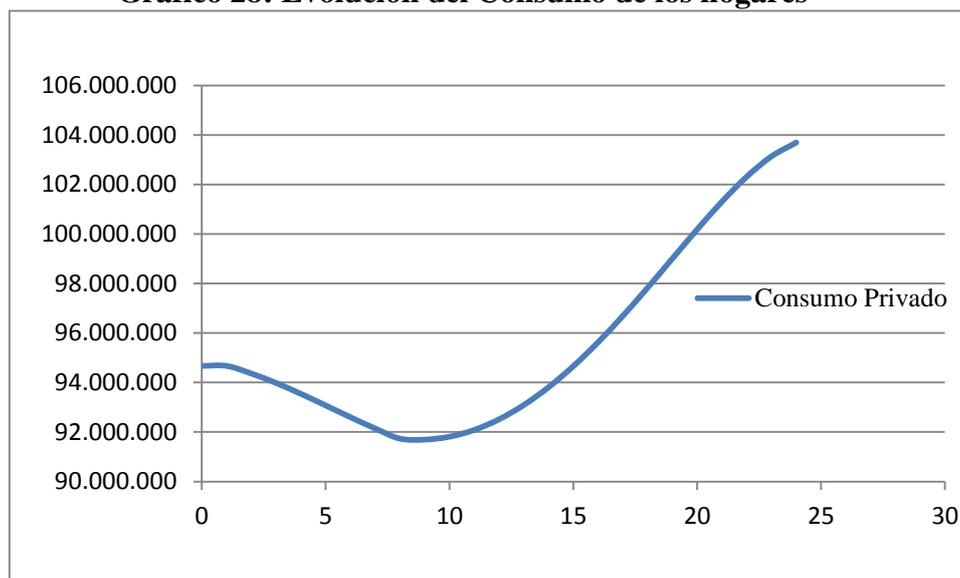
tienen un comportamiento análogo para todos los sectores, siendo ligeramente superiores las obtenidas en el modelo dinámico, tal y como se observa en el Gráfico 27.

Gráfico 27: Variación de la producción de los sectores productivos en euros (Modelo Lineal SAM y MEGA dinámico)



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la respuesta por parte del consumo de los hogares se puede ver en el Gráfico 28: a corto plazo el consumo de los hogares muestra un descenso, a medio plazo comienza a recuperarse hasta alcanzar en el largo plazo un nuevo nivel de equilibrio en el que se estabiliza.

Gráfico 28: Evolución del Consumo de los hogares

Fuente: Elaboración propia

Este patrón de respuesta es común en los MEGAs dinámicos, en los que los agentes manifiestan un comportamiento “racional”. El equilibrio a corto plazo difiere temporalmente del equilibrio a largo plazo debido a una perturbación o a un cambio de política que afecta a la economía que atraviesa un periodo de ajustes en el medio plazo⁵⁶.

Siguiendo a Andrés, J. *et al* (2006)⁵⁷ la explicación de la caída del consumo en el corto plazo se halla en que los agentes entran en un proceso de sustitución intertemporal, es decir, tal y como está formulado el modelo, los agentes persiguen dos objetivos simultáneamente, uno a largo plazo (el intertemporal) y otro a corto plazo (el intratemporal). El hecho de haber planteado una modelización neoclásica bajo el supuesto de las expectativas racionales, con información perfecta, lleva implícito que los agentes son “ricardianos” en cuanto a sus expectativas en relación con los impuestos esperados, así que reducen su consumo inmediato ya que esperan que el aumento del gasto de inversión en I+D sea financiado vía aumento de los

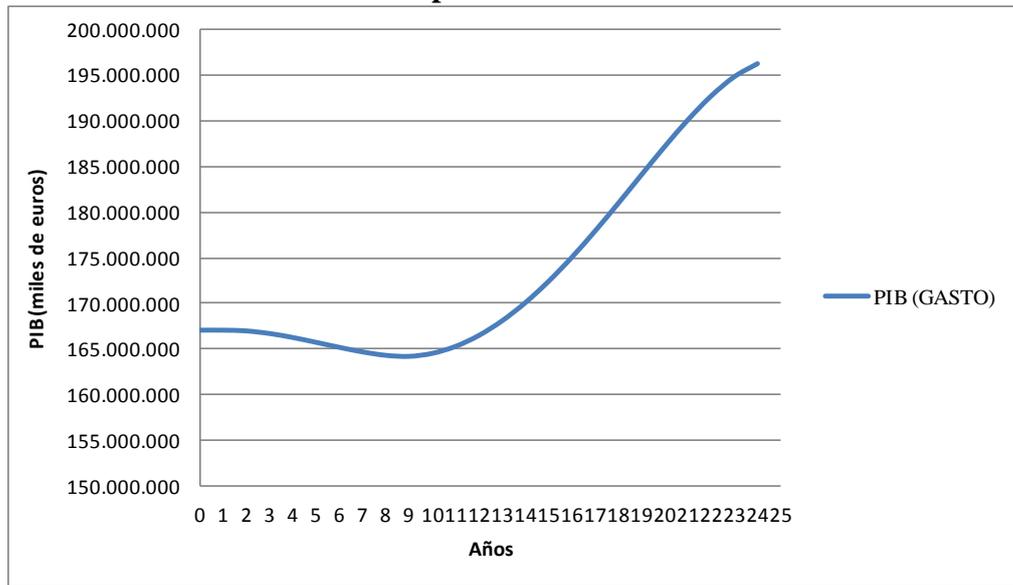
⁵⁶ Abel, A.B., Bernanke, B.S. (2001), p.434.

⁵⁷ p. 35-36.

impuestos, en el medio plazo. Por ello sustituyen su consumo presente por ahorro, y es transcurrido un tiempo cuando el consumo se recupera para situarse en niveles superiores al inicial, lo que por otra parte también debe a un aumento de los precios en el largo plazo. Simultáneamente, se produce en el corto plazo una subida transitoria de los tipos de interés, lo que reduce aún más el consumo, ya que ante este escenario resulta más atractivo ahorrar.

En relación con la evolución del PIB derivado de la actividad económica desarrollada en la Comunidad de Madrid, posee un estrecho vínculo con la evolución del consumo. Ambas macromagnitudes aparecen estrechamente ligadas en su comportamiento, lo que viene respaldado por el hecho de que el consumo es una componente de la demanda agregada con un gran peso, en este caso cercano al 60% del PIB, y una caída a corto plazo del mismo, vía multiplicador keynesiano, provoca una caída de la producción.

Sin embargo, simultáneamente, en el mercado de dinero, el aumento del gasto de inversión los agentes *ricardianos* lo interpretan esperando que se financie con cargo a deuda pública, lo que esperan genere un aumento del déficit y un aumento de la emisión de bonos para financiarla, lo que provocará una caída del precio de los mismos y una elevación del tipo de interés y por tanto de su rentabilidad, haciéndolos más atractivos. Este hecho traerá consigo dos efectos simultáneos: por un lado la caída de la inversión privada (crowding-out) y, por otro, el aumento del ahorro con la subsiguiente caída del consumo.

Gráfico 29: Impacto sobre el PIB nominal

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, de todo lo expuesto llegamos a la conclusión del gran peso relativo que tiene en este modelo la evolución de los precios y los ajustes en los mercados a través de los mismos. Desde una perspectiva global, nos conduce a interpretar que los efectos a largo plazo del shock de inversión en I+D consisten en: una subida del nivel general de precios y el retorno a los niveles de producción real iniciales, excepto en el caso de los sectores P13 (Productos Farmacéuticos), P11 (Textil, Confección y Calzado), P1 (Agricultura y Ganadería) y P26 (Sanidad) que se situarían por encima.

En el corto-medio plazo el shock de inversión en I+D genera impactos positivos sobre la demanda total de la mayor parte de los sectores, pero como se ha visto en el largo plazo estos efectos positivos caen gradualmente hasta niveles cercanos a los iniciales.

CAPÍTULO 6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este último capítulo recoge un resumen y las principales conclusiones del trabajo de investigación desde la perspectiva que proporciona el final del mismo. Primeramente, se realizarán unas consideraciones finales sobre su planteamiento y, a continuación, se repasarán los objetivos del estudio, el enfoque, las herramientas empleadas, la idoneidad de las técnicas utilizadas con relación a los objetivos propuestos y, lógicamente, los resultados particulares obtenidos con relación al análisis realizado.

A modo de reflexión final se considera interesante volver a hacer un breve repaso sobre el *elemento inspirador* del trabajo. Al versar el mismo sobre un fenómeno emergente como el de la Bioeconomía, se aplica una visión multidisciplinar, y al mismo tiempo integradora, de tres grandes áreas, tanto conceptuales como de actividad, que son: economía, sociedad y ecología. Con este planteamiento, el ejercicio de toda actividad económica aparece indisolublemente unido a condicionantes tanto de recursos naturales, como humanos y económicos. Asimismo, se ha de tener en cuenta que el desarrollo de la actividad económica transcurre en un contexto marcado por las particularidades propias de la región que se analice. Siendo ésta una concepción propia de la economía ecológica, surge un enfoque que combina economía y biología, y es de esta unión de donde procede el término Bioeconomía.

Al no disponer de una definición concisa sobre el concepto de la Bioeconomía se ha recurrido a las diversas aproximaciones al fenómeno desde los ámbitos que presentan voces al respecto. Desde una perspectiva histórica posiblemente fuera Georgescu-Roegen, quien, a lo largo de su obra, acuñó el término y, como continuación de la misma, encontramos referencias en los diversos artículos publicados en revistas científicas, como puede ser la revista *Journal of Bioeconomics*. Por su parte, el informe Cotec sobre innovación y tecnología en España, en concreto el del año 2010, recoge un análisis exhaustivo del fenómeno, y además existen referencias recientes al término Bioeconomía realizadas desde la Unión Europea. El hecho de que existe una conciencia global por los recursos del

planeta y sobre el desarrollo sostenible lo constata la serie de Conferencias de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible.

Por todo lo expuesto, se realizan a continuación unas consideraciones finales sobre estos aspectos y otros que creemos son relevantes para contextualizar este trabajo así como la relación entre el enfoque propuesto en esta tesis y las principales conclusiones que se recogen más adelante:

1. Cuando nos aproximamos al concepto de la Bioeconomía observamos que su estudio despierta un especial interés en localizaciones geográficas, como pueda ser América Latina y Caribe, es decir, en zonas especialmente ricas en recursos naturales, particularmente agua, tierra y biodiversidad. No obstante, la conciencia sobre la necesidad de realizar un uso eficiente de los recursos está extendida de forma global. Por ello, surge la Bioeconomía como una visión de la sociedad futura menos dependiente de los recursos fósiles, para satisfacer la demanda de energía y materias primas, donde la utilización de la biomasa juega un papel crítico en la producción de alimentos, fibras y productos industriales, mientras que se mejora la sostenibilidad ambiental.
2. Al profundizar en los retos y particularidades de este fenómeno, se despierta en el investigador una conciencia crítica sobre el modo en el que se gestionan y planifican, a futuro, los recursos económicos, sociales y ecológicos, planteándose la posibilidad de trasladar dicho análisis a una región que resulte de su especial interés y alcance. Así, surge el *embrión* de esta investigación, con el objetivo inicial de analizar cualquier indicio de existencia de algún planteamiento bioeconómico en la Comunidad de Madrid.
3. El informe Cotec nos acerca a los pilares sobre los que se asienta la Bioeconomía y, a modo de síntesis, concluimos que el modo de

implantarla consiste en conectar los sectores de actividad primario, industria y salud, mediante la integración de aplicaciones biotecnológicas a través del desarrollo de los diagnósticos y tratamientos, la implantación de protocolos de seguridad en el tratamiento de la alimentación y los fármacos, la química fina y la biomasa renovable. A la vista de lo anterior, el elemento común que poseen los ámbitos señalados es un fuerte componente de investigación y desarrollo, lo que lleva aparejado un esfuerzo inversor que suscita el interés del investigador para comprender en qué grado está presente la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid.

4. Para dar respuesta a la pregunta planteada en el punto anterior sobre el esfuerzo inversor en I+D en la Comunidad de Madrid, en una siguiente etapa de la tesis se recurre a los datos proporcionados por la estadística oficial. Se observan los niveles de inversión en I+D en países de nuestro entorno, la Unión Europea, y resto del mundo, y la conclusión que se obtiene es que, si bien las directrices sobre esfuerzo inversor en I+D de la Unión Europea lo sitúan en un 3% del PIB de cada país, en España la situación es de una gran disparidad entre regiones. En concreto la Comunidad de Madrid presenta una cifra en el entorno al 1,8% de su PIB, con una perspectiva de estancamiento.
5. Ante esta situación, la siguiente tarea que nos planteamos fue analizar cuál sería el efecto de potenciar la inversión en I+D en la Comunidad de Madrid, con el fin de implantar la Bioeconomía en su entramado económico y social. Con esta filosofía se ha ido desarrollando el presente trabajo de investigación que ha requerido la metodología propia de los modelos multisectoriales. Dado que el objetivo de alcanzar el 3% del PIB, respecto al nivel de inversión en I+D, es un planteamiento a largo plazo, se ha presentado en esta tesis la modelización a través de un MEGA dinámico, lo que supone una novedad, además de una continuación, respecto a modelizaciones

previas relativas a la Comunidad de Madrid, en el ámbito académico y aplicado.

6. Para conseguir el objetivo relativo a la modelización dinámica, y posterior simulación del impacto de la inversión en I+D en el entramado económico y social de la Comunidad de Madrid, se ha requerido elaborar una base de datos adecuada a la modelización, la SAMMAD_05. Además, como paso previo de análisis de la estructura económica y social de la Comunidad de Madrid, se ha desarrollado una primera herramienta para simular el impacto de inversión en I+D mediante el modelo SAM lineal. Asimismo, el modelo lineal ha representado una etapa necesaria para comprender y describir tanto el funcionamiento del MEGA dinámico como el contexto en el que tienen lugar las decisiones de los agentes implicados.

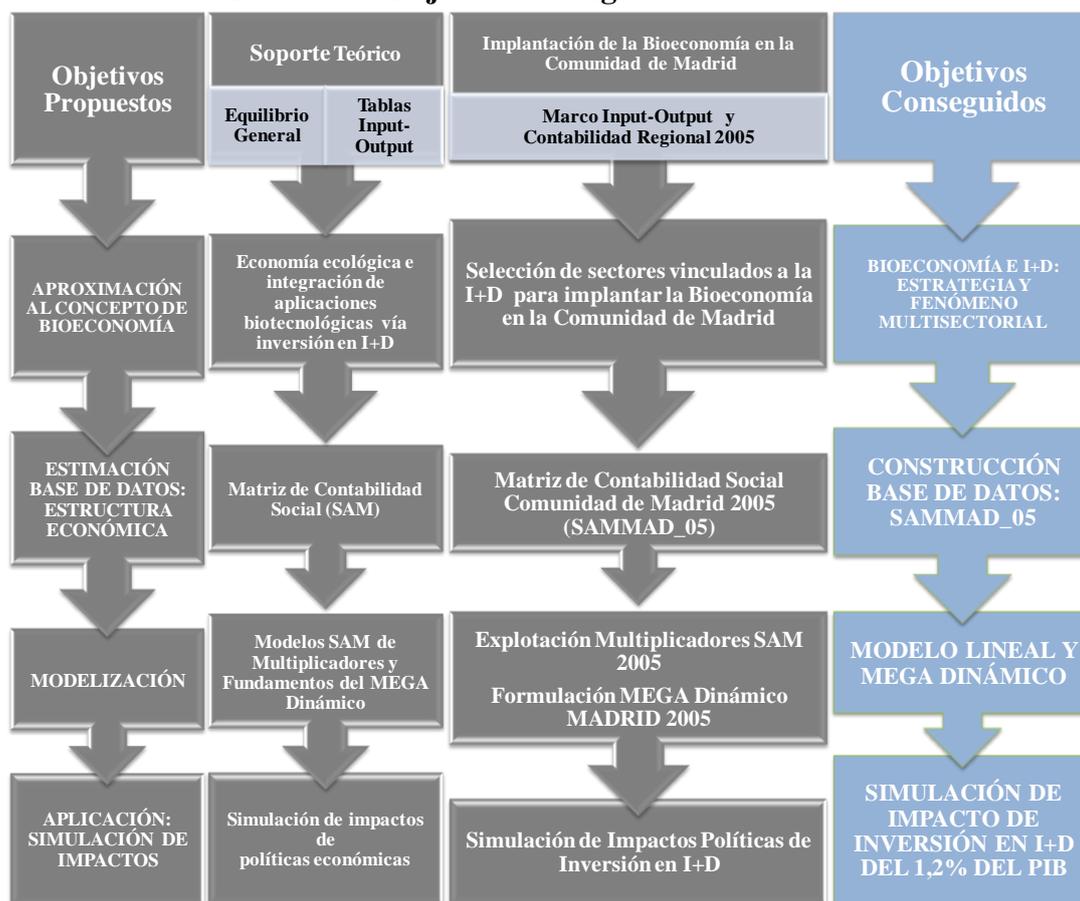
Mirando hacia el futuro, con las predicciones del Banco Mundial sobre el crecimiento de la población, que se estima alcanzará los 9.000 millones de habitantes en el año 2050 en todo el planeta, la principal implicación que este hecho tendrá sobre las necesidades en materia energética, recursos de alimentos y de materias primas, radica en que todos ellos son recursos finitos. Por tanto, se debe comenzar a planificar y gestionar de forma coordinada y respetuosa con el medio ambiente tanto los recursos como el uso y tratamiento de los mismos, para establecer controles en las cadenas de producción de alimentos y en la gestión de los residuos de los procesos.

Ante este escenario, surge una visión global sobre el modo en que interactúan los agentes involucrados en las decisiones que se adoptan en los diversos sectores de la economía, es decir nos enfrentamos a una problemática de alcance multisectorial. Para afrontar una modelización de estas características, se han aplicado herramientas de análisis para simular y proyectar los posibles efectos de reforzar la inversión en

I+D, como paso inicial en un camino a largo plazo de implantación de la Bioeconomía. Se recurre en esta tesis a métodos y modelos que combinan fundamentos matemáticos y económicos, teniendo además como base inspiradora la economía ecológica y la biología. No se debería separar economía y ecología, ya que ambos son sistemas vivos, dinámicos e interrelacionados.

Siendo coherentes con los objetivos planteados en el *primer capítulo*, que quedaban recogidos en el Gráfico 1, se ha completado el mismo incorporando la última columna relativa a “objetivos conseguidos”, donde se pueden observar los principales logros de esta tesis.

Gráfico 30: Objetivos conseguidos en esta tesis doctoral



Fuente: Elaboración propia

Se ha conseguido el *primer objetivo* de esta tesis, al haber realizado un análisis de las aportaciones en materia de Bioeconomía y su vínculo con la inversión

en I+D, así como una descripción de la situación en esta materia en la Comunidad de Madrid. Dentro de estas aportaciones reseñamos por su relevancia las siguientes:

1. Destaca la novedad del término Bioeconomía en la obra de Georgescu-Roegen quien, ya en el año 1971, lo planteó conjuntamente con la sostenibilidad, y lo relacionó con las leyes de la termodinámica, la energía y la economía.
2. El informe COTEC sobre tecnología e innovación en España, por su parte, plantea las tres áreas involucradas en la implantación del fenómeno: sector primario, industria y salud. El vínculo existente entre las mismas consiste en la integración de aplicaciones biotecnológicas, lo que requeriría, para una implantación efectiva, un esfuerzo inversor en actividades de I+D en cada uno de los sectores involucrados.
3. La Comisión Europea en su comunicación número sesenta (del año 2012) de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, específicamente se refiere a “la Innovación al servicio del crecimiento sostenible: una Bioeconomía para Europa”.
4. Según la Comisión Europea “Bioeconomía” significa una economía que combina diferentes tipos de recursos biológicos, además de los residuos, y los utiliza como insumos para la producción de alimentos y piensos, así como para la producción industrial y energética.
5. Se han seleccionado ocho sectores para canalizar el esfuerzo inversor en I+D por poseer un potencial relevante respecto a la implantación de la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid en su vertiente de I+D, al considerar que presentan en el núcleo de su actividad componentes tecnológicos, de conocimiento o que involucran a la salud humana. De

este modo un impulso en la I+D de los mismos serviría para generar sobre el resto impactos positivos en los niveles de actividad, la producción o el consumo.

