

3.1. MESA REDONDA I: LAS TABLAS INPUT-OUTPUT REGIONALES, por:

D. JULIO ALCAIDE INCHAUSTI
D. JOAQUÍN AURIOLES MARTÍN
D. JAVIER ARACIL SANTOJA

INTERVENCION DE D. JULIO ALCAIDE INCHAUSTI:
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE ESTADISTICA DE LA FUNDACION FIES

Ha pasado bastante tiempo desde el mes de Junio de 1972 en el que un grupo de estadísticos y economistas españolas nos reunimos en Alcalá de Henares, en una Mesa Redonda que tenía como fin estudiar: los indicadores económicos regionales, la Contabilidad Regional y las Tablas Input-Output regionales. Cuando para preparar esta intervención he releído aquellas notas me he reído del apasionamiento y la ilusión que teníamos los que interveníamos en aquella Mesa Redonda sobre algo que realmente se nos presentaba como insólito, deseable y futurible.

Fundamentalmente, ha venido a mi mente el recuerdo de la profesora Vera Caopina que siendo ya bastante mayor en aquella circunstancia, presentaba con un apasionamiento intensísimo su punto de vista sobre la necesidad de elaboración de Tablas Input-Output Regionales. Recuerdo el pulso que echó con los representantes de la Oficina Estadística de la OCDE y de la Comunidad Europea que estaban presentes en aquella circunstancia.

La fortaleza con que esta señora planteaba su punto de vista de la necesidad ineludible de contar con métodos de información y estadísticas agregadas y de síntesis que sean capaces de interpretar de una manera clara y fehaciente la realidad económica de un determinado espacio, realmente era algo que le apasionaba. Creo que, merece la pena que, en una circunstancia como esta, se recuerde a esta Profesora que realmente fue paladín en toda Europa del modelo Input-Output.

En aquel momento, en España, ya se habían elaborado tres Tablas Input-Output espaciales. La primera presentada fue la que bajo el título "La industria siderúrgica asturiana" elaboró SADEI (Sociedad Asturiana de Estudios Industriales), y que tenía como fin analizar

con profundidad los problemas que ya existían en aquel entonces de la siderurgia Asturiana y ver de que manera podía enfrentarse con esta metodología a la solución de sus problemas. Bien es cierto que las Tablas Input-Output poco podía resolver en favor de una situación tan especial como era la del sector siderúrgico ya en aquel entonces. Recuerden que estamos hablando del año 1972.

También, en aquella época, había sido publicada la Tabla Input-Output de la economía catalana, un trabajo enormemente meritorio de Joaquín Muns y Rafael Puyol que fueron capaces con un esfuerzo titánico, una falta de medios considerable y una insuficiencia metodológica manifiesta, de hacer frente a aquel trabajo que fue enormemente útil en la medida en que fue capaz de hacer una fotografía de, lo que era entonces, la economía catalana.

Como un trabajo monográfico de menos entidad pero que recuerdo que Vera Caopina lo alabó de una forma excepcional. Las Tablas Input-Output de la provincia de Córdoba estaban elaboradas por el profesor José Javier Rodríguez Alcaide, que efectivamente fue un modelo de rigor y de sistema en la elaboración de Tablas.

La discusión, en aquellas circunstancias se centraba en el punto de vista de las oficinas de estadística, tanto de la CEE como de la OCDE, de que no era posible metodológicamente elaborar Tablas Input-Output ni Contabilidades Regionales y que, a lo más que podía aspirarse, era elaborar un método de indicadores económicos regionales que pusieran en evidencia los rasgos y variables fundamentales de la economía regional. Esta era una tesis sostenida, duramente, por parte de los representantes de estas oficinas estadísticas frente a la posición de Vera Caopina que encontraba siempre una solución a los problemas metodológicos que, indudablemente, un sistema de Cuentas y Tablas Regionales lleva asociado.

Es evidente, que hay que dar saltos en el aire para resolver problemas metodológicos en las Cuentas y Tablas Regionales. Piensen ustedes, que la Contabilidad Regional debe necesariamente contemplar un Sector Exterior y un Sector Público. Esto suscita la cuestión de como es posible determinar el volumen de compras y de ventas realizados por una Comunidad Autónoma con el resto de las provincias españolas y con el resto del mundo sin estar delimitado por fronteras.

Los dirigentes de las oficinas estadísticas de los organismos europeos, a las que me he referido antes, tenían razón en cuanto a la dificultad de distribuir entre los distintos espacios geográficos lo que son los Gastos Públicos centralizados de la Administración Central, que son unos servicios realizados para el total de la colectividad y que, indudablemente, no se podrían imputar en las Tablas Input-Output Regionales de la Comunidad de Madrid sino que, como corresponde a todas las comunidades, habría que distribuirlo teóricamente entre ellas.