Con estas aportaciones queda avalado el enfoque planteado en esta tesis y, siguiendo lo expuesto en la segunda parte del *segundo capítulo*, a continuación exponemos las principales conclusiones sobre el estado de la cuestión en materia de inversión en I+D en la Comunidad de Madrid. Con ello terminamos de perfilar la consecución del primer objetivo destacando el vínculo entre Bioeconomía e I+D, estudiando las dimensiones que abarca el término, tanto a nivel regional como nacional e internacional, y dibujando una trayectoria en cuanto a la evolución del gasto en este concepto se refiere.

1. La norma práctica para la medición de las actividades científicas y tecnológicas es el Manual de Frascati (OCDE, 2003) y es el referente de la estadística en I+D.
2. La Estrategia de Bioeconomía, basada en el Séptimo Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (VII PM) y en el Programa Marco de Investigación e Innovación (Horizonte 2020), junto con su Plan de Acción se proponen preparar el camino hacia una sociedad que utilice de forma eficiente los recursos. Se han de conciliar la seguridad alimentaria y el uso sostenible de recursos renovables con fines industriales, asegurando al mismo tiempo la protección del medio ambiente. Se requiere fomentar la inversión en I+D en los sectores bioeconómicos de modo que se consiga una mayor coherencia en las políticas medio ambientales y unas mejores relaciones entre las políticas bioeconómicas nacionales, de la UE y mundiales.
3. Se persigue la consecución de sinergias y la complementariedad con otros ámbitos políticos, instrumentos y fuentes de financiación que

compartan los mismos objetivos, tales como las políticas comunes en materia de políticas relativas a los sectores primarios, medio ambiente, industria, empleo, energético y sanitario.

4. Como consecuencia directa de este primer objetivo surge la necesidad de realizar un análisis sobre el estado de la cuestión en I+D se refiere, tanto a nivel nacional como más específicamente a nivel regional en la Comunidad de Madrid.
5. La inversión en I+D en este trabajo representa el vehículo para implantar la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid. La trayectoria en materia de inversión en I+D presenta los últimos años un estancamiento incluso declive frente a las directrices desde un punto de vista de política europea o transnacional.
6. La importancia de la inversión en I+D en el diseño de políticas que persigan el crecimiento de la productividad y la competitividad a largo plazo se plantea como uno de los ejes prioritarios en los países de la Unión Europea. Tanto es así, que uno de los objetivos de la estrategia de Lisboa fijaba un objetivo del 3% del PIB en cuanto a inversión en I+D se refiere. A este respecto, tras un análisis comparado con los países de nuestro entorno, España se sitúa en niveles del 1,13% del PIB nacional y en concreto la Comunidad de Madrid en cifras cercanas al 1,8% de su PIB, teniendo como referencia que la media en la Unión Europea es del 2%.
7. Observamos que existe una distancia significativa entre estas cifras y el objetivo del 3%, que en su día planteó la estrategia de Lisboa y no se consiguió al vencimiento de dicho plan en el año 2010. Por ello, la simulación de los impactos de política en materia de inversión en I+D realizados en esta tesis van dirigidos a simular el objetivo marcado por el VII Programa Marco de Investigación de la Unión Europea para el

periodo 2007-2013, si bien, se ha incorporado en el MEGA dinámico un horizonte temporal más amplio, con el fin de alcanzar dicho objetivo de forma más gradual y observar la tendencia en el largo plazo.

8. Tanto en el modelo SAM lineal como en el MEGA dinámico se ha simulado el impacto de aumentar la inversión en I+D en la cuantía resultante entre el objetivo del 3% planteado por el VII Programa Marco de Investigación de la Unión Europea y el 1,8% existente en la Comunidad de Madrid en el año 2005, que es el año de referencia en la SAMMAD_05.

En el *capítulo tercero* se han expuesto los fundamentos teóricos de algunos de los modelos multisectoriales de simulación de impactos, concretamente los modelos SAM lineales y los Modelos de Equilibrio General Aplicados, tanto estáticos como dinámicos.

1. Con el fin de poder sentar las bases teóricas de la posterior modelización realizada en la parte empírica de la tesis, se ha repasado brevemente la Teoría del Equilibrio General desde sus antecedentes, Cournot (1838) y Walras (1874). Estos autores expusieron la idea fundamental en la que se basa un problema de equilibrio general, la igualdad entre oferta y demanda. Posteriormente, Walras condensó por primera vez en un sistema de ecuaciones el funcionamiento de todos los agentes individuales (consumidores y empresas) de una economía de mercado. Gracias a los trabajos de Hicks (1939), con la extensión de los métodos matemáticos en economía, se realizaron importantes aportaciones al problema de la existencia de equilibrio, que culminaron en el modelo formulado por Arrow y Debreu (1954). El desarrollo de programas informáticos (como GAMS) ha supuesto el paso definitivo para llevar a la práctica la Teoría del Equilibrio General.

2. Se ha considerado oportuno para el desarrollo de la tesis recordar el origen de las Matrices de Contabilidad Social: las tablas Input-Output. Concretamente, en estas tablas se describen los flujos tanto de bienes y servicios como de factores productivos entre las distintas ramas de actividad, registrando las transacciones entre ramas, con los factores primarios y con los demandantes finales. La diferencia entre las matrices de contabilidad social y las tablas Input-Output reside en que las primeras se obtienen ampliando la información de las tablas Input-Output con la información de los flujos económicos del resto de sectores de la economía, con lo que se consigue el cierre del flujo circular de la renta.
3. Desde un punto de vista operativo hay que destacar que una matriz de contabilidad social es una base de datos que contiene todos los flujos de bienes, servicios y renta entre todos los agentes de una economía que se producen durante un año. Siguiendo las directrices del Sistema Europeo de Cuentas (SEC95) se ha construido SAMMAD_05. Esta matriz consiste en una base de datos desagregada al objeto de poder desarrollar el análisis del impacto de la inversión en I+D para implantar la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid.
4. Existen dos tipos de análisis cuyo núcleo depende de la estimación previa de la matriz de contabilidad social (base de datos): los que se realizan con modelos lineales de equilibrio general (también llamados modelos SAM lineales) y los que se realizan con modelos de equilibrio general aplicado (llamados MEGAs). En el caso de los modelos lineales es posible estudiar los efectos sobre las variables endógenas de un cambio en una magnitud exógena, a través de los multiplicadores lineales. Los MEGAs son modelos más sofisticados, tienen una mayor exigencia de información relevante y requieren un software específico para su realización. Estos modelos completan los modelos de multiplicadores valorando, por ejemplo, los efectos sobre

el bienestar de los consumidores, la distribución de la renta o el impacto sobre las principales macromagnitudes de una economía.

Disponer de una base de datos adecuada a los modelos de simulación descritos en el *capítulo tercero* es un requerimiento fundamental para poder aplicarlos. Por ello, en el *capítulo cuarto*, se ha estimado la Matriz de Contabilidad Social de la Comunidad de Madrid del año 2005, que aparece recogida en la **Tabla 12**, lo que supone un avance respecto a la matriz más reciente publicada para la región, hasta la fecha, que corresponde al año 2002. Así, se ha conseguido el *segundo objetivo* de esta tesis: la elaboración de la base de datos, la SAMMAD_05. Con el fin de ofrecer unos resultados de simulación consistentes se ha realizado la labor de recogida de información de fuentes fiables relativas al marco Input-Output de la Comunidad de Madrid, la contabilidad regional, información sectorial, I+D y otros agregados macroeconómicos procedentes de la estadística oficial. El resultado del uso de estos datos conduce a modelos que son actuales, consistentes y complementarios.

Con la información contenida en dicha base de datos, la SAMMAD_05, se ha conseguido, como parte del *tercer objetivo*, un primer modelo multisectorial, el Modelo de Equilibrio General Lineal. Este Modelo de Equilibrio General Lineal ha sido elaborado asimismo en el *capítulo cuarto*, y con él se ha simulado el impacto de inversión en I+D sobre el conjunto de la economía canalizado a través de los ocho sectores seleccionados. La simulación del impacto se ha realizado mediante la inyección de un shock de inversión en I+D de cuantía equivalente al 1,2% del PIB de la Comunidad de Madrid del año 2005. Esta cuantía tiene como finalidad completar el desfase existente entre el 1,8% de la Comunidad de Madrid y el nivel del 3% como estrategia del VII Programa Marco de la Unión Europea.

Los ocho sectores seleccionados por presentar un vínculo especial con la Bioeconomía son los siguientes: Material Electrónico, Material Eléctrico, Máquinas de Oficina y Precisión, Alimentación, Productos Farmacéuticos, Comunicaciones, Servicios a Empresas y Educación, concluyendo que:

1. Según los resultados mostrados por el modelo lineal elaborado en el *cuarto capítulo*, el efecto que tendría un shock de inversión en I+D es positivo tanto para los receptores directos como para el resto.
2. En el caso de los ocho sectores seleccionados como receptores directos experimentan, como es lógico, los mayores incrementos, pero los efectos se trasladan también a las ramas no receptoras y en algunos casos tales incrementos en el output final superan incluso los de alguna rama receptora directa.
3. Respecto a los multiplicadores de empleo analizados se observan valores relativamente más elevados en los empleos ligados al sector **Servicios a Empresas**. En general, se aprecia cierta coherencia entre los efectos absorción y difusión del resto de ramas receptoras directas. Se observa que las ramas **Educación, Alimentación y Comunicaciones** se sitúan por encima de **Material Eléctrico, Material Electrónico, Máquinas de Oficina y Precisión y Productos Farmacéuticos**, en cuanto a sus efectos sobre el empleo.

En aras de completar el *tercer objetivo*, que consistía en construir dos modelos de simulación de impactos, y basándonos en el marco teórico de los Modelos de Equilibrio General dinámicos, en el *quinto capítulo* se ha elaborado dicho segundo modelo adecuado tanto al fenómeno que nos proponemos estudiar, la Bioeconomía y la inversión en I+D, como a la región estudiada, la Comunidad de Madrid. Para ello, destacamos las siguientes conclusiones:

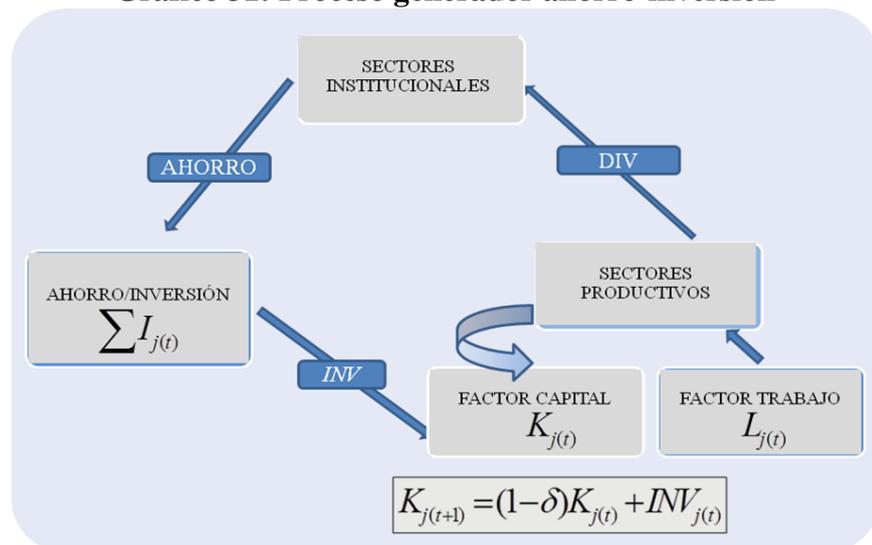
1. A la hora de captar el comportamiento de los agentes representativos a través de sus programas de optimización, nos encontramos con diversos enfoques con relación a las hipótesis bajo las cuales los agentes toman sus decisiones de optimización intertemporales. A este respecto se ha optado en esta tesis por la hipótesis de las expectativas

racionales, para describir el comportamiento de los agentes del modelo, frente a la alternativa de las expectativas adaptativas.

2. La hipótesis empleada en esta tesis, el supuesto de las expectativas racionales, plantea una dinámica en la toma de decisiones de los agentes marcada por el perfecto conocimiento sobre el estado pasado, presente y futuro de las principales variables y parámetros de la economía. Precisamente la principal ventaja de este planteamiento radica en este perfecto conocimiento de las principales variables del la economía, ya que permiten modelizar el comportamiento de los agentes respecto a dos horizontes temporales: las decisiones intratemporales y las decisiones intertemporales, tal y como ha quedado recogido en el modelo descrito en el *capítulo quinto*.

3. Una conclusión relevante sobre la dinámica del modelo, basado en ese caso en la hipótesis de las expectativas racionales, se centra en el proceso generador del ahorro-inversión. Se trata de uno de los aspectos clave que más interés nos ha suscitado, en relación al paso de un período a otro.

Gráfico 31: Proceso generador ahorro-inversión



Fuente: Elaboración propia

4. En el gráfico anterior se pretende mostrar una visión simplificada de dicho proceso. Con el transcurso del tiempo, el factor capital sufre una depreciación de un periodo a otro, y al mismo tiempo aumenta a través de la inversión productiva ($INV_{j(t)}$) que procede del ahorro agregado de los sectores institucionales.
5. El planteamiento del MEGA dinámico bajo la hipótesis de las expectativas racionales está avalado por su aplicación en los trabajos científicos que aparecen en la literatura especializada y el hecho de existir una modelización alternativa, bajo la hipótesis de las expectativas adaptativas, nos abre otra vía para realizar futuros trabajos de investigación y comparar los resultados obtenidos bajo el planteamiento de expectativas racionales.
6. La hipótesis alternativa para formular un MEGA dinámico, y que se hubiera podido emplear también para elaborar la modelización que nos propusimos, fue la hipótesis de las expectativas adaptativas. Este planteamiento articula una dinámica recursiva en la evolución de la economía, es decir, supone un comportamiento “miope” en la toma de decisiones de los agentes.
7. La metodología aplicada en los modelos elaborados en esta tesis se podría hacer extensible a cualquier otra región y a cualquier otra simulación de impactos de política económica. Si la inversión en I+D se considera uno de los primeros pasos a dar para implantar la Bioeconomía, en una segunda etapa de podrían afrontar acciones, cuyo análisis y medición a priori son deseables, como podría ser la medición de impactos ambientales, en relación con áreas como el transporte, la energía, la desertificación o el cambio climático. El modelo desarrollado posee una gran capacidad para la simulación por su flexibilidad en cuanto al periodo temporal que se desee analizar, el

tipo de shock que se desee aplicar o la base de datos que emplee como referencia.

Una vez definidos los pilares sobre los que se asienta la Bioeconomía y su vínculo con la inversión en I+D, tras haber construido la base de datos, adecuada tanto al fenómeno a estudiar como a la región madrileña, y después de haber construido el modelo SAM lineal y el MEGA dinámico, conseguimos el **cuarto objetivo** de esta tesis simulando y cuantificando el impacto del 1,2% del PIB de la Comunidad de Madrid en inversión en I+D, mediante el MEGA dinámico.

En el corto plazo se produce un exceso de demanda agregada que provoca una subida generalizada de los tipos de interés lo que induce a sustituir consumo presente por ahorro, con lo que en el medio plazo el consumo cae. El mecanismo de ajuste se produce a través de elevación de los precios, ya que en el largo plazo se alcanza un nuevo equilibrio con precios más altos, niveles de producción nominal más elevados, una subida del consumo y del PIB nominal.

Cabría plantearse, en futuras investigaciones, si el efecto crowding-out provocado por el aumento del gasto de inversión se podría complementar con políticas destinadas a contrarrestar el efecto desplazamiento sobre la inversión privada.

En un análisis comparado se ha observado que el efecto sobre la demanda final de los sectores simulado tanto con el modelo SAM lineal como con el MEGA dinámico produce efectos similares tanto en cuantía como en el signo positivo de variación de la misma. Sin embargo cabe reseñar que los efectos simulados a través del modelo lineal se sitúan ligeramente por encima.

Los resultados presentados muestran cómo los dos modelos empleados para la simulación del efecto de una política expansiva de la inversión en I+D poseen un impacto positivo sobre los principales agregados macroeconómicos relacionados con

la producción, el consumo y los precios en el largo plazo. Todo ello revertiría en una evolución positiva del PIB de la Comunidad de Madrid.

Mediante la aplicación de ambos modelos se ha comprobado cómo los dos sugieren que la inversión en I+D, como herramienta de política económica, produce efectos similares sobre los principales indicadores macroeconómicos, si bien el MEGA dinámico mejora la capacidad de simulación del modelo lineal al mostrar los efectos en el corto y medio plazo y la dinámica de transición hacia el equilibrio en el largo plazo.

El análisis a través de modelos dinámicos posee una gran capacidad de análisis de impactos y de escenarios para el medio y largo plazo a nivel sectorial y regional, pudiendo hacerlo extensible al ámbito nacional e incluso al multinacional comparado, teniendo en cuenta la dinámica de las interacciones entre los mercados y agentes. Las simulaciones de política con estos modelos proporcionan resultados detallados sobre una gran cantidad de variables macroeconómicas y sectoriales.

Tras elaborar en este trabajo simulaciones de inversión en I+D mediante modelos multisectoriales complejos, se ha observado que dicha tarea requiere precisión, detalle, tiempo y esfuerzo.

Una posible ampliación del MEGA dinámico consistiría en desagregar del factor productivo capital la componente asociada a la I+D de cada sector productivo, de modo que esto nos permitiría valorar el impacto económico derivado de una mejora de dicho componente.

Para finalizar estas conclusiones se ha considerado adecuado realizar una breve reflexión respecto a la crisis financiera y económica que afecta a España en los últimos años y que ha traído consigo un conjunto de políticas restrictivas que presentan el riesgo de ralentizar, e incluso frenar el crecimiento económico. Si trasladamos este análisis al caso de la inversión en I+D, para implantar la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid, al formar parte ésta de una medida de

impulso de la inversión, cabe la posibilidad de que no se contemple dentro de las políticas en un horizonte temporal a corto plazo, ya que existen situaciones que probablemente se hayan de atender de manera prioritaria.

Bajo una perspectiva a largo plazo, y como un ejercicio de responsabilidad hacia el modo en que se gestionan los recursos, ya sean naturales, humanos o económicos, el trabajo de investigación que se ha desarrollado con la presente tesis plantea una visión aplicada, agregada, multisectorial y dinámica que bien puede servir de herramienta para efectuar simulaciones de política regional, en el contexto de unas directrices de política económica y financiera marcadas por la Unión Europea. Por ello subrayamos la reciente comunicación de la Comisión Europea⁵⁸ al Fondo económico y social de Febrero de 2012. La crisis transformará la economía y la sociedad, aprenderemos a adaptarnos a situaciones nuevas ya que todo lo que nos rodea está en constante evolución.

Por todo lo expuesto, consideramos que el esfuerzo inversor en I+D simulado en esta tesis está destinado a aportar valor a procesos, productos y servicios y a promover la integración de aplicaciones de muy diversos ámbitos, desde el sector primario, pasando por la industria, hasta alcanzar la salud humana, mediante la integración de aplicaciones biotecnológicas. De este modo, la Bioeconomía, desde un punto de vista socioeconómico, puede contribuir a la mejora de la salud humana, incrementar la productividad agrícola y los procesos industriales y potenciar la sostenibilidad ambiental. El planteamiento de una estrategia inversora en I+D en este sentido conduciría a implantar la Bioeconomía en la Comunidad de Madrid en un horizonte temporal razonable mostrando efectos positivos sobre variables macroeconómicas tales como la producción, el consumo y el PIB.

⁵⁸ Comisión Europea (2012).

BIBLIOGRAFÍA

- ABEL, A.B., BERNANKE, B.S. (2001): *Macroeconomía*, Ed. Pearson.
- ACCINELLI, E., SANCHEZ, E. (2007): Unicidad del equilibrio de Nash-Cournot bajo correspondencias contractivas de mejor respuesta. *EconoQuantum*, Vol. 4, nº 1, p.43-57.
- ADAMS, J. (1990): Fundamentals Stock of Knowledge and Productivity Growth, *Journal of Political Economy*, vol. 98, no 4 (Aug. 1990), p. 673-702.
- ADAMS, P., PARMENTER, B. (1995): An applied general equilibrium analysis of the economic effects of tourism in a quite small, quite open economy, *Applied Economics*, 27, p. 985-994.
- ADELMAN H. et al. (1979): A comparison of two models for Income distribution planning, *Journal of Policy Modeling*, 1, p. 37-82.
- ADELMAN, H., ROBINSON, S. (1978): *Income distribution policy in developing countries*, California: Stanford University.
- AGUILERA, F., ALCÁNTARA V., (1994): *De la economía ambiental a la economía ecológica*. CIP-Ecosocial.
- ARCHIBALD, R., PEREIRA, M. (2003): Effects of public and private R&D on private-sector performance in the United States, *Public Finance Review*, 31 (4), 429-451.
- ANDRÉ, F., CARDENETE, M.A., ROMERO, C. (2008): Using Compromise Programming for Macroeconomic Policy Making in a General Equilibrium Framework: Theory and Application to the Spanish Economy, *Journal of Operational Research Society*, 59, 7, p. 875-884.
- ANDRÉS, J., BURRIEL, P., ESTRADA, A. (2006): BEMOD: A DSGE model for the spanish economy and the rest of the euro area, *Banco de España, Eurosistema*, DT., nº 0631, p. 5-98.
- ANDRÉS, J., DOMÉNECH, R. (2006): Automatic Stabilizers, Fiscal Rules and Macroeconomic Stability, *European Economic Review*, 50 (6), p. 1487-1506.
- ARMINGTON, P. (1969): A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production, *International Monetary Fund Staff Papers*, 16, p. 159-176.
- ARROW, K. (1951): An extension of the basic theorems of classical welfare economics, *Proceedings of the second Berkeley Symposium*, Berkeley, p. 507-532.
- ARROW, K. HAHN, F. (1971): *General Competitive Analysis*, Oliver and Boyd.
- ARROW, K., DEBREU, G. (1954): Existence of an equilibrium for a competitive economy, *Econometrica*, 22, 3, p. 265-290.

ARROW, K., STARRETT, D. (1973): Cost and demand theoretical approaches to the theory of price determination, |en| HICKS, J, WEBER, W. Carl Menger and the Austrian School of Economics, London: Oxford University Press.

BAJO, O., GÓMEZ-PLANA, A.G. (2005): Simulating the effects of the European Single Market: A CGE analysis for Spain, *Journal of Policy Modeling*, 27, p.689-709.

BALDWIN, R., VENABLES, A. (1995): Regional economic integration. |en| GROSSMAN, G., ROGOFF, K. *Handbook of international economics*. Amsterdam: North Holland.

BALLARD, C. et al. (1985): *A general equilibrium model for tax policy evaluation*, Chicago: Chicago University Press.

BARRO, R. J., SALA-I-MARTIN, X. (2004): *Economic Growth*, segunda edición. Cambridge, Mass: The MIT Press.

BERGMAN, L. (1990): Energy and environmental constraint on growth: A CGE modelling approach, *Journal of policy modelling*, 12, 4, p. 671-691.

BINMORE, K. (1996): *Teoría de Juegos*. Madrid: Mc Graw Hill, 1996.

BLANCHARD, J.O., KAHN, CH.M. (1980): The solution of linear difference models under rational expectations, *Econometrica* 48 (Julio): p. 1305-1311.

BLANCHARD, O.J., FISHER, S. (1998): *Lectures on Macroeconomics*, The MIT Press, London, England.

BOADWAY, R., TREDDENIC, J. (1978): A General Equilibrium Computation of the Effects of the Canadian Tariff Structure, *The Canadian Journal of Economics*, 11, 3, p. 424-446.

BÓGALO, J., QUILIS, E.M. (2011): *Un modelo de generaciones solapadas: simulación de la reforma del sistema de pensiones de España*. Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Análisis Macroeconómico y Economía Internacional. Documento de trabajo 2011/4. Diciembre 2011.

BONANNO, G. (1990): General Equilibrium Theory with Imperfect Competition, *Journal of Economic Surveys*, 4, 4, p. 297-328.

BOR, Y.J., CHUANG, Y.C., LAI, W.W., YANG, C.M. (2010): A dynamic general equilibrium model for public R&D investment in Taiwan, *Economic Modelling*, 27, p. 171-183.

BOSCÁ, J.E., DÍAZ, A., DOMÉNECH, R., FERRI, J., PÉREZ, E., PUCH, L. (2010): A rational expectations model for simulation and policy evaluation of the Spanish economy, *SERIEs - Journal of the Spanish Economic Association*, Vol. 1, p. 135-169.

BROWN, D., DEMARZO, P., EAVES, B. (1996): Computing Equilibria when Asset Markets are Incomplete, *Econometrica*, 64, 1, p. 1-27.

BUESA, M., MARTÍNEZ, M., HEIJS, J., BAUMERT, T. (2002): Los sistemas regionales de innovación en España. Una tipología basada en indicadores económicos e institucionales, *Economía industrial*, nº 347, p.15-32.

CÁMARA, A, MEDINA, A., MONROBEL, J.R., (2010): *Evolución de la estructura económica de la Comunidad de Madrid en el quinquenio 2000-2005*. XXXVI Reunión de Estudios Regionales, Badajoz – Elvas.

CÁMARA, A. (2008): *Estimación de la Matriz de Contabilidad Social de la Comunidad de Madrid para el año 2000: Análisis del impacto de los Fondos Europeos 2000-2006 en la región aplicando la metodología de multiplicadores lineales*, Madrid: Comunidad de Madrid, Consejería de Economía y Hacienda.

CAMERON, G. (1998): *Innovation and Growth: a Survey of the Empirical Evidence*, mimeo, Nuffield College, Oxford, July 2000.

CAMERON, G. (2000): *R&D and Growth at the Industry Level*, mimeo, Nuffield College, Oxford, January 2000.

CANSINO, M., CARDENETE, M.A., ROMÁN, R. (2007): Regional evaluation of a tax on the retail sales of certain fuel through a social accounting matrix, *Applied Economic Letters*, 77, p. 107-124.

CARDENETE, M. A., SANCHO, F. (2003): Evaluación de multiplicadores contables en el marco de una matriz de contabilidad social regional, *Investigaciones Regionales*, nº 2, p. 121-139.

CARDENETE, M. A., FUENTES, P., POLO, C. (2009): Impuestos ambientales y su efecto distorsionante en las economías regionales: Una aproximación mediante un modelo de equilibrio general aplicado. [en]. CADARSO, M., CÓRCOLES, C., DEJUÁN, O. *Cambio estructural y desarrollo sostenible*, Albacete: DAEF.

CARDENETE, M. A., FUENTES, P., POLO, C. (2009): Sectores clave de la economía andaluza a partir de la matriz de contabilidad social regional para el año 2000, *Revista de estudios regionales*, nº 88, p. 15-44.

CARDENETE, M.A. (2004): Evaluación de una reducción de las cuotas empresariales a la Seguridad Social a nivel regional a través de un modelo de equilibrio general aplicado: el caso de Andalucía, *Estudios de Economía Aplicada*, 22, 1, p. 99-113.

CARDENETE, M.A. (2009): Los modelos de equilibrio general aplicado: una revisión de los principales campos de aplicación a nivel internacional, *Revista de Economía Mundial*, 23, p. 73-100.

CARDENETE, M.A., LLOP, M. (2005): Modelos Multisectoriales de Equilibrio General Aplicado en España: una Revisión, *Estudios de Economía Aplicada*, 23, 2, p. 385-404.

CARDENETE, M.A., SANCHO, F. (2003): An applied general equilibrium model to assess the impact of national tax changes on a regional economy. *Review of Urban and Regional Development Studies*, vol. 15, 1. p. 55-65.

CARDENETE, M.A., SANCHO, F. (2003): Evaluación de multiplicadores contables en el marco de una matriz de contabilidad social regional, *Investigaciones Regionales*, 2, p. 121-139.

CARDENETE, M.A., SANCHO, F. (2006): Elaboración de una matriz de contabilidad social a través del método de entropía cruzada: España 1995. *Estadística Española*, 48, 161, p. 67-100.

CASARES, M. (2001): *Dynamic analysis in an optimizing monetary model with transaction costs and endogenous investment*, Working Paper 49, European Central Bank.

CHISARI, O. (2007): Política microeconómica y equilibrio general computado, *Seminario IEF-UNC*.

CHOW, G., (1997): *Dynamic Economics. Optimization by the Lagrange Method*. New York, Oxford: Oxford University Press.

COE, D., HELPMAN, E. (1995): International R&D Spillovers, *European Economic Review*, 39, p. 859-887.

COLLADO, J. C., ALONSO, E., SÁEZ, A., GAGO, D. (2003): *La economía de la Comunidad de Madrid según la tabla input-output de 2000*, Madrid: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica.

COMISIÓN EUROPEA (2011): Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo. *Disposiciones comunes relativas al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, al Fondo Social Europeo, al Fondo de Cohesión, al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural y al Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca, incluidos en el Marco Estratégico Común, y por el que se establecen disposiciones generales relativas al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, al Fondo Social Europeo y al Fondo de Cohesión y se deroga el Reglamento (CE) n° 1083/2006*. COM (2011) 615. Bruselas 6.10.2011.

COMISIÓN EUROPEA (2012): Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. COM (2012) 60. *La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa*. Bruselas 13.2.2012.

COMUNIDAD DE MADRID (2005): *La Comunidad de Madrid. Prospectiva 2015*. Madrid: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica.

COTEC (2010): *Informe Cotec: Tecnología e Innovación en España, 2010*, Fundación COTEC, Madrid.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION (2006): Contribution of the Competitiveness Council to the Spring European Council 2006, 7281/1/06, REVI, 14 March 2006, Brussels.

CURBELO, J. L. (1988): Crecimiento y Equidad en una Economía Regional Estancada: el Caso de Andalucía (Un Análisis en el Marco de las Matrices de Contabilidad Social), *Investigaciones Económicas*, 12, 3, p. 501-518.

CURBELO, J. L. (1988): Crecimiento y Equidad en una Economía Regional Estancada: el Caso de Andalucía (Un Análisis en el Marco de las Matrices de Contabilidad Social), *Investigaciones Económicas*, 2ª Época, Vol. 12, nº 3, p. 501-518.

DE HAAN, H. (1994): Kaleckian computable general equilibrium models: an evolutionary perspective, *The Political Economy of Diversity*. Ed. Delome, R. y Dopfer, K., Edward Elgar, Aldershot.

DE MIGUEL, F. J. (2003): *Matrices de contabilidad social y modelización del equilibrio general: una aplicación para la economía extremeña*. Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura.

DE MIGUEL, F.J., MANRESA, A. (2008): Removal of farm subsidies in a regional economy: a computable general equilibrium analysis, *Applied Economics*, 40 (16-18), p. 2109-2120

DE MIGUEL, F. J., MANRESA, A., RAMAJO, J. (1998): Matriz de contabilidad social y multiplicadores contables: una aplicación para Extremadura, *Estadística Española*, 40 (143), p. 195-232.

DE MIGUEL, F.J., CARDENETE, M.A., PÉREZ, J. (2009): Effects of the tax on retail sales of some fuels on a regional economy: a CGE approach, *Annals of Regional Science*, 43, p. 781-806.

DEARDORFF, A., STERN, R. (1979): An economic analysis of the effects of the Tokio Round of multilateral trade negotiations on the United States and the other major industrialized countries, *MTN Studies 5*, U.S. Government Printing Office, Washington.

DEBREU, G. (1952): A Social equilibrium existence theorem, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 38, p. 886-893.

DEBREU, G. (1959): *The theory of Value. An axiomatic analysis of economic equilibrium*, Cowles Foundation.

DEFOURNY, J., THORBECKE, E. (1984): Structural Path Analysis and Multiplier Decomposition within a Social Accounting Matrix Framework, *The Economic Journal*, nº 94, p. 111-136.

DELOME, R., DOPFER K. (1994): *The political economy of diversity*, Aldershot: Edward Elgar.

DERVIS, K., DE MELO, J., ROBINSON, S. (1982): *General equilibrium models for development policy*, New York: Cambridge University Press.

DIETZENBACHER, E. (1992): The measurement of interindustry linkages: Keysectors in The Netherlands, *Economics Letters*, 33, p. 337-340.

DIETZENBACHER, E. (2000): Spillovers of Innovation Effects, *Journal of Policy Modeling*, 22(1): 27-42. Society for Policy Modeling, Elsevier Science Inc.

DIXON, P. et al. (1982): *ORANI: A multisectoral model of the Australian economy*, Amsterdam: North Holland.

DOLADO, J., FELGUEROSO, F. (2007): El mercado laboral en la Comunidad de Madrid: limitaciones a la convergencia con las regiones más avanzadas de la UE. *Economistas*, 25, 111, p.345-353.

EDGEWORTH, F.Y. (1881): *Mathematical psychics*, Kegan Paul & Co., London.

EMINI, C., FOFACK, H. (2004): Construction of a social accounting matrix for the integrated macroeconomic model for poverty analysis, *World Bank Policy research working paper*, 3219, p. 1-49.

FAEHN, T., GÓMEZ-PLANA, A.G., KVERNDOKK, S. (2005): *Can a carbon permit system reduce Spanish unemployment?*, Discussion Paper, 410. Statistics Norway. Research Department.

FERABOLI, O., (2007): Preferential Trade Liberalisation, Fiscal Policy Responses and Welfare: A Dynamic CGE Model for Jordan, *Journal of Economics and Statistics*, Vol. 227, nº 4, p.335-357.

FERNÁNDEZ, J., GONZÁLEZ, P. (2004): Matrices de Contabilidad Social: Una panorámica, *Ekonomiaz*, 57, 3, p. 132-163.

FERNÁNDEZ, M., POLO, C. (2001): Una nueva matriz de contabilidad social para España: la SAM-90, *Estadística Española*, 43 (148), p. 281-311.

FERRI, F. J., URIEL, E. (2000): Multiplicadores contables y análisis estructural en la matriz de contabilidad social. Una aplicación al caso español, *Investigaciones Económicas*, 24 (2), p. 419-453.

- FERRI, J., GÓMEZ-PLANA, A.G., A., MARTÍN, J. (2001): *General equilibrium effects of increasing immigration: The case of Spain*, Documentos de trabajo, 01-02, Universidad de Valencia.
- FERRI, J., GÓMEZ, A., MARTÍN, J. (2002): *International immigration and mobility across sectors: an exploration of alternative scenarios for Spain.*, Documentos de trabajo, 16, Universidad Pública de Navarra.
- FLORES, M., MAINAR, A. (2009): Matriz de contabilidad social y multiplicadores contables para la economía aragonesa, *Estadística española*, 51 (172), p. 431-469.
- FLORES, M., MAINAR., (2009): Matriz de Contabilidad Social y multiplicadores contables para la economía aragonesa. *Estadística Española*, vol. 51, 172, p. 431-469.
- KNIGHT, F. (1944): Diminishing returns from investment. *Journal of Political Economy*, Vol. 52. 1, p. 26–47.
- FUENTES, P. (2008): *Modelos multisectoriales para la evaluación de políticas medioambientales. Una aplicación a la Economía Andaluza*, Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.
- GABSZEWICZ, J., VIAL, J. (1972): Oligopoly à la Cournot in a general equilibrium analysis, *Journal of Economic Theory*, 4, p. 381-400.
- GARCÍA, A. S., MORILLAS, A., RAMOS, C. (2008): Key Sectors: A New Proposal from Network Theory, *Regional Studies*, Vol. 42.7, p. 1013–1030
- GARRIDO, R. (2007): La economía de Madrid: un futuro de oportunidades, *Libros de Economía y Empresa*, 1, p. 21-24.
- GEORGESCU-ROEGEN, N., (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press.
- GEORGESCU-ROEGEN, N., (1976): *Bioeconomics, a New Look at the Nature of Economic Activity*, Michigan Business Papers.
- GHOSH, A. (1958): Input-output approach to an allocation system, *Economica*, 25, p. 58-64.
- GINSBURGH, V., KEYZER, M. (2002): *The structure of applied general equilibrium models*, Cambridge: MIT Press.
- GOLAN, A, JUDGE, G., ROBINSON, S. (1994): Recovering information from incomplete or partial multisectoral economic data, *Review of Economics and Statistics* 76, p. 541-549.
- GOLDEN, I, KNUDSEN, O. (1992): *Modelling the effects of agricultural trade liberalization of developing countries*, Washington: Banco Mundial-OCDE.

GÓMEZ-PLANA, A.G. (1998): *Efectos del Mercado Único Europeo sobre la economía española: Un análisis a través de un modelo de equilibrio general aplicado*, Tesis doctoral, Universidad Pública de Navarra.

GÓMEZ-PLANA, A.G. (1999): Efectos de los impuestos a través de un modelo de equilibrio general aplicado para la economía española, *Papeles de Trabajo, Instituto de Estudios Fiscales*, 4.

GÓMEZ-PLANA, A.G. (1999): GAMS/MPSGE: Un sistema para la resolución de modelos de equilibrio general aplicado, *Revista de Economía Aplicada*, 19, p. 171-183.

GÓMEZ-PLANA, A.G., BAJO, O. (2001): *Reducing social contributions on unskilled labour as a way of fighting unemployment: An empirical evaluation for the case of Spain*, Documentos de trabajo, 0102, Lan Gaiak Departamento de Economía, Universidad Pública de Navarra.

GÓMEZ-PLANA, A.G. (2002): Simulación de políticas económicas: Los modelos de equilibrio general aplicado, *Papeles de Trabajo, Instituto de Estudios Fiscales*, 35.

GÓMEZ-PLANA, A.G., (2007): Política medioambiental y sustitución tecnológica entre *inputs*, *Hacienda Pública Española / Revista de economía pública*, 181/2:9-28.

GÓMEZ-PLANA, A.G., PASCUAL, P. (2011): Fraude fiscal e IVA en España: incidencia en un modelo de equilibrio general, *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, Instituto de Estudios Fiscales, 199-(4/2011): 9-52.

GONZÁLEZ, M. (2006): DANTE: Un MEGA Dinámico para el control del cambio climático en España, *Ikerlanak, Departamento de Fundamentos del Análisis Económico I, University of the Basque Country. Working Paper Series: IL. 22/06*.

GRILICHES, Z. (1979): Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth, *Bell Journal of Economics*, 10(1), p. 92-116.

GRILICHES, Z. (1988): Productivity Puzzles and R&D: Another Nonexplanation, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 2, nº. 4, p. 9-21.

GROSSMAN, G., HELPMAN, E. (1991): *Innovation and growth in the global economy*, MIT Press, Cambridge.

GUELLEC, D., VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (2001): R&D and Productivity Growth: a Panel Data Analysis of 16 OECD Countries, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2001/3*, OECD Publishing.

GUELLEC, D., VAN POTTELSBERGUE DE LA POTTERIE, B. (2001): The Effectiveness of Public Policies in R&D. *Revue d'économie industrielle*, vol. 94. 1er trimestre. p. 49-68.

GUELLEC, D., VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (2003): The Impact of Public R&D expenditures on Business R&D, *Economics of Innovation and New technology*, vol. 12(3), January, p. 225-243.

GUELLEC, D., VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (2004): From R&D to Productivity Growth: Do the Institutional Settings and the Source of Funds of R&D Matter?, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 66, 3, p. 353-378.