Las dificultades metodológicas se hallan, no solo en el Sector Público y en el Sector Exterior sino también, en el Sector Empresarial debido a la existencia de un buen número de empresas multiregionales. Pensemos, por ejemplo, en telefónica, que tiene unos servicios centrales que están situados en Madrid, lógicamente los servicios de telefónica no pueden imputarse íntegramente a Madrid. Podrían imputarse desde la vertiente de los ingresos de los empleados pues ciertamente sería una renta generada en Madrid y percibida por residentes en Madrid pero no lo sería desde la vertiente del Gasto.

En definitiva lo, que intento poner sobre la mesa con todos estos ejemplos, es la evidencia de la problemática asociada a la elaboración de Tablas Input-Output regionales. A todos estos problemas se enfrentaba la voluntad y el interés de poder superar, con los árbitros y compromisos necesarios, los obstáculos existentes para llegar a construir modelos representativos de la estructura de economías espaciales.

En aquel momento existía una gran pasión por la elaboración de todos estos instrumentos. No obstante, con el paso del tiempo las Contabilidades Nacionales y las Tablas Input-Output nacionales se han convertido en instrumentos válidos. Además se ha superado el sistema de cuentas de la OCDE y se ha llegado al Sistema Europeo de Cuentas Integradas (SEC).

La EUROSTAT había diseñado el método para que a partir de 1965 se elaborasen Tablas Input-Output, a nivel nacional, para cada uno de los países de la CE. Así se hizo por todos los países que en aquel momento formaban la Comunidad con la excepción de Luxemburgo. La OSCE hizo una agregación de aquellas tablas por países llegando a una tabla global de la CEE. En aquel tiempo la Comunidad contaba con un número de miembros inferior al actual.

En el caso de España, el responsable del área correspondiente del INE era D. José Quedo, actual presidente del INE. Este representante tenía reuniones frecuentes con los miembros de los organismos estadísticos comunitarios y desde el principio y con gran visión se percató de que sería bueno que aún no formando España parte todavía de la CEE sería bueno que nuestro modelo estadístico y la elaboración de Tablas Input-Output y Contabilidad Nacional se adaptasen ya a la metodología SEC. Evidentemente, fue un enorme acierto pues al incorporarse más tarde España a la CEE, desde el punto de vista estadístico, no ha tenido que realizar adaptaciones sino simplemente continuar con lo que se venía haciendo.

A lo largo del tiempo del interés por la elaboración de Tablas Input-Output y Contabilidad Regional se ha ido extendiendo con diversas alternativas temporales de tal forma, que en España, quedan muy pocas Comunidades Autónomas que no tengan tablas Input-Output. Creo que faltan Madrid, Castilla la Mancha y Baleares y quizás puede que alguna más.

Al llegar aquí convendría plantear dos cuestiones: La primera es si es posible elaborar Tablas Input-Output Regionales y la segunda es, si una vez elaboradas, pueden ser útiles a las colectividades, es decir, si su coste está justificado.

Evidentemente las Tablas Input-Output regionales si se pueden construir. De hecho aquí tenemos unas Tablas Input-Output de Castilla y León que van a presentar en este Congreso. Indudablemente ha habido que resolver un montón de cuestiones y problemas metodológicos como los anteriormente planteados pero es que no hay otra solución posible para cubrir esos fallos y lagunas y de otra manera se llegaría a un conjunto de variables y de series estadísticas pero no tendrían la estructura de Tablas Input-Output y Contabilidad Regional.

En la segunda cuestión, acerca de la utilidad de estos instrumentos, debo reconocer que las Tablas pueden ayudar a la toma de decisiones políticas pues el modelo Input-Output permite muchas aplicaciones. Pero yo, como estadístico, creo que es fundamentalmente útil por las lagunas estadísticas que las Tablas Input-Output logran cubrir a través de su construcción. Su gran valor, es que es un instrumento que en países como el nuestro, en el que existen insuficiencias estadísticas notorias, por la sistemática de su elaboración obliga y fuerza a aportar datos que la estadística no sistematizada de esta forma es incapaz de aportar.

La Tabla Input-Output es un cuadro de doble entrada en el que aparece en primer lugar los productos intermedios consumidos por cada uno de los sectores productivos, debajo de estos aparecen los inputs primarios que determinan el VAB, o lo que incorporan los sectores a las Materias Primas para formar el volumen de producción del Sector. Por último situada a la derecha de la Tabla Intermedia está la de Demanda Final o destino de los bienes producidos por cada Sector para el Consumo, la Inversión o la Exportación. Esta estructura ha de aparecer perfectamente cuadrada, sector a sector, de forma que el input de cada sector será igual a su output.