GUERRA, A. I. (2009): A general equilibrium assessment of the “Rebound effect”: the Spanish case, Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

HALL, B. (1993): Industrial research during the 1980s: Did the rate of return fall?, *Brookings Papers on Economic Activity*, Microeconomics 2, p. 289-330.

HALL, B., MAIRESSE, J. (1995): Exploring the relationship between R&D and productivity in french manufacturing firms, *Journal of Econometrics*, 65, p. 263-293.

HALL, B., ORIANI, R. (2004): Does the Market Value R&D Investment by European Firms? Evidence From a Panel of Manufacturing Firms in France, Germany and Italy, *NBER Working Paper Series*, Working Paper no 10408, March 2004.

HEER, B., MAUSSNER, A., (2004): *Dynamic General Equilibrium Modeling*, Springer.

HERTEL, T., TSIGAS, M. (1997): Structure of GTAP, HERTEL, T. *Global trade analysis. Modeling and applications*, Cambridge: University Press, p. 13-73.

HICKS, R. (1942): *The Social Framework: An Introduction to Economics*, London: Oxford University Press.

HURTADO, S., THOMAS, C. (2010): Un modelo de equilibrio general (BEMOD) para el análisis de la economía española en la zona del euro. *Boletín Económico*, Banco de España, p. 139-146.

IECM (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid). *Contabilidad Regional de la Comunidad de Madrid 2002*.

IECM (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid). *Marco Input-Output de la Comunidad de Madrid 2002*.

IECM (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid). *Matriz de Contabilidad Social de la Comunidad de Madrid 2002*.

IECM, Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (2005): *Marco Input-Output de la Comunidad de Madrid 2005*.

IECM, Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (2005): *Contabilidad Regional de la Comunidad de Madrid 2005*.

INE (2005): *Estadística sobre actividades en investigación científica, desarrollo tecnológico, e innovación (I+D+i)*, Madrid.

INE (2010): *Estadística sobre actividades en I+D*. Notas de prensa.

IZQUIERDO, G. (2007): Los determinantes y las características del empleo en Madrid, *Economistas*, 25, 111, p. 341-344.

JOHANSEN, L. (1960): *A Multi-sectorial Studio of Economic Growth*, Amsterdam: North-Holland.

KANTOROVITCH, L. (1939): *Mathematical methods in the organization and planning of production*, Leningrado: Leningrad State University.

KEHOE, T., SERRA-PUCHE, J. (1983): A computational general equilibrium model with endogenous unemployment : An analysis of the 1980 fiscal reform in Mexico, *Journal of Public Economics*, 22, 1, p. 1-26.

KEHOE, T., WHALLEY, J. (1985): Uniqueness of equilibrium in a large scale numerical general equilibrium model, *Journal of Public Economics*, 28, 2, p. 247-254.

KEHOE, T., MANRESA, A., POLO, C.; SANCHO, F. (1988): Una Matriz de Contabilidad Social de la Economía Española, *Estadística Española*, 30, 117, p. 5-33.

KEHOE, T., MANRESA, A., POLO, C., SANCHO, F (1989): Un análisis de equilibrio general de la reforma fiscal de 1986 en España, *Investigaciones Económicas*, 13, 3, p. 337-385.

KEHOE, T., NOYOLA, P. (1991): Un modelo de equilibrio general para el análisis de la emigración urbana en México, *Cuadernos del ICE*, 48, p. 215-237.

KELLER, W. (1980): *Tax Incidence: a general equilibrium approach*, Amsterdam: North-Holland.

KOOPMANS, T. (1947): Computing utilization of the transportation system, *Proceedings of the international statistical conferences*, Washington.

KOOPMANS, T. (1980): *Tres ensayos sobre el estado de la ciencia económica*. Antoni Bosch.

LANDA, J.T., GHISELIN, M.T. (1999): The emerging discipline of bioeconomics: aims and scope of the Journal of Bioeconomics, *Journal of Bioeconomics* 1: 5-12. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

LAU, M., PAHLKE, A., RUTHERFORD, T.F, (1997): Modeling Economic Adjustment: A Primer in Dynamic General Equilibrium Analysis, *AAEC Classnotes*.

- LEONTIEF, W. (1941): *The Structure of American Economy, 1919-1929: an Empirical Application of Equilibrium Analysis*, Cambridge, Harvard University Press.
- LEONTIEF, W. (1966): *Input-Output Economics*, Oxford University Press, New York. (Traducción al español: *Análisis económico input-output*, Ediciones Orbis Madrid, 1988)
- LICHTENBERG, D.G. (1993): R&D Investment and International Productivity Differences, *Economic Growth in the World Economy*, Siebert H. (ed.), Mohr, Tubingen, p. 47-68.
- LICHTENBERG, D.G. VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (1998): International R&D Spillovers: a Comment, *European Economic Review*, 42, p. 1483-1491.
- LUENBERGER, D.G. (1969): *Optimization by vector space methods*, John Wiley & Sons, Inc., Stanford University, California.
- LLANES, G., MORILLA, C., CARDENETE, M.A. (2005): Estimación y actualización anual de matrices de contabilidad social: aplicación a la economía española para los años 1995 y 1998, *Estadística española*, 47, 159, p. 353-416.
- LLOP, M., MANRESA, A. (1999): Análisis de la economía de Cataluña (1994) a través de una Matriz de Contabilidad Social, *Estadística Española*, 41, 144, p. 241-268.
- LLOP, M. (2001): *Un análisis de equilibrio general de la Economía catalana*, Tesis doctoral, Universitat de Barcelona.
- LLOP, M., MANRESA, A., DE MIGUEL, F.J. (2002): Comparación de Cataluña y Extremadura a través de Matrices de Contabilidad Social. *Investigaciones económicas*, vol. XXVI (3), 2002, 573-58.
- LLOP, M., MANRESA, A. (2003): Análisis de multiplicadores lineales en una economía regional abierta, Documento de Trabajo nº 21, *Fundación Centro de Estudios Andaluces*.
- LLOP, M., MANRESA, A. (2004): The general equilibrium effects of social security contributions under alternative incidence assumptions, *Applied Economics Letters*, 11, p. 847-850.
- LLOP, M., MANRESA, A. (2007): Analysis of linear multipliers in an open regional economy, *Regional Studies*, 41, p. 421-428.
- LUCAS, R.E. (1972): Expectations and the neutrality of money, *Journal of Economic Theory*, 4, p. 103-124.

MALTHUS, T.R. (1798): First Essay on the Principle of Population. Reprinted for the Royal Economic Society and published by McMillan & Co. Ltd, (1926).

MANKIW, G., ROMER, D. AND WEIL, D. (1992): A Contribution to the Empirics of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407-437.

MANRESA, A., POLO, C., SANCHO, F. (1988): Una evaluación de los efectos del IVA mediante un modelo de producción y gasto de coeficientes fijos. *Revista Española de Economía*, 5, p. 45-64.

MANSUR, A., WHALLEY, J. (1984): Numerical specification of applied general equilibrium models: estimations, calibrations, and data. |en| SCARF, H.E, SHOVEN, J. B. *Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press, p. 69-127.

MARTÍNEZ, J. (1999): *Introducción a la economía ecológica*, Ed. Rubes, Madrid.

MARTÍNEZ, J., ROCA, J. (2000): *Economía Ecológica y Política Medioambiental*, (México, Fondo de Cultura Económica).

MAS-COLELL, A. (1994): *La teoría del equilibrio económico general: un enfoque diferenciable*, Madrid: Fundación Argentaria. (Traducción A. Manresa)

MAYUMI K., GOWDY, J.M. (1999): *Bioeconomics and Sustainability: essays in honor of Nicholas Georgescu-Roegen*, (Massachusetts, Edward Elgar Publishing Limited):

MILLER, M., SPENCER, J. (1977): The static economic effects of the UK. Joining the E.E.C.: A general equilibrium Approach, *Review of Economic Studies*, 44,1, p. 71-93.

MONROBEL, J. (2010): *Elaboración de un modelo de equilibrio general aplicado a la Comunidad de Madrid. Estimación del impacto de los fondos europeos 2007-2013 en la economía de la región*. Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos de Madrid.

MONROBEL, J., CÁMARA, A., MARCOS, M. (2011): *Modeling European Regional Policy 2007-2013: Applied General Equilibrium Analysis of the Economic Impact on the Madrid Region*, European Planning Studies, (forthcoming).

MONTALVO, C. (2002): *Environmental Policy and Technological Innovation. New Horizons in the economics of innovation*, (UK, Edward Elgar).

MORLEY, S., PIÑEIRO, V., ROBINSON, S., (2011): A dynamic Computable General Equilibrium Model with working capital for Honduras. *IFPRI Discussion Paper 01130*. P10.

MUTH, J.F. (1961): Rational Expectations and the theory of Price Movements, *Econometrica*, Vol. 29, n.3.

- NADIRI, I. (1993): Innovations and Technological Spillovers, *NBER Working Paper Series*, Working Paper no 4423, August 1993.
- NAREDO, J.M. (1987), *La economía en evolución*. Madrid, Siglo XXI.
- NASH, J. (1951): Non-Cooperative Games, *Annals of Mathematics*, 54, p. 286-295.
- OCDE, (2003): *Manual de Frascati*, Fundación Española Ciencia y Tecnología (FECYT), www.oecd.org.
- OECD (1993): The measurement of Scientific and Technological Activities: Standard Practice for Surveys of Research and Experimental development – *Frascati Manual 1993*, OECD, Paris.
- OECD (2006): Main Economic Indicators, www.oecd.org.
- OECD (2009): *The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda*.
- OECD (2010): *The OECD Innovation Strategy: Getting Start on Tomorrow*.
- ORDÓÑEZ, M. (2011): *Análisis de políticas medioambientales a partir de modelos multisectoriales: el caso de España*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla. Nimeo.
- O'RYAN, R., DE MIGUEL, C., MILLER, S. (2000): *Ensayo sobre equilibrio general computable: Teoría y aplicaciones*, Documento de trabajo, 73, Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile.
- PARETO, V. (1896): *Cours d'économie politique*. Lausanne.
- PARETO, V. (1909): *Manual of political economy*, New York: Kelley.
- PARIKH, K. (1994): Agricultural price policy in India: Some explorations |en| MERCENIER, J., SRINIVASAN, T. *Applied general equilibrium and economic development: Present achievements and future trends*, Michigan: University of Michigan Press, p. 65-100.
- PARK, W. (1995): International R&D Spillovers and OECD Economic Growth, *Economic Inquiry*, Vol. XXXIII, Oct. 1995, p. 571-591.
- PASSET, R. (1979): *L'économie et le vivant*. Payot. Paris.
- PATEL, P. AND SOETE, L. (1988): L'évaluation des effets économiques de la technologie, *STI Review*, n° 4, p. 133-183.
- PÉREZ, L., CÁMARA, A. (2010): Estimación de la matriz de Contabilidad Social de Aragón 2005. FUNDEAR. DT 53/2010.
- PIAZOLO, D. (1998): Investment behavior in dynamic computable general equilibrium models for transition economies, *The Kiel Institute of World Economics*, Kiel Working Paper, n.879.

- PIGGOTT, J., WHALLEY, J. (1977): General equilibrium investigation of U.K. tax subsidy policy: A progress report, ARTIS, M., NOBAY, A. *Studies in modern economic analysis* Oxford: Basil Blackwell, p. 259-299.
- POLO C., E. VALLE (2008a): A general equilibrium assessment of the impact of a fall in tourism under alternative closure rules: the case of the Balearic Islands, *International Regional Science Review*, 31, p. 3-34.
- POLO, C., E. VALLE (2008b): An assessment of the impact of tourism in the Balearic Islands, *Tourism Economics*, 14, p. 615-630.
- POLO, C., F. SANCHO (1993b): Insights or forecasts? An evaluation of a computable general equilibrium model of Spain, *Journal of forecasting*, 12, p. 437-448.
- POLO, C., F. SANCHO (1996): *Substitution of value added revenues for social security contributions*, in Economic Modelling under the applied general equilibrium approach. A. Fossati (eds). Avebury.
- POLO, C., ROLAND-HOST, D.W., F. SANCHO (1990): Distribución de la renta en un modelo SAM de la economía española, *Estadística Española*, 32, 537-567.
- POLO, C., SANCHO, F. (1993): Insights or Forecasts? An evaluation of a Computable General Equilibrium Model of Spain, *Journal of Forecasting*, 12, 5, p. 437-448.
- POLO, C., VALLE, E. (2007): Un análisis estructural de la economía balear, *Estadística Española*, 49, 165, p. 227-257.
- PORTER, M. (1990): *The Competitive Advantage of Nations*, (London, McMillan).
- PULIDO, A. (1993): *Análisis Input-Output: modelos, datos y aplicaciones*, Madrid: Pirámide.
- PYATT, G., ROUND, J. (1979): Accounting and fixed price multipliers in a social accounting matrix framework, *The Economic Journal*, nº 89, p. 850-873.
- PYATT, G., ROUND, J., EDS (1985): *Social Accounting Matrix: a basic for planning*. The World Bank, Washington, D. C.
- PYATT, G, ROUND, J. (1977): Social Accounting Matrices for Development Planning, *Review of Income and Wealth*, 23, p. 339-364.
- PYATT, G., THORBECKE, E. (1976): *Planning Techniques for a Better Future*, Geneva: International Labour Office.
- RAMSEY, F. (1928): A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal*. Vol. 38. p. 543-559.

- RASMUSSEN, P. (1956): *Studies in Inter-Sectorial relations*, Copenhagen: Einar Harks.
- RICARDO, D. (1817): *On the Principles of political Economy and Taxation*, Cambridge University Press, London (ed. 1950).
- ROBINSON, S, CATTANEO, A., EL-SAID, M. (2001): Updating and estimating social accounting matrix using cross entropy methods, *Economic Systems Research*, nº 13, Vol 1, p. 47-64.
- ROBINSON, S., ROLAND-HOST, D. (1988): Macroeconomic structure and computable general equilibrium models, *Journal of Policy Modeling*, 10, p. 353-375.
- RODRIGUES, R., LINARES, P., GÓMEZ-PLANA, A.G. (2011): Electricity and CO₂ emission impact of a residential electricity demand response program in Spain. *Estudios de Economía Aplicada*, Vol. 29-2, 2011, p. 1-36.
- RODRÍGUEZ, C., LLANES, G. (2005): Estimación anual de matrices de contabilidad social usando el método de mínima entropía: aplicación a la economía española del año 2000, *Estudios de Economía Aplicada*, Vol. 23, p. 279-302.
- ROLAND-HOLST D. (1991): Estimaciones de equilibrio general de los efectos de la eliminación bilateral de tarifas entre México y los Estados Unidos, *Cuadernos económicos del ICE*, 48, p. 197-214.
- ROLAND-HOLST, D., POLO, C., SANCHO, F. (1995): Trade liberalization and industrial structure in Spain: an applied general equilibrium analysis, *Empirical Economics*, 20, p. 1-18.
- ROMER, P. M. (1990): Endogenous technological change, *Journal of Political Economy*, vol. 98, n.5, p. S71-S101.
- ROMER, P., (1991): *Increasing Returns and New Developments in the Theory of Growth*. In William A. Barnett et al. (Eds.). *Equilibrium Theory and Applications*. Cambridge, MA.: Cambridge University Press. p. 83-110.
- ROMER, D. (2011): *Advanced Macroeconomics*, McGraw Hill.
- ROMERO, D., SANZ, J.F. (2007): Eficacia de los incentivos fiscales a la inversión en I+D en España en los años noventa, *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, 183 (4/2007): 9-32. Instituto de Estudios Fiscales.
- ROMERO, D., SANZ, J.F., HERNÁNDEZ, C. (2007): La fiscalidad de la inversión en I+D: un análisis comparado para los países de la UE-15. *ICE. Nuevas Tendencias en política fiscal*, Marzo-Abril 2007, nº 835, p. 141-151.
- RUBIO, M. (2001): *Matrices de Contabilidad Social y Distribución de la Renta*. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid.

- RUBIO, M. T. (1995): *Matrices de Contabilidad Social en Análisis Input-Output, Aplicaciones para Castilla y León*, Junta de Castilla y León, Valladolid.
- RUTHERFORD, T.F. (1999): Applied general Equilibrium modeling with MPSGE as a GAMS subsystem: An overview of the modeling framework and syntax, *Computational Economics*, 14, p.1-46.
- SALA-I-MARTIN, X., (1994): *Apuntes de Crecimiento Económico*. Antoni Bosch, editor, S.A.
- SAMUELSON, P. (1973): *Curso de economía moderna*, Madrid: Aguilar, Biblioteca de Ciencias Sociales.
- SANCHO, F. (2004): Una estimación del coste marginal del bienestar del sistema impositivo en España, *Hacienda Pública Española*, 169, p. 117-132.
- SARGENT, T., N. WALLACE (1973): The Stability of Models of Money and Growth with Perfect Foresight, *Econometrica*, 41 (Noviembre), p. 1043-48.
- SCARF, H. (1967): The approximation of fixed points of a continuous mapping, *Journal of Applied Mathematics*, 15, p. 1328-1343.
- SCARF, H. (1973): *The computation of economic equilibria*, New Haven: Yale University Press. (with the collaboration of T. Hansen)
- SCARF, H., SHOVEN, J. (1984): *Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press.
- SCHUMPETER, J. A. (1912): *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Dunker & Humblot, Berlín. (Traducción al inglés: 1934, *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge, M.A.)
- SCHUMPETER, J.A. (1982): *Business Cycles: A theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. 13ed. Porcupine Press: Philadelphia. (First edition 1939 McGraw-Hill: New York).
- SECRETARÍA GENERAL DE INNOVACIÓN, (2010): *Estrategia Estatal de Innovación (2010-2015)*, Ministerio de Ciencia e Innovación de España.
- SEGURA, J. (1994): Andreu Mas-Colell: la teoría del equilibrio económico general: un enfoque diferenciable, *Revista de Economía Aplicada*, 5, II, p. 175-179.
- SHOVEN, J. B., WHALLEY, J. A (1972): General equilibrium calculation of the effects of differential taxation of Income from Capital in the U.S. *Journal of Public Economics*, 1, p. 281-321.
- SMITH, A. (1776): *An inquiri into the nature and causes of the wealth of nations*, Strahan and T. Cadell, London.

SHOVEN, J., WHALLEY, J. (1984): Applied general equilibrium models of taxation and International trade: An introduction and survey, *Journal of economics literature*, 22, p. 1007-1051.

SHOVEN, J., WHALLEY, J. (1992): *Applying General Equilibrium*. Cambridge: Cambridge University Press.

SOLOW, R. (1956): A contribution to the theory of economic growth, *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65-94.

SONIS, M., GUILHOTO, J.J.M., HEWINGS, G.J.D., MARTINS E.B. (1995): Linkages, Key Sectors, and Structural Change: Some New Perspectives, *The Developing Economies*, XXXIII-3.

STOKEY, N., LUCAS, R., PRESCOTT, E. (1989): *Recursive methods in economic dynamics*, Cambridge, MA.: Harvard University Press.

STONE, R. (1962): *A Programme for Growth: A Social Accounting Matrix for 1960*, London: Chapman and Hall Ltd.

STONE, R. (1978): *The disaggregation of the household sector in the national accounts*, World Bank Conference on Social Accounting Methods in Development Planning, Cambridge.

SWAN, T.W. (1956): *Economic growth and capital accumulation*, *Economic Record*, 32 (November), 334-361.

TARANCON, M. (2004): *Estructura input-output y dinámica económica*, Madrid: Club Universitario.

TORREJÓN VELARDIEZ, M. (2008): Política Tecnológica y Agentes del Sistema Regional de Innovación. Impacto del V PM de I+D de la UE en las Regiones Españolas. CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, Abril 2008, nº 60.

URIEL, E., BENEITO, P., FERRI, J., MOLTÓ, M. (1997): *Matriz de Contabilidad Social de España (MCS-1990)*, Madrid: Instituto Nacional de Estadística.