Existen algunos sectores que son más conflictivos que otros a la hora de obtener los

datos. Por ejemplo, lo son especialmente las ramas de los Servicios de las que en algunos casos solo se conoce el empleo. La Tabla exige también que esas ramas aparezcan cuadradas y enlazadas con las anteriores por lo que va delimitando hasta donde es posible llegar en su cálculo. Es la gran aportación de las estadísticas de síntesis, ya que no hay más remedio que buscar procedimientos para el cálculo de todas las ramas y el conocimiento de la realidad lo más aproximado posible.

En mi opinión, todo el esfuerzo que se haga en la elaboración de todos estos instrumentos aun reconociendo sus imperfecciones, sus insuficiencias y sus dificultades es importante y debería continuarse.

INTERVENCION DE D. JOAQUIN AURIOLES MARTIN:
MIEMBRO DEL EQUIPO ELABORADOR DE LAS TABLAS INPUT-OUTPUT
DE CASTILLA Y LEON

Quiero decir, en primer lugar, que las Tablas Input-Output de Castilla y León son el resultado del esfuerzo de un gran número de personas y que quizás no sea yo la más adecuada ni la que tiene más méritos para estar aquí, es un honor que me han delegado y que por tanto debo agradecer públicamente.

Me gustaría plantear alguna de las cuestiones relativas al proceso de elaboración de las tablas Input-Output y la Contabilidad Regional de Castilla y León y también señalar algunas de las limitaciones a las que están sujetas sus resultados pero que, como ha dicho Julio Alcaide no deben ser motivo de desánimo ni descalificación, sino por el contrario, un punto de referencia de cual puede ser el camino por el que avanzar.

Debo advertir que existe una comunicación presentada junto con el profesor Benavides en uno de los grupos de trabajo dedicados a "La modelización y cuantificación de la economía regional". En ella se realiza una aproximación a la identificación de los complejos productivos de la economía, a su estructura interna y se intenta llegar a determinar las formas de dependencia exterior de la economía regional, mediante el análisis de las funciones de abastecimiento de las distintas ramas. Evitará, en consecuencia, repetir su contenido y remito a ella a los interesados en el Tema.

Estas Cuentas Económicas se elaboran por primera vez en esta Comunidad Autónoma y constan de dos elementos: Las Tablas Input-Output y la Contabilidad Regional de 1985. Además se ha hecho una proyección de ambas hasta 1987. Se incluye también, en la publicación, una explotación de la información que se ha ido depurando a lo largo de estos años de trabajo, y que, aunque intensa, no llega al límite de lo que es posible con la información acumulada.

Comenzando por las referencias metodológicas hay que señalar que las Tablas Input-Output y la Contabilidad Regional de Castilla y León toman como referencia el SEC y se adaptan a él, excepto en todo aquello a lo que el SEC no da una solución satisfactoria, o que, por tratarse de circunstancias específicas de la región, no se hace en dicho sistema un tratamiento suficientemente adecuado.

Las Tablas Input-Output son un modelo y como tal ofrecen una representación sintética de como funciona la economía regional. Básicamente, de como se produce la confluencia entre la producción y el consumo, mostrando además los intercambios entre los agentes regionales y entre los agentes externos, distinguiendo entre lo del resto de España y los del resto del Mundo.

Las operaciones en el SEC se agrupan en operaciones de bienes y servicios, de distribución y financieras. En las Comunidades Autónomas aún no es posible recoger estas últimas. Las operaciones de bienes y servicios muestran cual es el proceso de formación de la producción regional, de la demanda y también del Valor Añadido. Por su parte, las operaciones de distribución muestran como participan los distintos factores originarios de la producción en el Valor Añadido. Como hemos dicho las Tablas Input-Output de Castilla y León no incluyen las operaciones financieras.

La Tabla es una representación del circuito económico regional en la que las distintas actividades aparecen agrupadas, por similitud, en ramas productivas. La economía castellano-leonesa ha sido dividida en 55, ramas tratando de recoger las peculiaridades de la región e intentando facilitar la comparación de los resultados con las de otras regiones o espacios

económicos. Por ello se presenta también su agregación a nivel de 44 ramas (R-44) y 17 ramas (R-17) que propone EUROSTAT.