URIEL, E., FERRI, J., MOLTÓ, M. L. (2005): Estimación de una matriz de contabilidad social de 1995 para España (MCS-95), *Estadística Española*, 47 (158), p. 5-54.

VALLE, E. (2007): *Modelos Multisectoriales aplicados a la Economía Balear*, Palma: Universitat de les Illes Balears, II Premio Internacional de Estudios Turísticos Gabriel Escarrer.

VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B., LICHTENBERG (2001): Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders? *Review of Economics and Statistics*, 83, 3, p. 490-497.

VEBLEN, T. (1904): *The Theory of Business Enterprise*, Charles Scribner's Sons, New York.

XINSHEN, D., YELDAN, E., ROE, T.L. (1998): A simple dynamic applied general equilibrium model of a small open economy: transitional dynamics and trade policy, *Journal of Economic Development*, Vol. 23, nº 1, p. 77-101.

WALD, A. (1951): On Some Systems of Equations of Mathematical Economics, *Econometrica*, 19, 4, p. 368-403. (Traducción de la obra original en alemán).

WALRAS, L. (1874): *Elements d'économie politique pure ou Théorie de la richesse sociale*, Lausanne: Corbaz. (Traducción al español: *Elementos de Economía política Pura*. Madrid: Alianza Editorial).

WHALLEY, J. (1980): General equilibrium evaluations of tariff cutting proposals in the Tokio Round and comparisons with more extensive liberalisation of world trade, *Economic Journal*, 90, 360, p. 838-866.

WHALLEY, J. (1991): La modelización del equilibrio general aplicado, *Cuadernos Económicos del ICE*, 48, p. 179-195.

WILSON, E.O. (1998): *Consilience: the unity of knowledge*, Knopf, New York.

WILLIAMSON, R.E. (2001): *Introduction to Differential Equations and Dynamical Systems*, McGraw-Hill International Edition.

WITT, U. (1999): Bioeconomics as economics from a Darwinian perspective. *Journal of Bioeconomics*, 1: 19-34, 1999.

WOLDE-RUFAEL, Y. (2009): Does public R&D crowd out private R&D? A note from Taiwan, ROC, *Journal of economic development*, 34, n.1. 59-69.

YOUNG, A. (1928): Increasing returns and economic progress, *Economic Journal* 38, 527-42.

ZHOU, D., YANAGIDA, J.F., CHAKRAVORTY, U., LEUNG, P. (1997): Estimating economic impacts from tourism, *Annals of Tourism Research*, vol. 24, 1, p. 76-89.

ANEXO I.
SAM DEL AÑO 2005 A PRECIOS BÁSICOS

Tabla 12. SAMMAD_05 a precios básicos (Miles de euros)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
P1	12.631	9.602	10	14	342	114	502
P2	13.081	740.408	86.360	59.331	17.690	25.981	17.736
P3	0	4.766	55.004	745.427	129.040	48.926	110.730
P4	4.095	20.509	57.827	923.448	401.792	108.304	5.282
P5	1.354	21.067	27.662	2.974	143.543	21.956	86.036
P6	41	5.576	2.313	92.402	428.453	649.366	28.505
P7	31	549	19	3.210	116.192	5.708	794.536
P8	71	7.585	329	5.682	13.264	55.680	50.055
P9	142	21.281	1.672	55.638	19.009	60.523	972
P10	73.481	5.425	22	241	558	403	2.274
P11	247	21.118	1.012	464	145	28	75
P12	425	99.536	5.502	15.972	12.520	8.216	10.678
P13	12.336	980	6	40	3.578	860	439
P14	26.440	76.195	45.753	87.536	4.687	1.957	1.521
P15	283	23.239	275.327	23.687	10.463	2.815	540
P16	2.093	22.279	55.446	50.624	42.142	65.277	35.578
P17	8.474	22.483	18.402	182.953	8.637	630	3.123
P18	14.183	66.067	36.608	31.485	142.279	23.443	50.308
P19	3.823	221.924	10.460	9.022	10.348	8.232	2.848
P20	150	14.300	1.080	5.213	4.848	39.202	4.692
P21	5.100	76.203	24.736	68.047	47.609	52.209	101.454
P22	421	66.513	14.410	18.603	15.623	5.951	12.068
P23	3.447	81.224	4.816	39.771	23.987	11.071	17.745
P24	1.354	247.940	22.864	183.106	93.635	61.551	67.881
P25	1.437	26.763	13.005	1.060	6.735	134	399
P26	9.033	2.841	458	1.145	3	4	0
P27	12	1.228	30	343	153	1	1.829
P28	1	0	605	9	348	0	277
P29	4.902	52.374	15.031	49.054	39.088	22.280	25.631
P30	1.921	27.998	159	136	2.481	46	1.828
P31	0	0	0	0	0	0	0
LAB	111.528	902.354	103.204	615.254	550.618	258.420	385.128
CSS	20.021	336.160	32.360	175.702	179.573	96.261	116.693
IMP	-11.843	305.315	5.750	27.785	14.280	13.699	9.027
KAP	56.470	2.241.117	71.294	262.624	245.503	149.407	116.238
HOG	0	0	0	0	0	0	0
SOC	0	0	0	0	0	0	0
GOB	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0
ROW	4.381.164	4.617.160	2.173.620	6.595.228	4.819.949	3.506.982	5.770.359

Fuente: Elaboración propia⁵⁹⁵⁹ La relación de las cuentas de la SAM se encuentra descrita en la **Tabla 4** del capítulo 4.

Tabla 12. SAMMAD_05 a precios básicos (continuación)

	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
P1	451	2	1.380.181	25.968	1.689	7.880	635
P2	11.999	25.411	70.236	15.581	198.372	14.032	33.506
P3	13.816	339.053	29	102	31.699	7	610
P4	24.468	89.537	92.583	51.651	48.153	9.220	26.830
P5	47.769	14.965	1.905	70	99.923	1.382	1.390
P6	21.957	8.020	460	216	3.729	1.265	2.143
P7	189.300	1.793	206	91	3.274	103	1.234
P8	443.870	221.098	695	1.063	3.536	84.024	447
P9	3.162	2.987.867	8.404	90	2.332	564	902
P10	1.512	3.018	818.930	412	802	1.023	632
P11	48	810	493	933.721	1.566	475	13.630
P12	2.815	2.569	65.332	9.129	2.099.790	24.243	80.461
P13	4.047	1	61.329	424	577	829.564	202
P14	5.072	124.377	295.763	17.895	634.235	361.892	1.483.464
P15	132	15.627	11.549	19	225.183	7.634	12.823
P16	111.499	131.536	99.067	57.040	90.723	40.274	143.060
P17	2.835	45	4.692	2.014	5.866	533	779
P18	32.334	39.706	94.134	33.684	358.112	18.614	33.474
P19	4.433	60.217	22.618	2.742	36.363	28.793	31.464
P20	4.302	1.733	6.144	4.705	8.825	10.411	7.247
P21	51.142	79.446	292.014	57.807	283.047	80.607	159.018
P22	8.634	20.816	17.480	10.480	40.333	10.909	17.345
P23	35.492	90.201	62.423	24.508	41.511	34.629	14.167
P24	145.980	206.366	323.637	63.502	334.330	328.343	242.483
P25	249	65	721	116	2.803	2.441	88
P26	0	0	628	510	749	176	171
P27	0	148	473	6	687	64	49
P28	0	1	289	60	45	25	10
P29	24.952	59.718	64.854	24.077	88.151	45.230	43.061
P30	256	0	3.004	545	102	255	102
P31	0	0	0	0	0	0	0
LAB	316.436	659.119	698.326	383.281	1.247.047	427.369	324.679
CSS	90.552	229.750	214.280	116.534	356.984	140.111	117.586
IMP	10.510	256.598	161.035	9.492	27.384	21.614	18.501
KAP	149.515	272.222	474.673	66.810	783.853	266.055	230.609
HOG	0	0	0	0	0	0	0
SOC	0	0	0	0	0	0	0
GOB	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0
ROW	5.055.356	16.431.736	6.202.772	2.215.759	4.075.223	2.607.877	4.610.386

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. SAMMAD_05 a precios básicos (continuación)

	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
P1	44	162	9.638	45.584	33.436	367.803	748
P2	485.770	52.274	463.574	190.861	389.969	151.529	952.500
P3	22.833	209.176	379.101	49.225	1.336	35	4.221
P4	38.813	334.529	2.516.425	86.655	2.355	26.246	100.652
P5	10.714	3.645	594.250	68.822	18.632	450	10.443
P6	1.939	36.290	1.526.395	99.012	30.560	6.989	39.608
P7	145	129.080	237.895	105.077	20.606	8.017	17.041
P8	2.313	17.093	223.822	180.315	10.867	57.605	94.595
P9	1.766	19.164	356.502	516.481	1.077.745	463	1.096.026
P10	128	959	5.703	70.033	125.105	1.494.865	4.116
P11	866	10.453	5.405	19.323	3.646	60.748	53.269
P12	18.020	138.290	11.163	84.210	10.249	44.415	30.013
P13	150	47	1.983	177.548	7.500	24.493	1.642
P14	39.650	87.350	47.757	194.137	17.826	158.705	917.668
P15	676.604	14.184	5.795.925	73.816	3.982	64.195	19.709
P16	43.297	1.392.974	123.069	105.657	74.700	328.930	194.251
P17	23.745	596	2.285.431	250.230	235.565	6.109	38.875
P18	97.473	130.615	487.835	1.119.628	81.352	207.957	18.500
P19	33.847	19.436	281.348	175.674	234.206	113.704	1.027.759
P20	4.572	5.690	61.997	136.336	29.700	17.895	122.369
P21	345.222	171.237	474.637	1.759.035	540.120	117.890	1.883.203
P22	30.732	17.894	289.881	334.219	239.695	51.579	1.294.852
P23	64.159	56.238	2.084.805	1.147.193	1.335.528	743.350	1.174.412
P24	95.862	274.057	1.548.641	2.513.586	1.570.455	765.623	2.408.693
P25	1.043	61	3.914	90.417	1.462	121	58.473
P26	201	15	404	559	1.983	105	2.132
P27	0	4	2.371	259	786	276	187.053
P28	16	18	257	42.186	152	125	823
P29	45.413	56.180	502.422	468.308	429.317	159.687	809.809
P30	139	182	15.302	425.925	3.251	11	300
P31	0	0	0	0	0	0	0
LAB	377.051	783.367	7.142.559	5.193.033	4.975.031	2.090.729	3.949.097
CSS	119.317	220.606	2.059.328	1.475.048	1.464.355	600.331	1.206.060
IMP	35.889	40.969	410.274	453.035	347.539	134.344	7.836
KAP	344.313	294.374	5.448.910	4.122.366	3.334.229	611.853	2.196.231
HOG	0	0	0	0	0	0	0
SOC	0	0	0	0	0	0	0
GOB	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0
ROW	6.920.004	4.672.975	0	151.357	163.433	0	5.419.795

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. SAMMAD_05 a precios básicos (continuación)

	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28
P1	8.181	1.310	11.391	19.099	2.473	73.705	23.912
P2	753.713	203.370	546.008	132.767	141.023	272.925	70.115
P3	12.304	18.581	145.808	722	138	1	41
P4	12.810	342.860	230.139	2.939	17.735	41.775	1.166
P5	336.658	351.670	1.379.168	3.101	272	20.670	11.510
P6	534.810	82.561	395.872	4.113	3.318	23.640	5
P7	732.411	239.655	2.402.310	66.404	15.212	118.595	91
P8	555.252	448.115	1.801.489	133.482	547.642	51.478	662
P9	29.589	1.062.990	284.737	33.039	633	186	964
P10	780	395	126.620	114.930	225.829	799.969	7
P11	163.967	6.584	72.265	11.026	26.584	56.993	1.894
P12	239.216	516.631	1.775.669	142.749	34.674	773.028	82
P13	49.742	100	36.797	9.447	1.009.763	11.363	1.237
P14	22.171	83.927	248.129	14.054	160.767	264.522	90.931
P15	418.854	755.899	65.225	10.256	1.143	5.422	7
P16	184.311	198.570	909.919	27.468	26.526	485.811	110.091
P17	208.922	3.821.289	290.884	19.276	10.714	173.295	974
P18	160.580	253.846	648.537	30.923	48.080	151.384	29.309
P19	38.829	235.118	192.243	44.776	36.928	150.635	9.455
P20	50.568	48.761	568.501	81.272	61.019	16.005	3.027
P21	277.448	419.196	1.131.346	255.508	67.470	188.261	4.993
P22	4.703.974	111.035	1.940.261	102.441	67.507	264.578	16.607
P23	658.681	295.368	2.837.215	227.538	116.070	1.120.785	56.999
P24	3.515.839	1.114.559	5.330.876	582.103	723.895	879.079	74.580
P25	136.930	153	188.404	111.462	426	5.786	56
P26	1	47	404.055	65.677	575.989	29.045	18
P27	72.326	434	114.357	7.036	1	1.613.302	1
P28	0	433.471	2.081	1.939	6.430	6.892	0
P29	335.232	2.230.859	1.133.146	110.655	99.172	207.841	23.912
P30	3.659	21.643	103.024	882	459	7.549	2.069
P31	0	0	0	0	0	0	0
LAB	2.033.008	2.040.548	10.781.985	4.068.926	3.475.476	3.010.027	330.991
CSS	644.954	559.651	3.077.193	1.110.495	1.010.366	773.019	90.396
IMP	334.815	314.739	330.561	190.116	393.592	187.782	10.276
KAP	6.954.718	13.963.184	4.303.135	430.867	373.889	1.752.507	83.844
HOG	0	0	0	0	0	0	0
SOC	0	0	0	0	0	0	0
GOB	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0
ROW	3.848.927	4.195.897	13.138.829	92.479	161.233	2.603.239	326.414

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. SAMMAD_05 a precios básicos (continuación)

	P29	P30	P31	LAB	CSS	IMP	KAP
P1	147	2.011	17.281	0	0	0	0
P2	128.744	113.422	308.197	0	0	0	0
P3	8.018	5.452	546	0	0	0	0
P4	3.691	22.550	21.435	0	0	0	0
P5	17.005	64.742	139.707	0	0	0	0
P6	37.161	1.587	3.860	0	0	0	0
P7	68.767	525	5.584	0	0	0	0
P8	223.686	27.487	19.730	0	0	0	0
P9	17.263	28.250	181.416	0	0	0	0
P10	2	3.914	36.659	0	0	0	0
P11	2.755	65.728	45.783	0	0	0	0
P12	221.865	43.462	177.506	0	0	0	0
P13	804	460	2.988	0	0	0	0
P14	4.207	45.903	64.713	0	0	0	0
P15	47.274	1.401	3.249	0	0	0	0
P16	190.599	14.792	49.804	0	0	0	0
P17	63.830	33.573	139.294	0	0	0	0
P18	31.370	37.334	94.769	0	0	0	0
P19	48.934	60.787	58.025	0	0	0	0
P20	31.382	4.674	52.377	0	0	0	0
P21	141.317	58.210	209.475	0	0	0	0
P22	517.281	36.508	353.504	0	0	0	0
P23	312.261	108.369	80.752	0	0	0	0
P24	1.580.716	324.375	363.549	0	0	0	0
P25	11.650	3.322	23.776	0	0	0	0
P26	0	5.600	61.074	0	0	0	0
P27	4.708	4.258	22.369	0	0	0	0
P28	6.607	92	0	0	0	0	0
P29	1.718.029	76.325	78.284	0	0	0	0
P30	305	268.559	2.819	0	0	0	0
P31	0	0	0	0	0	0	0
LAB	5.077.415	2.525.259	5.124.792	0	0	0	0
CSS	1.179.692	336.973	1.508.804	0	0	0	0
IMP	550.619	190.262	101.109	0	0	0	0
KAP	6.314.901	1.036.041	1.454.923	0	0	0	0
HOG	0	0	0	62.200.654	0	0	30.105.392
SOC	0	0	0	0	0	0	25.579.592
GOB	0	0	0	0	19.659.158	19.084.110	2.721.693
I	0	0	0	0	0	0	0
ROW	3.746.699	402.422	0	7.761.403	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. SAMMAD_05 a precios básicos (continuación)

	HOG	SOC	GOB	I	ROW
P1	2.622.086	0	0	19.319	60.000
P2	2.622.535	0	0	-803	1.081.860
P3	0	0	0	56.343	770.066
P4	268.151	0	0	3.500.699	897.903
P5	476.175	0	0	1.820.220	1.749.265
P6	31.720	0	0	229.292	972.465
P7	1.015.046	0	0	212.146	1.322.136
P8	352.091	0	0	409.007	770.767
P9	3.139.554	0	0	7.529.521	3.834.724
P10	5.623.556	0	0	-9.419	2.018.473
P11	1.981.593	0	0	-5.283	572.672
P12	1.154.505	0	0	-5.299	3.289.362
P13	801.590	0	1.027.991	-61.066	1.388.679
P14	731.268	0	0	-54.388	1.347.101
P15	69.301	0	0	-5.400	1.251.680
P16	1.149.724	0	0	681.886	1.951.167
P17	170.499	0	0	27.364.355	0
P18	0	0	0	512.313	16.808.913
P19	11.384.504	0	0	33.303	2.183.875
P20	7.008.035	0	141	0	0
P21	4.641.325	0	200	85.239	11.193.003
P22	2.845.329	0	0	0	14.556.716
P23	10.174.990	0	0	218.051	11.075.260
P24	806.711	0	0	4.218.740	25.933.270
P25	2.492.231	0	5.074.265	0	0
P26	2.915.148	0	5.364.678	0	0
P27	8.821.528	0	3.055.158	25.837	2.204.007
P28	585.074	0	0	0	288.806
P29	5.187.602	0	0	0	8.079.109
P30	3.714.081	0	1.345.362	0	274
P31	0	0	10.808.153	0	0
LAB	0	0	0	0	0
CSS	0	0	0	0	0
IMP	11.886.431	0	-78.858	2.373.635	0
KAP	0	0	0	0	0
HOG	11.447.282	24.338.484	20.127.811	0	7.883.583
SOC	13.134.143	24.674.433	4.313.205	0	2.556.559
GOB	22.085.599	2.739.543	3.952.562	0	553.624
I	7.148.501	14.246.333	14.220.999	0	13.532.417
ROW	7.615.299	4.259.139	1.584.621	0	0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO II.
TABLAS DE VALORES CALIBRADOS DEL MEGA
DINÁMICO

Tabla 13: Parámetros técnicos y de escala del Valor Añadido sectorial

Sectores Productivos	Coficiente técnico ν_j	Parámetro de escala θ_j
1. Agricultura y ganadería	1,46	0,30
2. Energía y minería	1,02	0,64
3. Industrias extractivas	1,53	0,34
4. Productos metálicos	1,59	0,25
5. Maquinaria industrial	1,62	0,25
6. Material eléctrico	1,63	0,30
7. Material electrónico	1,62	0,19
8. Máquinas oficina y precisión	1,58	0,27
9. Material de transporte	1,65	0,23
10. Alimentación	1,53	0,34
11. Textil, confección y calzado	1,59	0,12
12. Papel y gráficas	1,53	0,33
13. Productos farmacéuticos	1,57	0,32
14. Industria química	1,57	0,34
15. Industria no metálica	1,44	0,41
16. Otras manufactureras	1,59	0,23
17. Construcción	1,48	0,37
18. Comercio mayorista	1,46	0,38
19. Comercio menor y reparación	1,52	0,34
20. Hostelería	1,60	0,19
21. Transportes	1,57	0,30
22. Comunicaciones	0,85	0,72
23. Inmobiliarias y alquileres	0,61	0,84
24. Servicios a empresas	1,59	0,24
25. Educación	1,50	0,08
26. Sanidad	1,52	0,08
27. Servicios recreativos	1,51	0,32
28. Servicios personales	1,58	0,17
29. Servicios financieros	1,24	0,50
30. Otros servicios	1,44	0,27
31. Administración Pública	1,61	0,18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Parámetros técnicos y de escala de la Producción Total sectorial

Sectores Productivos	Coficiente técnico β_j	Parámetro de escala α_j
1. Agricultura y ganadería	1,36	0,08
2. Energía y minería	2,46	0,56
3. Industrias extractivas	1,86	0,31
4. Productos metálicos	1,96	0,36
5. Maquinaria industrial	2,03	0,36
6. Material eléctrico	1,95	0,34
7. Material electrónico	1,83	0,26
8. Máquinas oficina y precisión	1,82	0,26
9. Material de transporte	1,96	0,27
10. Alimentación	2,22	0,46
11. Textil, confección y calzado	2,32	0,46
12. Papel y gráficas	1,96	0,63
13. Productos farmacéuticos	2,10	0,52
14. Industria química	2,05	0,40
15. Industria no metálica	1,85	0,30
16. Otras manufactureras	2,11	0,49
17. Construcción	1,03	1,00
18. Comercio mayorista	1,05	0,99
19. Comercio menor y reparación	1,09	0,99
20. Hostelería	1,06	1,00
21. Transportes	1,74	0,79
22. Comunicaciones	1,55	0,86
23. Inmobiliarias y alquileres	1,54	0,88
24. Servicios a empresas	1,79	0,77
25. Educación	1,06	0,99
26. Sanidad	1,09	0,98
27. Servicios recreativos	1,56	0,84
28. Servicios personales	1,78	0,76
29. Servicios financieros	1,63	0,83
30. Otros servicios	1,32	0,93
31. Administración Pública	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Coeficientes fijos de la función de producción doméstica

Sectores Productivos	Coeficiente del V.A. v_j
1. Agricultura y ganadería	0,50
2. Energía y minería	0,60
3. Industrias extractivas	0,21
4. Productos metálicos	0,28
5. Maquinaria industrial	0,36
6. Material eléctrico	0,28
7. Material electrónico	0,30
8. Máquinas oficina y precisión	0,32
9. Material de transporte	0,20
10. Alimentación	0,26
11. Textil, confección y calzado	0,30
12. Papel y gráficas	0,34
13. Productos farmacéuticos	0,30
14. Industria química	0,22
15. Industria no metálica	0,28
16. Otras manufactureras	0,29
17. Construcción	0,41
18. Comercio mayorista	0,50
19. Comercio menor y reparación	0,59
20. Hostelería	0,39
21. Transportes	0,37
22. Comunicaciones	0,40
23. Inmobiliarias y alquileres	0,55
24. Servicios a empresas	0,41
25. Educación	0,69
26. Sanidad	0,52
27. Servicios recreativos	0,41
28. Servicios personales	0,48
29. Servicios financieros	0,68
30. Otros servicios	0,70
31. Administración Pública	0,75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Coeficientes fijos de la función de producción doméstica

Sectores Productivos	1. Agricultura y ganadería	2. Energía y minería	3. Industrias extractivas	4. Productos metálicos	5. Maquinaria industrial	6. Material eléctrico
1. Agricultura y ganadería	0,02885222	0,00167049	0,00000923	0,00000339	0,00011518	0,00005788
2. Energía y minería	0,03795835	0,16363464	0,10082040	0,01866546	0,00756166	0,01677807
3. Industrias extractivas	0,00000088	0,00089810	0,05474691	0,19993694	0,04702633	0,02693815
4. Productos metálicos	0,01009407	0,00385076	0,05735271	0,24680548	0,14590638	0,05941889
5. Maquinaria industrial	0,00346478	0,00410656	0,02848347	0,00082525	0,05411773	0,01250589
6. Material eléctrico	0,00010315	0,00107831	0,00236311	0,02543841	0,16026631	0,36697533
7. Material electrónico	0,00007824	0,00010394	0,00001917	0,00086588	0,04258249	0,00316055
8. Máquinas oficina y precisión	0,00017629	0,00143496	0,00032916	0,00153018	0,00485372	0,03078232
9. Material de transporte	0,00037018	0,00421793	0,00175028	0,01569765	0,00728708	0,03505283
10. Alimentación	0,18448994	0,00103740	0,00002230	0,00006547	0,00020642	0,00022532
11. Textil, confección y calzado	0,00065832	0,00429240	0,00108624	0,00013435	0,00005695	0,00001681
12. Papel y gráficas	0,00104760	0,01870488	0,00546117	0,00427257	0,00455035	0,00451172
13. Productos farmacéuticos	0,03009820	0,00018209	0,00000615	0,00001056	0,00128607	0,00046707
14. Industria química	0,06753299	0,01482276	0,04701672	0,02424055	0,00176367	0,00111245
15. Industria no metálica	0,00069928	0,00437493	0,27379463	0,00634769	0,00380964	0,00154867
16. Otras manufactureras	0,00533259	0,00432408	0,05684691	0,01398667	0,01581986	0,03702161
17. Construcción	0,02074567	0,00419231	0,01812533	0,04856019	0,00311469	0,00034340
18. Comercio mayorista	0,03544836	0,01257692	0,03681301	0,00853187	0,05238599	0,01304050
19. Comercio menor y reparación	0,00870684	0,03849658	0,00958446	0,00222772	0,00347193	0,00417287
20. Hostelería	0,00034222	0,00248515	0,00099182	0,00128952	0,00162942	0,01990757
21. Transportes	0,01268495	0,01443570	0,02475253	0,01834978	0,01744365	0,02890030
22. Comunicaciones	0,00106613	0,01282076	0,01467263	0,00510431	0,00582457	0,00335209
23. Inmobiliarias y alquileres	0,00861428	0,01545930	0,00484244	0,01077502	0,00883013	0,00615694
24. Servicios a empresas	0,00346591	0,04832778	0,02354094	0,05080467	0,03529985	0,03505722
25. Educación	0,00317527	0,00450260	0,01155755	0,00025391	0,00219157	0,00006592
26. Sanidad	0,01999154	0,00047893	0,00040740	0,00027470	0,00000106	0,00000188
27. Servicios recreativos	0,00002661	0,00020813	0,00002677	0,00008272	0,00005028	0,00000053
28. Servicios personales	0,00000169	0,00000004	0,00057478	0,00000243	0,00012103	0,00000004
29. Servicios financieros	0,01200614	0,00977092	0,01481255	0,01302699	0,01410402	0,01214596
30. Otros servicios	0,00428779	0,00475967	0,00014323	0,00003302	0,00081593	0,00002284
31. Administración Pública	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Coeficientes fijos de la función de producción doméstica (continuación)

Sectores Productivos	7. Material electrónico	8. Máquinas oficina y precisión	9. Material de transporte	10. Alimentación	11. Textil, confección y calzado	12. Papel y gráficas
1. Agricultura y ganadería	0,00022362	0,00023556	0,00000028	0,25223230	0,01191290	0,00021885
2. Energía y minería	0,01004284	0,00796298	0,00510563	0,01630599	0,00908018	0,03266144
3. Industrias extractivas	0,05345727	0,00781719	0,05808113	0,00000578	0,00005092	0,00444975
4. Productos metálicos	0,00254113	0,01379501	0,01528352	0,01826016	0,02557239	0,00673541
5. Maquinaria industrial	0,04296936	0,02796063	0,00265207	0,00039008	0,00003605	0,01451086
6. Material eléctrico	0,01412481	0,01275147	0,00141022	0,00009344	0,00010992	0,00053729
7. Material electrónico	0,38573861	0,10770846	0,00030893	0,00004099	0,00004538	0,00046218
8. Máquinas oficina y precisión	0,02426411	0,25216915	0,03803002	0,00013804	0,00053013	0,00049841
9. Material de transporte	0,00049356	0,00188196	0,53840319	0,00174976	0,00004682	0,00034440
10. Alimentación	0,00111435	0,00086810	0,00052467	0,16450602	0,00020767	0,00011420
11. Textil, confección y calzado	0,00003919	0,00002926	0,00014967	0,00010532	0,50045444	0,00023719
12. Papel y gráficas	0,00514141	0,00158836	0,00043892	0,01289681	0,00452352	0,29396801
13. Productos farmacéuticos	0,00020892	0,00225848	0,00000010	0,01197173	0,00020759	0,00007982
14. Industria química	0,00075831	0,00296269	0,02199759	0,06044111	0,00917971	0,09191930
15. Industria no metálica	0,00026059	0,00007469	0,00267455	0,00228387	0,00000958	0,03158159
16. Otras manufactureras	0,01769276	0,06498323	0,02321023	0,02019843	0,02919307	0,01311820
17. Construcción	0,00149185	0,00158713	0,00000770	0,00091896	0,00099011	0,00081490
18. Comercio mayorista	0,02453761	0,01848307	0,00687188	0,01882442	0,01690883	0,05078813
19. Comercio menor y reparación	0,00126585	0,00230912	0,00949658	0,00412151	0,00125414	0,00469930
20. Hostelería	0,00208934	0,00224513	0,00027379	0,00112167	0,00215615	0,00114261
21. Transportes	0,04924284	0,02909180	0,01368268	0,05811068	0,02887659	0,03994646
22. Comunicaciones	0,00596021	0,00499762	0,00364786	0,00353934	0,00532703	0,00579190
23. Inmobiliarias y alquileres	0,00865322	0,02028449	0,01560794	0,01248063	0,01230036	0,00588602
24. Servicios a empresas	0,03390044	0,08544164	0,03656968	0,06626619	0,03263882	0,04854866
25. Educación	0,00017181	0,00012572	0,00000992	0,00012749	0,00005155	0,00035132
26. Sanidad	0,00000010	0,00000000	0,00000000	0,00011124	0,00022665	0,00009410
27. Servicios recreativos	0,00079404	0,00000000	0,00002282	0,00008413	0,00000290	0,00008668
28. Servicios personales	0,00012778	0,00000016	0,00000011	0,00005464	0,00002857	0,00000609
29. Servicios financieros	0,01225172	0,01397831	0,01012883	0,01270997	0,01184481	0,01225188
30. Otros servicios	0,00079633	0,00013086	0,00000000	0,00053640	0,00024436	0,00001297
31. Administración Pública	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Coeficientes fijos de la función de producción doméstica (continuación)

Sectores Productivos	13. Productos farmacéuticos	14. Industria química	15. Industria no metálica	16. Otras manufactureras	17. Construcción	18. Comercio mayorista
1. Agricultura y ganadería	0,00261100	0,00018894	0,00001327	0,00003295	0,00025417	0,00199462
2. Energía y minería	0,00590619	0,01266379	0,18757030	0,01346840	0,01553021	0,01060938
3. Industrias extractivas	0,00000265	0,00019648	0,00751677	0,04594909	0,01082793	0,00233290
4. Productos metálicos	0,00329690	0,00861492	0,01273196	0,07322391	0,07161916	0,00409216
5. Maquinaria industrial	0,00051314	0,00046347	0,00364873	0,00082835	0,01755894	0,00337423
6. Material eléctrico	0,00046596	0,00070865	0,00065527	0,00818219	0,04474848	0,00481630
7. Material electrónico	0,00003727	0,00039971	0,00004804	0,02851406	0,00683301	0,00500784
8. Máquinas oficina y precisión	0,03027520	0,00014458	0,00076456	0,00377003	0,00641900	0,00858047
9. Material de transporte	0,00021288	0,00030573	0,00061156	0,00442832	0,01071104	0,02574772
10. Alimentación	0,00037255	0,00020677	0,00004280	0,00021387	0,00016531	0,00336840
11. Textil, confección y calzado	0,00018380	0,00473793	0,00030756	0,00247704	0,00016652	0,00098784
12. Papel y gráficas	0,00867625	0,02585777	0,00591629	0,03029644	0,00031799	0,00398021
13. Productos farmacéuticos	0,29358572	0,00006430	0,00004864	0,00001018	0,00005585	0,00829841
14. Industria química	0,13407869	0,49353057	0,01347639	0,01981060	0,00140829	0,00949911
15. Industria no metálica	0,00273714	0,00412831	0,22254098	0,00311286	0,16539528	0,00349513
16. Otras manufactureras	0,01488703	0,04748459	0,01468202	0,31519141	0,00362080	0,00515790
17. Construcción	0,00018943	0,00024828	0,00773558	0,00012965	0,06459692	0,01173544
18. Comercio mayorista	0,00674842	0,01089757	0,03241959	0,02898756	0,01407731	0,05360877
19. Comercio menor y reparación	0,00951227	0,00933377	0,01025796	0,00393053	0,00739801	0,00766467
20. Hostelería	0,00344584	0,00215378	0,00138818	0,00115287	0,00163321	0,00595930
21. Transportes	0,02908140	0,05151655	0,11426070	0,03781766	0,01362964	0,08381321
22. Comunicaciones	0,00400469	0,00571753	0,01034959	0,00402108	0,00846996	0,01620345
23. Inmobiliarias y alquileres	0,01255238	0,00461124	0,02133495	0,01247850	0,06014844	0,05491751
24. Servicios a empresas	0,12188623	0,08082861	0,03264584	0,06227580	0,04575681	0,12322935
25. Educación	0,00078219	0,00002526	0,00030655	0,00001199	0,00009983	0,00382602
26. Sanidad	0,00005641	0,00004917	0,00005933	0,00000289	0,00001033	0,00002372
27. Servicios recreativos	0,00002077	0,00001410	0,00000000	0,00000082	0,00006091	0,00001103
28. Servicios personales	0,00000844	0,00000299	0,00000508	0,00000381	0,00000700	0,00190768
29. Servicios financieros	0,01607016	0,01373854	0,01480233	0,01221898	0,01420839	0,02197473
30. Otros servicios	0,00008255	0,00002963	0,00004133	0,00003605	0,00039434	0,01821208
31. Administración Pública	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Coeficientes fijos de la función de producción doméstica (continuación)

Sectores Productivos	19. Comercio menor y reparación	20. Hostelería	21. Transportes	22. Comunicaciones	23. Inmobiliarias y alquileres	24. Servicios a empresas
1. Agricultura y ganadería	0,00190127	0,04089420	0,00003393	0,00031123	0,00004086	0,00024003
2. Energía y minería	0,02816954	0,02140248	0,05491807	0,03642705	0,00805757	0,01461541
3. Industrias extractivas	0,00008226	0,00000422	0,00020748	0,00050700	0,00062767	0,00332756
4. Productos metálicos	0,00014453	0,00314933	0,00493015	0,00052597	0,01154044	0,00523347
5. Maquinaria industrial	0,00118711	0,00005611	0,00053106	0,01435086	0,01228923	0,03256118
6. Material eléctrico	0,00193179	0,00086380	0,00199840	0,02261887	0,00286250	0,00927299
7. Material electrónico	0,00127616	0,00097082	0,00084237	0,03034889	0,00814093	0,05513283
8. Máquinas oficina y precisión	0,00067201	0,00696518	0,00466902	0,02297283	0,01519893	0,04128092
9. Material de transporte	0,06981954	0,00005870	0,05667379	0,00128249	0,03777098	0,00683544
10. Alimentación	0,00781936	0,18269157	0,00020535	0,00003260	0,00001355	0,00293265
11. Textil, confección y calzado	0,00024221	0,00789125	0,00282471	0,00728822	0,00023990	0,00177903
12. Papel y gráficas	0,00062949	0,00533415	0,00147139	0,00983053	0,01740471	0,04041497
13. Productos farmacéuticos	0,00045553	0,00290886	0,00007963	0,00202139	0,00000333	0,00082818
14. Industria química	0,00113344	0,01973146	0,04657325	0,00094322	0,00292700	0,00584642
15. Industria no metálica	0,00024499	0,00772352	0,00096794	0,01724342	0,02551078	0,00148719
16. Otras manufactureras	0,00473882	0,04080113	0,00983589	0,00782293	0,00690925	0,02139016
17. Construcción	0,01435640	0,00072801	0,00189108	0,00851899	0,12773599	0,00656926
18. Comercio mayorista	0,00506184	0,02530062	0,00091879	0,00668496	0,00866317	0,01495321
19. Comercio menor y reparación	0,01327890	0,01260541	0,04651090	0,00147294	0,00731168	0,00403902
20. Hostelería	0,00168703	0,00198756	0,00554794	0,00192178	0,00151916	0,01196614
21. Transportes	0,03344298	0,01427288	0,09307043	0,01149382	0,01423636	0,02595803
22. Comunicaciones	0,01510121	0,00635402	0,06511383	0,19828331	0,00383689	0,04529756
23. Inmobiliarias y alquileres	0,08308138	0,09041975	0,05831383	0,02741539	0,01007819	0,06540408
24. Servicios a empresas	0,10005116	0,09537418	0,12248379	0,14986289	0,03894643	0,12585113
25. Educación	0,00008037	0,00001297	0,00256644	0,00503780	0,00000461	0,00383907
26. Sanidad	0,00010926	0,00001129	0,00009378	0,00000002	0,00000143	0,00824943
27. Servicios recreativos	0,00004356	0,00002994	0,00827041	0,00268054	0,00001319	0,00234741
28. Servicios personales	0,00000894	0,00001432	0,00003859	0,00000000	0,01397147	0,00004532
29. Servicios financieros	0,02617859	0,01903952	0,03941408	0,01367671	0,07461195	0,02560448
30. Otros servicios	0,00018065	0,00000117	0,00001330	0,00013603	0,00065962	0,00212130
31. Administración Pública	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Coeficientes fijos de la función de producción doméstica (continuación)

Sectores Productivos	25. Educación	26. Sanidad	27. Servicios recreativos	28. Servicios personales	29. Servicios financieros	30. Otros servicios	31. Administración Pública
1. Agricultura y ganadería	0,00230984	0,00027119	0,00518255	0,02067081	0,00000793	0,00037529	0,00149071
2. Energía y minería	0,02039810	0,01964763	0,02437893	0,07699697	0,00883462	0,02688844	0,03377343
3. Industrias extractivas	0,00009460	0,00001641	0,00000006	0,00003795	0,00046912	0,00110186	0,00005099
4. Productos metálicos	0,00038366	0,00209911	0,00317012	0,00108769	0,00021517	0,00454160	0,00199551
5. Maquinaria industrial	0,00042025	0,00003344	0,00162847	0,01114782	0,00102924	0,01353721	0,01350320
6. Material eléctrico	0,00055294	0,00040456	0,00184787	0,00000510	0,00223151	0,00032933	0,00037013
7. Material electrónico	0,00874703	0,00181704	0,00908252	0,00008593	0,00404589	0,00010674	0,00052462
8. Máquinas oficina y precisión	0,01755608	0,06531624	0,00393638	0,00062273	0,01314037	0,00557834	0,00185091
9. Material de transporte	0,00455234	0,00007913	0,00001487	0,00094911	0,00106241	0,00600621	0,01782931
10. Alimentación	0,01527848	0,02722363	0,06182903	0,00000699	0,00000010	0,00080285	0,00347596
11. Textil, confección y calzado	0,00155797	0,00340635	0,00468211	0,00191269	0,00017387	0,01433061	0,00461421
12. Papel y gráficas	0,01864836	0,00410766	0,05871319	0,00007663	0,01294554	0,00876082	0,01653977
13. Productos farmacéuticos	0,00122039	0,11828886	0,00085342	0,00114242	0,00004641	0,00009172	0,00027531
14. Industria química	0,00190059	0,01971587	0,02079863	0,08789705	0,00025410	0,00957889	0,00624223
15. Industria no metálica	0,00134223	0,00013567	0,00041255	0,00000676	0,00276332	0,00028282	0,00030332
16. Otras manufactureras	0,00370618	0,00324557	0,03810996	0,10617277	0,01148637	0,00307972	0,00479300
17. Construcción	0,00249866	0,00125934	0,01306000	0,00090261	0,00369552	0,00671498	0,01287848
18. Comercio mayorista	0,00409229	0,00576989	0,01164770	0,02772368	0,00185424	0,00762364	0,00894543
19. Comercio menor y reparación	0,00539959	0,00403817	0,01056114	0,00814940	0,00263565	0,01131083	0,00499087
20. Hostelería	0,00981867	0,00668495	0,00112422	0,00261410	0,00169338	0,00087131	0,00451335
21. Transportes	0,03364860	0,00805737	0,01441438	0,00469995	0,00831228	0,01182859	0,01967630
22. Comunicaciones	0,01372694	0,00820298	0,02061242	0,01590581	0,03095933	0,00754853	0,03378661
23. Inmobiliarias y alquileres	0,03010606	0,01392644	0,08621742	0,05390503	0,01845356	0,02212469	0,00762078
24. Servicios a empresas	0,07887611	0,08894903	0,06925425	0,07223228	0,09566716	0,06782113	0,03513635
25. Educación	0,01303609	0,00004517	0,00039346	0,00004720	0,00060855	0,00059943	0,00198341
26. Sanidad	0,00769631	0,06120752	0,00197886	0,00001526	0,00000000	0,00101254	0,00510473
27. Servicios recreativos	0,00082896	0,00000006	0,11050967	0,00000057	0,00024774	0,00077401	0,00187980
28. Servicios personales	0,00024233	0,00072882	0,00050080	0,00000000	0,00036881	0,00001778	0,00000000
29. Servicios financieros	0,01435123	0,01166339	0,01567189	0,02216670	0,09952022	0,01527410	0,00724164
30. Otros servicios	0,00010422	0,00004919	0,00051870	0,00174797	0,00001611	0,04897373	0,00023763
31. Administración Pública	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Parámetros de la función de utilidad del consumidor

Sectores Productivos	Propensión marginal al consumo μ_j
1. Agricultura y ganadería	0,030
2. Energía y minería	0,038
3. Industrias extractivas	0,000
4. Productos metálicos	0,003
5. Maquinaria industrial	0,006
6. Material eléctrico	0,000
7. Material electrónico	0,013
8. Máquinas oficina y precisión	0,004
9. Material de transporte	0,041
10. Alimentación	0,071
11. Textil, confección y calzado	0,027
12. Papel y gráficas	0,014
13. Productos farmacéuticos	0,010
14. Industria química	0,009
15. Industria no metálica	0,001
16. Otras manufactureras	0,015
17. Construcción	0,002
18. Comercio mayorista	0,000
19. Comercio menor y reparación	0,130
20. Hostelería	0,080
21. Transportes	0,058
22. Comunicaciones	0,036
23. Inmobiliarias y alquileres	0,128
24. Servicios a empresas	0,010
25. Educación	0,028
26. Sanidad	0,032
27. Servicios recreativos	0,099
28. Servicios personales	0,007
29. Servicios financieros	0,064
30. Otros servicios	0,042
31. Administración Pública	0,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Tasas de impuestos indirectos

Sectores Productivos	Cotizaciones Sociales $taxcss_j$	Impuestos sobre productos T_j^{IP}
1. Agricultura y ganadería	0,179517939	0,031439883
2. Energía y minería	0,372536734	0,236816489
3. Industrias extractivas	0,313557502	0,00064787
4. Productos metálicos	0,285576862	0,018405464
5. Maquinaria industrial	0,326130534	0,056809909
6. Material eléctrico	0,372499764	0,029813291
7. Material electrónico	0,30299823	0,029813291
8. Máquinas oficina y precisión	0,286163073	0,029813291
9. Material de transporte	0,348571924	0,095991314
10. Alimentación	0,30684767	0,11125836
11. Textil, confección y calzado	0,304043231	0,160831714
12. Papel y gráficas	0,286263748	0,017338448
13. Productos farmacéuticos	0,327844684	0,04909584
14. Industria química	0,362160072	0,04909584
15. Industria no metálica	0,316447024	0,005096006
16. Otras manufactureras	0,281612499	0,057188178
17. Construcción	0,288317904	0,027161812
18. Comercio mayorista	0,284043586	0,003265751
19. Comercio menor y reparación	0,294340865	0,032122795
20. Hostelería	0,287139668	0,061182027
21. Transportes	0,305401513	0,035855512
22. Comunicaciones	0,317241124	0,035855512
23. Inmobiliarias y alquileres	0,27426514	0,064496431
24. Servicios a empresas	0,285401323	0,041785847
25. Educación	0,272920953	-0,001236948
26. Sanidad	0,290713051	0,002362367
27. Servicios recreativos	0,256814673	0,005372975
28. Servicios personales	0,273107621	0,031232887
29. Servicios financieros	0,232341183	0,036703034
30. Otros servicios	0,133441096	0,030898876
31. Administración Pública	0,294412839	0,000673642

Fuente: Elaboración propia

ANEXO III.
ECUACIONES DEL MEGA DINÁMICO

Tabla 19: Ecuaciones del MEGA dinámico

FORMULACIÓN DEL MEGA DINÁMICO	
SECTORES PRODUCTIVOS	
Función de producción anidada	$Q_{j(t)} = \beta_j \cdot XD_{j(t)}^{\alpha_j} \cdot M_{j(t)}^{(1-\alpha_j)}$ $XD_{j(t)} = \min_{i=1..31} \left\{ \frac{x_{ij(t)}}{a_{ij}}; \frac{VA_{j(t)}}{v_j} \right\}$ $VA_{j(t)} = v_j K_{j(t)}^{\theta_j} L_{j(t)}^{(1-\theta_j)}$
Ecuaciones de equilibrio intertemporal	$K_{j(t+1)} = (1 - \delta_j) K_{j(t)} + INV_{j(t)}$ $DIV_{j(t)} = PVA_{j(t)} \cdot VA_{j(t)} - PL_{j(t)} \cdot L_{j(t)} \cdot (1 + taxcss) - br \cdot PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)} - PVA_{j(t)} \cdot \Phi_{j(t)}$ $V_j^0 = \sum_{t=1}^{\infty} \prod_{s=1}^t \left(\frac{1}{1+r_s} \right) \cdot (DIV_{j(t)}), \quad \forall t = 1 \dots \infty$ $V_{j(t+1)} = V_{j(t+1)}^0 + V_{j(t)}^N$ $V_{j(t)}^N = (1 - br) \cdot PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)}$ $V_j^0 = \sum_{t=1}^{\infty} \prod_{s=1}^t \left(\frac{1}{1+r_s} \right) \left[PVA_{j(t)} \cdot VA_{j(t)} - PL_{j(t)} \cdot L_{j(t)} \cdot (1 + taxcss) - br \cdot PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)} - PVA_{j(t)} \cdot \Phi_{j(t)} \right]$ $PVA_{j(t)} \cdot \Phi'_{j(t)} + PK_t = \lambda_{j(t+1)} \quad t = 1, \dots, T-1$ $\left[PVA_{j(t)} \cdot \alpha_j \cdot \frac{VA_{j(t)}}{K_{j(t)}} + PVA_{j(t)} \cdot \Phi_{j(t)} \right] + (1 - \delta_j) \cdot \lambda_{j(t+1)} - (1 - r_j) \cdot \lambda_{j(t)} = 0 \quad t = 1, \dots, T-1$ $K_{j(t+1)} = (1 - \delta_j) \cdot K_{j(t)} + INV_{j(t)} \quad t = 1, \dots, T-1$ $L_{j(t)} = \frac{PVA_{j(t)} \cdot VA_{j(t)} \cdot (1 - \theta_j)}{PL_{j(t)} \cdot (1 + taxcss)} \quad t = 1, \dots, T-1$ $INV_{j(T)} = (g + \delta) \cdot K_{j(T)}$ $PVA_{j(T)} \cdot \Phi'_{j(T)} + PK_T = \lambda_{j(T)}$ $r_t = \rho$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Ecuaciones del MEGA dinámico (continuación)

SECTORES PRODUCTIVOS	
Ecuaciones de equilibrio intratemporal	$x_{ij(t)} = a_{ij} \cdot XD_{j(t)}$ $VA_{j(t)} = v_j \cdot XD_{j(t)}$ $PD_{j(t)} = \sum_{j=1}^n a_{ij(t)} \cdot P_{j(t)} + PVA_{j(t)} \cdot v_{j(t)}$ $P_j^H \begin{cases} \min \sum_{j=1}^n PD_{j(t)} \cdot XD_{j(t)} + PM_{j(t)} \cdot M_{j(t)} \\ \text{s.a. } Q_{j(t)} = \beta_j \left(XD_{j(t)}^{\alpha_j} \cdot M_{j(t)}^{(1-\alpha_j)} \right) \end{cases} \quad \forall j = 1, \dots, 31$ $M_{j(t)} = \frac{Q_{j(t)}}{\beta_j} \left(\frac{\alpha_j}{1-\alpha_j} \frac{PM_{j(t)}}{P_{j(t)}} \right)^{-\beta_j}$ $XD_{j(t)} = \frac{Q_{j(t)}}{\beta_j} \left(\frac{\alpha_j}{1-\alpha_j} \frac{PM_{j(t)}}{P_{j(t)}} \right)^{(1-\beta_j)}$ $P_{j(t)} = \frac{1}{\beta_j} \left(\frac{PD_{j(t)}}{\alpha_j} \right)^{\alpha_j} \cdot \left(\frac{PM_{j(t)}}{1-\alpha_j} \right)^{1-\alpha_j} \cdot (1-T_j^{IP})$
CONSUMIDORES	
Ecuaciones de equilibrio intertemporal	$U = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{(1+g)^{t-1}}{(1+\rho)^t} \cdot u(CT_t)$ $YH_{(t)} = [W_{(t)} \cdot L_{(t)} + DIV_t^H + IPC_{(t)} \cdot (TROW_{(t)}^H + TRG_{(t)}^H)] (1-TD_{(t)})$ $CT_{(t)} = \prod_j C_{j(t)}^{\eta_j} \quad t = 1, \dots, T-1$ $\sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot C_{j(t)} = YH_t - SH_t$ $\frac{YH_t - SH_t}{YH_{t-1} - SH_{t-1}} = \frac{(1+r_t) \cdot (1+g)}{(1+\rho)}$ $\frac{C_t}{C_{t-1}} = \frac{(1+r_t) \cdot (1+g)}{(1+\rho)}$
Ecuaciones de equilibrio intratemporal	$C_{j(t)} = \frac{\eta_j \cdot (YH_t - SH_t)}{P_{j(t)}}$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Ecuaciones del MEGA dinámico (continuación)

SECTOR PÚBLICO	
	$RD_{(t)} = TD \left[W_{(t)} \cdot LH_{(t)} + DIV_t^H + IPC_{(t)} (TROW_{(t)}^H + TRG_{(t)}^H) \right]$ $RCSS_{(t)} = \sum_{j=1}^{31} T_j^{CSS} \cdot W_{(t)} \cdot L_{j(t)}$ $RIP_{(t)} = \sum_{j=1}^{31} T_j^{IP} \cdot \frac{P_{(t)} \cdot Q_{j(t)}}{1 + T_j^{IP}}$ $DP_{(t)} = DIVGO_{(t)} + RD_{(t)} + RCSS_{(t)} + RIP_{(t)} -$ $- \sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot CGO_{j(t)} + IPC_{(t)} \cdot (TROW_{(t)}^{GO} - TRG_{(t)}^H)$
SECTOR EXTERIOR	
	$SROW_{(t)} = W_{(t)} \cdot LROW_{(t)} + \sum_{j=1}^{31} PM_{j(t)} \cdot M_{j(t)} - \sum_{i=1}^{31} P_{i(t)} \cdot E_{i(t)} -$ $- IPC_{(t)} \cdot (TROW_{(t)}^H + TROW_{(t)}^{GO})$
INVERSION/AHORRO	
	$\sum_{j=1}^{31} PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)} = \sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot I_{j(t)}$ $SH_{(t)} + SROW_{(t)} + DP_{(t)} + br \cdot \sum_{j=1}^{31} PK_{j(t)} \cdot INV_{j(t)} = \sum_{j=1}^{31} P_{j(t)} \cdot I_{j(t)}$
VACIADO DE MERCADOS Y EQUILIBRIO	
	$LH_{(t)} + LROW_{(t)} = \sum_{j=1}^{31} L_{j(t)}$ $\sum_{j=1}^{31} DIV_{j(t)} = DIVH_{(t)} + DIVGO_{(t)}$ $Q_{j(t)} = \sum_{i=1}^{31} x_{ij(t)} + C_{j(t)} + CGO_{j(t)} + I_{j(t)} + E_{j(t)}$

Fuente: Elaboración propia

ANEXO IV.
VARIABLES Y PARÁMETROS DEL MEGA DINÁMICO

Tabla 20. Notación matemática de variables y parámetros del modelo

<i>AGENTES</i>	<i>VARIABLES Y PARÁMETROS</i>	<i>SIGNIFICADO ECONÓMICO</i>
<i>Productores</i>	$K_{j(t)}$	Factor capital (Stock de capital)
	$L_{j(t)}$	Factor trabajo
	$VA_{j(t)}$	Valor añadido
	$x_{ij(t)}$	Consumos intermedios
	$XD_{j(t)}$	Producción doméstica
	$M_{j(t)}$	Importaciones
	$Q_{j(t)}$	Producción total
	$\beta_{j(t)}$	Coefficiente de eficiencia de la función de producción total
	$\alpha_{j(t)}$	Coefficiente técnico de la producción doméstica
	a_{ij}	Consumo intermedio del bien i para producir el bien j
	v_j	Cantidad de valor añadido por unidad de producción doméstica del bien j

	ν_j	Coeficiente de eficiencia del valor añadido
	θ_j	Coeficiente técnico del factor capital
	$(1-\theta_j)$	Coeficiente técnico del factor trabajo
	δ_j	Tasa de depreciación del capital
	$INV_{j(t)}$	Inversión productiva de cada empresa
	$IT_{(t)}$	Inversión total
	$\Phi_{j(t)}$	Parámetro del coste de ajuste
	$PVA_{j(t)}$	Precio del valor añadido
	$PL_{j(t)}$	Precio del factor trabajo
	$PK_{j(t)}$	Precio del factor capital
	$P_{j(t)}$	Precio producción doméstico
	$PM_{j(t)}$	Precio de las importaciones
	$taxcss$	Tipo de gravamen relativo a las cotizaciones a la seguridad social

	br T_j^{IP} $DIV_{j(t)}$ r_s V_j $V_{j(t)}^N$	Porcentaje de beneficios retenidos Tasa sobre productos y producción e IVA Pagos por dividendos Tipo de interés de cada periodo Valor de mercado de la empresa Valor de las nuevas acciones emitidas por la empresa
Consumidor	$CT_{(t)}$ g η_j ρ $YH_{(t)}$ $SH_{(t)}$ $DIVH_{(t)}$	Función de utilidad total Tasa de crecimiento a largo plazo Coeficiente de consume de cada sector productivo Factor intertemporal de descuento Renta disponible de los hogares Ahorro de los hogares Dividendos procedentes de los sectores productivos

	$IPC_{(t)}$	Índice de precios al consumo
	$TROW_{(t)}^H$	Transferencias procedentes del sector exterior
	$TRG_{(t)}^H$	Transferencias realizadas por el gobierno a los hogares
	$TD_{(t)}$	Impuestos sobre la renta de los hogares
Gobierno	$RD_{(t)}$	Recaudación impuestos directos sobre la renta de los hogares
	$RCSS_{(t)}$	Recaudación por cotizaciones sociales
	$RIP_{(t)}$	Recaudación de impuestos indirectos sobre productos
	$DP_{(t)}$	Déficit/Superávit público
	$DIVGO_{(t)}$	Dividendos procedentes de los sectores productivos
	$TROW_{(t)}^{GO}$	Transferencias del sector exterior al gobierno

<i>Sector exterior</i>	$SROW_{(t)}$	Saldo comercial con el sector exterior
	$LROW_{(t)}$	Oferta de trabajo del sector exterior
	$PM_{j(t)}$	Precio de las importaciones
	$E_{j(t)}$	Exportaciones

ANEXO V.
EFFECTOS SIMULADOS DEL MEGA DINÁMICO

Tabla 21. Valores de la producción total de los sectores productivos

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Agricultura y ganadería	4.907.952	4.907.952	4.894.683	4.879.327	4.862.440	4.844.680	4.826.757	4.809.389	4.793.261	4.792.179	4.795.447	4.803.093	4.815.093
2. Energía y minería	12.850.618	12.850.618	12.834.511	12.809.100	12.776.783	12.740.424	12.703.178	12.668.292	12.638.927	12.633.990	12.648.890	12.683.639	12.737.843
3. Industrias extractivas	3.165.208	3.165.208	3.165.483	3.166.042	3.166.816	3.167.721	3.168.663	3.169.538	3.170.243	3.170.402	3.169.923	3.168.820	3.167.140
4. Productos metálicos	10.523.418	10.523.418	10.521.601	10.519.203	10.516.378	10.513.306	10.510.187	10.507.217	10.504.587	10.504.288	10.505.192	10.507.319	10.510.690
5. Maquinaria industrial	7.977.982	7.977.982	7.979.648	7.980.541	7.980.862	7.980.852	7.980.773	7.980.892	7.981.466	7.981.062	7.982.283	7.985.143	7.989.637
6. Material eléctrico	5.463.818	5.463.818	5.477.193	5.490.964	5.505.030	5.519.269	5.533.547	5.547.723	5.561.656	5.561.873	5.561.219	5.559.714	5.557.425
7. Material electrónico	8.066.514	8.066.514	8.087.172	8.108.304	8.129.804	8.151.543	8.173.362	8.195.083	8.216.516	8.216.799	8.215.948	8.214.013	8.211.130
8. Máquinas oficina y precisión	7.018.070	7.018.070	7.023.001	7.028.554	7.034.580	7.040.899	7.047.306	7.053.571	7.059.461	7.059.815	7.058.748	7.056.301	7.052.596
9. Material de transporte	24.521.237	24.521.237	24.502.336	24.481.369	24.458.899	24.435.589	24.412.144	24.389.263	24.367.598	24.366.557	24.369.707	24.377.135	24.388.947
10. Alimentación	12.836.543	12.836.543	12.808.174	12.773.161	12.733.255	12.690.526	12.647.234	12.605.679	12.568.075	12.564.596	12.575.099	12.599.634	12.638.009
11. Textil, confección y calzado	4.794.354	4.794.354	4.783.791	4.771.005	4.756.586	4.741.230	4.725.694	4.710.745	4.697.119	4.695.961	4.699.458	4.707.632	4.720.433
12. Papel y gráficas	11.330.097	11.330.097	11.326.854	11.320.013	11.310.493	11.299.401	11.287.954	11.277.411	11.268.999	11.267.085	11.272.862	11.286.338	11.307.370
13. Productos farmacéuticos	5.673.134	5.673.134	5.720.491	5.765.466	5.808.625	5.850.671	5.892.402	5.934.668	5.978.322	5.977.013	5.980.963	5.990.169	6.004.510
14. Industria química	8.028.926	8.028.926	8.026.042	8.023.132	8.020.222	8.017.338	8.014.493	8.011.681	8.008.879	8.008.900	8.008.841	8.008.754	8.008.757
15. Industria no metálica	9.932.408	9.932.408	9.930.359	9.927.786	9.924.823	9.921.631	9.918.388	9.915.274	9.912.460	9.912.189	9.913.011	9.914.951	9.918.040
16. Otras manufactureras	9.715.757	9.715.757	9.710.261	9.703.477	9.695.748	9.687.484	9.679.123	9.671.106	9.663.849	9.663.189	9.665.186	9.669.879	9.677.291
17. Construcción	36.360.423	36.360.423	36.349.258	36.303.800	36.232.773	36.146.656	36.057.051	35.975.987	35.915.245	35.896.909	35.952.241	36.081.171	36.281.966
18. Comercio mayorista	21.996.749	21.996.749	21.992.346	21.961.648	21.911.345	21.849.471	21.784.925	21.726.931	21.684.522	21.670.460	21.712.893	21.811.759	21.965.710
19. Comercio menor y reparación	17.356.871	17.356.871	17.313.921	17.256.282	17.187.791	17.113.006	17.036.912	16.964.616	16.901.057	16.893.318	16.916.679	16.971.187	17.056.290
20. Hostelería	8.932.157	8.932.157	8.908.414	8.878.098	8.842.939	8.804.986	8.766.473	8.729.678	8.696.796	8.693.349	8.703.753	8.728.044	8.766.012
21. Transportes	26.251.452	26.251.452	26.229.958	26.189.956	26.136.191	26.074.342	26.010.675	25.951.670	25.903.649	25.893.789	25.923.544	25.992.889	26.100.916
22. Comunicaciones	29.039.359	29.039.359	29.050.284	29.022.913	28.966.969	28.894.169	28.817.475	28.750.281	28.705.669	28.685.277	28.746.840	28.890.582	29.115.255
23. Inmobiliarias y alquileres	36.589.955	36.589.955	36.541.045	36.436.322	36.290.252	36.120.118	35.944.855	35.783.849	35.655.848	35.626.467	35.715.185	35.922.562	36.247.342
24. Servicios a empresas	59.327.809	59.327.809	59.485.017	59.610.940	59.713.197	59.801.137	59.885.293	59.976.764	60.086.588	60.069.547	60.120.967	60.240.743	60.427.172
25. Educación	8.249.750	8.249.750	8.243.900	8.233.472	8.219.643	8.203.821	8.187.557	8.172.451	8.160.066	8.157.630	8.164.979	8.182.107	8.208.789
26. Sanidad	9.464.756	9.464.756	9.454.593	9.439.342	9.420.318	9.399.089	9.377.379	9.356.966	9.339.579	9.336.878	9.345.030	9.364.027	9.393.623
27. Servicios recreativos	16.227.819	16.227.819	16.193.641	16.146.421	16.089.553	16.027.073	15.963.406	15.903.093	15.850.536	15.843.646	15.864.440	15.912.942	15.988.615
28. Servicios personales	1.419.636	1.419.636	1.416.999	1.413.759	1.410.074	1.406.131	1.402.134	1.398.295	1.394.813	1.394.496	1.395.452	1.397.685	1.401.180
29. Servicios financieros	23.128.537	23.128.537	23.101.654	23.049.382	22.978.227	22.895.976	22.811.228	22.732.867	22.669.567	22.656.044	22.696.855	22.791.982	22.940.222
30. Otros servicios	6.138.622	6.138.622	6.125.037	6.106.394	6.084.008	6.059.444	6.034.419	6.010.696	5.989.981	5.987.307	5.995.377	6.014.197	6.043.549
31. Administración Pública	10.815.434	10.815.434	10.814.005	10.804.052	10.787.729	10.767.624	10.746.619	10.727.718	10.713.880	10.709.288	10.723.139	10.755.354	10.805.357

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Valores de la producción total de los sectores productivos (continuación)

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Agricultura y ganadería	4.831.366	4.851.771	4.876.082	4.903.960	4.934.914	4.968.254	5.003.041	5.038.036	5.071.670	5.102.037	5.126.930	5.143.965
2. Energía y minería	12.810.734	12.901.173	13.007.611	13.128.019	13.259.793	13.399.622	13.543.363	13.685.909	13.821.103	13.941.732	14.039.664	14.106.203
3. Industrias extractivas	3.164.955	3.162.360	3.159.461	3.156.376	3.153.223	3.150.118	3.147.168	3.144.472	3.142.113	3.140.162	3.138.680	3.137.723
4. Productos metálicos	10.515.321	10.521.219	10.528.365	10.536.705	10.546.125	10.556.436	10.567.351	10.578.472	10.589.276	10.599.113	10.607.229	10.612.808
5. Maquinaria industrial	7.995.742	8.003.411	8.012.567	8.023.085	8.034.783	8.047.396	8.060.565	8.073.817	8.086.551	8.098.043	8.107.458	8.113.897
6. Material eléctrico	5.554.455	5.550.938	5.547.026	5.542.884	5.538.678	5.534.569	5.530.701	5.527.202	5.524.176	5.521.704	5.519.847	5.518.660
7. Material electrónico	8.207.511	8.203.418	8.199.145	8.194.993	8.191.241	8.188.122	8.185.796	8.184.328	8.183.669	8.183.659	8.184.036	8.184.483
8. Máquinas oficina y precisión	7.047.827	7.042.239	7.036.112	7.029.740	7.023.416	7.017.410	7.011.950	7.007.215	7.003.315	7.000.298	6.998.157	6.996.854
9. Material de transporte	24.405.254	24.426.142	24.451.624	24.481.576	24.515.668	24.553.276	24.593.401	24.634.590	24.674.883	24.711.802	24.742.421	24.763.546
10. Alimentación	12.689.813	12.754.401	12.830.852	12.917.898	13.013.828	13.116.370	13.222.566	13.328.650	13.429.955	13.520.905	13.595.123	13.645.742
11. Textil, confección y calzado	4.737.742	4.759.369	4.785.031	4.814.329	4.846.711	4.881.429	4.917.492	4.953.619	4.988.211	5.019.340	5.044.791	5.062.174
12. Papel y gráficas	11.335.672	11.370.816	11.412.217	11.459.100	11.510.461	11.565.017	11.621.153	11.676.871	11.729.755	11.776.969	11.815.318	11.841.382
13. Productos farmacéuticos	6.023.757	6.047.581	6.075.540	6.107.073	6.141.469	6.177.849	6.215.124	6.251.975	6.286.825	6.317.844	6.342.976	6.360.026
14. Industria química	8.009.022	8.009.751	8.011.158	8.013.431	8.016.709	8.021.044	8.026.368	8.032.471	8.038.978	8.045.345	8.050.887	8.054.836
15. Industria no metálica	9.922.310	9.927.787	9.934.474	9.942.336	9.951.280	9.961.133	9.971.623	9.982.362	9.992.834	10.002.397	10.010.303	10.015.745
16. Otras manufactureras	9.687.435	9.700.291	9.715.794	9.733.795	9.754.036	9.776.102	9.799.385	9.823.045	9.845.986	9.866.849	9.884.048	9.895.864
17. Construcción	36.551.390	36.884.742	37.275.785	37.716.542	38.197.005	38.704.760	39.224.567	39.737.980	40.223.072	40.654.435	41.003.642	41.240.416
18. Comercio mayorista	22.172.237	22.427.702	22.727.284	23.064.831	23.432.640	23.821.175	24.218.759	24.611.280	24.981.993	25.311.522	25.578.206	25.758.983
19. Comercio menor y reparación	17.170.883	17.313.304	17.481.271	17.671.753	17.880.793	18.103.289	18.332.745	18.561.042	18.778.260	18.972.652	19.130.870	19.238.577
20. Hostelería	8.817.217	8.880.985	8.956.368	9.042.082	9.136.417	9.237.124	9.341.297	9.445.251	9.544.437	9.633.421	9.705.997	9.755.479
21. Transportes	26.245.927	26.425.446	26.636.174	26.873.884	27.133.244	27.407.613	27.688.797	27.966.831	28.229.818	28.463.918	28.653.602	28.782.301
22. Comunicaciones	29.418.248	29.795.540	30.241.467	30.748.339	31.305.918	31.900.775	32.515.605	33.128.568	33.712.821	34.236.451	34.663.131	34.953.829
23. Inmobiliarias y alquileres	36.686.581	37.235.496	37.887.043	38.631.241	39.454.239	40.337.203	41.255.077	42.175.395	43.057.381	43.851.750	44.501.726	44.945.920
24. Servicios a empresas	60.677.114	60.986.047	61.348.013	61.755.462	62.199.000	62.667.067	63.145.572	63.617.557	64.062.956	64.458.595	64.778.600	64.995.433
25. Educación	8.244.608	8.288.954	8.341.021	8.399.771	8.463.900	8.531.780	8.601.394	8.670.284	8.735.503	8.793.609	8.840.728	8.872.718
26. Sanidad	9.433.354	9.482.544	9.540.299	9.605.468	9.676.604	9.751.898	9.829.115	9.905.527	9.977.864	10.042.310	10.094.568	10.130.046
27. Servicios recreativos	16.090.413	16.216.781	16.365.602	16.534.101	16.718.694	16.914.809	17.116.685	17.317.175	17.507.608	17.677.766	17.816.082	17.910.150
28. Servicios personales	1.405.904	1.411.803	1.418.796	1.426.776	1.435.589	1.445.032	1.454.835	1.464.651	1.474.046	1.482.497	1.489.405	1.494.123
29. Servicios financieros	23.139.300	23.385.888	23.675.531	24.002.487	24.359.485	24.737.421	25.125.027	25.508.554	25.871.549	26.194.845	26.456.915	26.634.782
30. Otros servicios	6.083.015	6.131.977	6.189.599	6.254.790	6.326.151	6.401.902	6.479.815	6.557.133	6.630.519	6.696.052	6.749.293	6.785.489
31. Administración Pública	10.872.136	10.954.267	11.049.934	11.156.909	11.272.518	11.393.591	11.516.401	11.636.608	11.749.218	11.848.588	11.928.517	11.982.455

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Precio de venta de los bienes

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Agricultura y ganadería	1,00000	1,00000	0,99999	0,99990	0,99976	0,99959	0,99941	0,99925	0,99913	0,99909	0,99921	0,99949	0,99991
2. Energía y minería	1,00000	1,00000	0,99981	0,99849	0,99632	0,99366	0,99088	0,98838	0,98655	0,98595	0,98778	0,99203	0,99866
3. Industrias extractivas	1,00000	1,00000	0,99996	0,99969	0,99924	0,99869	0,99811	0,99759	0,99721	0,99708	0,99747	0,99835	0,99972
4. Productos metálicos	1,00000	1,00000	0,99996	0,99971	0,99928	0,99877	0,99822	0,99773	0,99738	0,99726	0,99762	0,99845	0,99974
5. Maquinaria industrial	1,00000	1,00000	0,99996	0,99968	0,99922	0,99866	0,99807	0,99754	0,99716	0,99703	0,99742	0,99832	0,99972
6. Material eléctrico	1,00000	1,00000	0,99997	0,99972	0,99932	0,99883	0,99832	0,99785	0,99751	0,99740	0,99774	0,99853	0,99975
7. Material electrónico	1,00000	1,00000	0,99998	0,99983	0,99958	0,99928	0,99897	0,99868	0,99847	0,99840	0,99861	0,99910	0,99985
8. Máquinas oficina y precisión	1,00000	1,00000	0,99997	0,99978	0,99946	0,99907	0,99866	0,99829	0,99802	0,99793	0,99820	0,99883	0,99980
9. Material de transporte	1,00000	1,00000	0,99998	0,99986	0,99965	0,99939	0,99913	0,99889	0,99871	0,99866	0,99883	0,99924	0,99987
10. Alimentación	1,00000	1,00000	0,99995	0,99958	0,99898	0,99824	0,99746	0,99676	0,99625	0,99609	0,99660	0,99778	0,99963
11. Textil, confección y calzado	1,00000	1,00000	0,99997	0,99976	0,99941	0,99898	0,99853	0,99812	0,99782	0,99772	0,99802	0,99871	0,99978
12. Papel y gráficas	1,00000	1,00000	0,99990	0,99924	0,99815	0,99681	0,99541	0,99415	0,99323	0,99292	0,99384	0,99599	0,99933
13. Productos farmacéuticos	1,00000	1,00000	0,99993	0,99947	0,99871	0,99778	0,99680	0,99592	0,99528	0,99507	0,99571	0,99721	0,99953
14. Industria química	1,00000	1,00000	0,99996	0,99965	0,99914	0,99852	0,99787	0,99728	0,99685	0,99671	0,99714	0,99814	0,99969
15. Industria no metálica	1,00000	1,00000	0,99995	0,99958	0,99897	0,99822	0,99744	0,99674	0,99623	0,99606	0,99657	0,99777	0,99963
16. Otras manufactureras	1,00000	1,00000	0,99995	0,99960	0,99902	0,99832	0,99758	0,99691	0,99642	0,99626	0,99675	0,99788	0,99965
17. Construcción	1,00000	1,00000	0,99982	0,99859	0,99657	0,99409	0,99150	0,98917	0,98747	0,98691	0,98861	0,99258	0,99875
18. Comercio mayorista	1,00000	1,00000	0,99979	0,99831	0,99589	0,99291	0,98981	0,98702	0,98498	0,98430	0,98635	0,99110	0,99850
19. Comercio menor y reparación	1,00000	1,00000	0,99979	0,99833	0,99594	0,99300	0,98993	0,98718	0,98516	0,98450	0,98651	0,99121	0,99852
20. Hostelería	1,00000	1,00000	0,99987	0,99897	0,99749	0,99568	0,99378	0,99208	0,99083	0,99042	0,99167	0,99457	0,99909
21. Transportes	1,00000	1,00000	0,99986	0,99888	0,99726	0,99528	0,99321	0,99135	0,98999	0,98954	0,99090	0,99407	0,99900
22. Comunicaciones	1,00000	1,00000	0,99974	0,99791	0,99492	0,99125	0,98743	0,98401	0,98150	0,98068	0,98318	0,98902	0,99815
23. Inmobiliarias y alquileres	1,00000	1,00000	0,99966	0,99726	0,99334	0,98853	0,98353	0,97905	0,97578	0,97470	0,97797	0,98561	0,99757
24. Servicios a empresas	1,00000	1,00000	0,99988	0,99908	0,99777	0,99615	0,99446	0,99294	0,99183	0,99146	0,99257	0,99516	0,99919
25. Educación	1,00000	1,00000	0,99992	0,99935	0,99843	0,99729	0,99609	0,99502	0,99424	0,99398	0,99476	0,99659	0,99943
26. Sanidad	1,00000	1,00000	0,99993	0,99942	0,99859	0,99757	0,99650	0,99553	0,99483	0,99460	0,99530	0,99694	0,99949
27. Servicios recreativos	1,00000	1,00000	0,99985	0,99878	0,99704	0,99489	0,99265	0,99063	0,98916	0,98867	0,99015	0,99358	0,99892
28. Servicios personales	1,00000	1,00000	0,99990	0,99923	0,99812	0,99676	0,99534	0,99406	0,99312	0,99281	0,99375	0,99593	0,99932
29. Servicios financieros	1,00000	1,00000	0,99975	0,99802	0,99518	0,99170	0,98806	0,98479	0,98240	0,98161	0,98400	0,98957	0,99825
30. Otros servicios	1,00000	1,00000	0,99984	0,99869	0,99680	0,99449	0,99206	0,98989	0,98829	0,98776	0,98936	0,99307	0,99884
31. Administración Pública	1,00000	1,00000	0,99987	0,99895	0,99744	0,99558	0,99364	0,99189	0,99061	0,99019	0,99147	0,99444	0,99907

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Precio de venta de los bienes (continuación)

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Agricultura y ganadería	1,00048	1,00118	1,00198	1,00287	1,00383	1,00482	1,00583	1,00680	1,00770	1,00849	1,00913	1,00955
2. Energía y minería	1,00755	1,01853	1,03139	1,04587	1,06162	1,07823	1,09520	1,11192	1,12768	1,14167	1,15297	1,16062
3. Industrias extractivas	1,00156	1,00381	1,00643	1,00935	1,01250	1,01580	1,01914	1,02240	1,02544	1,02813	1,03028	1,03173
4. Productos metálicos	1,00146	1,00358	1,00603	1,00878	1,01173	1,01482	1,01794	1,02099	1,02383	1,02634	1,02835	1,02970
5. Maquinaria industrial	1,00158	1,00387	1,00653	1,00950	1,01270	1,01603	1,01940	1,02268	1,02575	1,02845	1,03061	1,03207
6. Material eléctrico	1,00139	1,00339	1,00572	1,00832	1,01113	1,01405	1,01702	1,01991	1,02261	1,02499	1,02689	1,02818
7. Material electrónico	1,00085	1,00208	1,00351	1,00510	1,00681	1,00859	1,01040	1,01215	1,01379	1,01523	1,01639	1,01717
8. Máquinas oficina y precisión	1,00111	1,00270	1,00456	1,00663	1,00887	1,01120	1,01355	1,01585	1,01800	1,01989	1,02140	1,02242
9. Material de transporte	1,00072	1,00176	1,00296	1,00431	1,00577	1,00729	1,00884	1,01035	1,01176	1,01300	1,01400	1,01467
10. Alimentación	1,00209	1,00512	1,00865	1,01260	1,01687	1,02134	1,02587	1,03031	1,03446	1,03813	1,04108	1,04307
11. Textil, confección y calzado	1,00121	1,00297	1,00501	1,00728	1,00974	1,01230	1,01490	1,01743	1,01980	1,02188	1,02356	1,02469
12. Papel y gráficas	1,00378	1,00926	1,01564	1,02277	1,03048	1,03854	1,04672	1,05472	1,06222	1,06882	1,07413	1,07772
13. Productos farmacéuticos	1,00263	1,00645	1,01088	1,01584	1,02119	1,02679	1,03246	1,03800	1,04319	1,04776	1,05144	1,05391
14. Industria química	1,00176	1,00430	1,00725	1,01056	1,01412	1,01785	1,02163	1,02532	1,02877	1,03181	1,03426	1,03590
15. Industria no metálica	1,00210	1,00515	1,00869	1,01264	1,01690	1,02136	1,02587	1,03027	1,03439	1,03801	1,04092	1,04288
16. Otras manufactureras	1,00199	1,00488	1,00823	1,01197	1,01601	1,02022	1,02448	1,02865	1,03254	1,03596	1,03871	1,04056
17. Construcción	1,00704	1,01728	1,02929	1,04282	1,05757	1,07313	1,08906	1,10478	1,11962	1,13282	1,14349	1,15072
18. Comercio mayorista	1,00844	1,02072	1,03513	1,05135	1,06903	1,08771	1,10681	1,12567	1,14348	1,15931	1,17211	1,18079
19. Comercio menor y reparación	1,00833	1,02046	1,03467	1,05068	1,06811	1,08651	1,10533	1,12390	1,14142	1,15700	1,16959	1,17813
20. Hostelería	1,00514	1,01261	1,02137	1,03121	1,04191	1,05319	1,06471	1,07607	1,08678	1,09628	1,10397	1,10917
21. Transportes	1,00561	1,01376	1,02329	1,03399	1,04560	1,05783	1,07029	1,08255	1,09408	1,10430	1,11255	1,11813
22. Comunicaciones	1,01047	1,02580	1,04393	1,06454	1,08721	1,11140	1,13641	1,16135	1,18513	1,20644	1,22381	1,23564
23. Inmobiliarias y alquileres	1,01376	1,03401	1,05806	1,08555	1,11598	1,14866	1,18266	1,21678	1,24950	1,27899	1,30314	1,31965
24. Servicios a empresas	1,00457	1,01121	1,01896	1,02766	1,03709	1,04700	1,05710	1,06701	1,07633	1,08458	1,09124	1,09574
25. Educación	1,00322	1,00789	1,01333	1,01943	1,02603	1,03295	1,03998	1,04688	1,05336	1,05908	1,06370	1,06681
26. Sanidad	1,00289	1,00707	1,01193	1,01738	1,02326	1,02942	1,03567	1,04179	1,04753	1,05259	1,05666	1,05941
27. Servicios recreativos	1,00608	1,01491	1,02524	1,03685	1,04947	1,06276	1,07631	1,08966	1,10223	1,11337	1,12237	1,12846
28. Servicios personales	1,00385	1,00942	1,01593	1,02321	1,03110	1,03938	1,04779	1,05604	1,06379	1,07063	1,07615	1,07988
29. Servicios financieros	1,00989	1,02430	1,04121	1,06027	1,08105	1,10301	1,12550	1,14771	1,16869	1,18735	1,20245	1,21269
30. Otros servicios	1,00655	1,01604	1,02711	1,03952	1,05295	1,06704	1,08136	1,09540	1,10857	1,12021	1,12959	1,13592
31. Administración Pública	1,00524	1,01284	1,02168	1,03157	1,04226	1,05346	1,06481	1,07593	1,08634	1,09553	1,10292	1,10790

Fuente: Elaboración propia