Es importante destacar como se han solucionado algunos problemas básicos, por ejemplo, el de las relaciones con el exterior. Creo, que se ha hecho un esfuerzo muy importante en este sentido y que la Tabla Input-Output de Castilla y León realiza un tratamiento bastante exhaustivo de las Importaciones. Cada flujo entre ramas tiene tres componentes: en el primero de ellos aparecen las relaciones entre unidades que funcionan dentro de Castilla y León, en el segundo aparecen las relaciones con el resto de España y en el tercero las Importaciones del extranjero.

El tratamiento de las Exportaciones es más simple puesto que todo lo que se comercializa fuera de Castilla y León aparece en una columna de la Demanda Final también con cierto nivel de desagregación pero en un solo vector. Mi conclusión es que el modelo Input-Output hace un tratamiento muy exhaustivo de las importaciones pero no así de las exportaciones. Esto es seguramente consecuencia de la propia naturaleza del modelo Input-Output que pone mucho énfasis en el tratamiento de las relaciones técnico-productivas y menos en las relaciones económicas.

La Contabilidad es otra forma de representar el circuito económico regional solo que, mientras que las Tablas Input-Output lo hacen desde el punto de vista de las ramas productivas la Contabilidad lo hace desde la perspectiva de los Sectores Institucionales y así se agregan: las familias, las empresas, las Administraciones Públicas etc. Las cuentas en las que se divide la Contabilidad Regional se pueden presentar para el total de la economía o para cada uno de los sectores institucionales, es decir, para cada una de las agrupaciones individuales de unidades institucionales.

La Contabilidad Regional de Castilla y León hace un tratamiento completo de la Cuenta de Bienes y Servicios y de la Cuenta de Producción que permiten llegar a calcular el VAB regional. La Cuenta de Explotación, que explica la desagregación del VAB regional, consigue bastante detalle pero faltan en ella algunas partidas de imposible medición, por las limitaciones del aparato estadístico como es el caso de "la remuneración de empresarios de la Comunidad Autónoma a trabajadores del exterior", pero ello no invalida ni la estructura de la Cuenta ni, por supuesto, su saldo, siempre que se conozca exactamente la información que contiene.

Más compleja resulta la estimación de algunas magnitudes de las Cuentas de Renta y de Utilización de Renta, en las que existen partidas de muy difícil cálculo como: "la remuneración de asalariados residentes por empleadores no residentes", "las rentas de la propiedad y de la empresa procedentes del exterior", "operaciones de seguro con el resto del mundo", etc. Se, que en otras Cuentas Regionales se ofrecen algunas de estas magnitudes, aunque la precariedad de la información que soporta su estimación es considerable. Por ello, opino que en Castilla y León se ha optado acertadamente por presentar solamente las cifras que es posible con cierto rigor y garantía de estimación.

Con esto quiero decir que todas esas partidas a las que me he referido anteriormente lógicamente se hallarán recogidas en el saldo de la Cuenta de Utilización de Renta que constituye la partida "Ahorro Regional". Así cuando hablemos de la Cuenta de Capital se ha de tener en cuenta que hemos trasladado a ella un saldo de Ahorro Regional que engloba otras partidas.

Por lo que se refiere a las cuentas de los sectores institucionales se ha llegado a un nivel de desagregación considerable en el tratamiento de las Administraciones Públicas: La Administración Pública Estatal con representación en la Comunidad Autónoma, la propia Admi-

nistración Pública Regional y la parte correspondiente de la Seguridad Social. en cambio en el tratamiento de los restantes sectores: Exterior, Familias y Empresas, existen limitaciones muy importantes para poder llevar a cabo una desagregación al mismo nivel que en el sector Administraciones Públicas.

La opción en el caso de tales sectores ha sido la de mantenerse dentro de lo que se considera honesto sin tener que hacer demasiados ejercicios de estimación y presentar por diferencia entre el Conjunto de la Economía y el Sector de las Administraciones Públicas un Sector privado que incluiría a las Familias, a las Empresas y al Exterior.

La proyección de la Tabla Input-Output hasta el año 1987 se planteó desde el comienzo de los trabajos como algo necesario. Los preparativos de recogida de la información de campo, que también debía incluir lo referente a 1987, se planteó en 1988, por lo que tampoco era posible recoger información más próxima en el tiempo, pues los datos de las empresas no iban a estar disponibles y los de la información indirecta complementaria tampoco.

La proyección de las Tablas Input-Output al año 1987 fue responsabilidad de los profesores Rodríguez Alcaide y Titos Moreno que establecieron un procedimiento bastante coherente que toma com información de partida la recogida de las empresas, a las que se pedían datos para algunas de las partidas de los años 1985, 1986 y 1987. Este ya constituía un sólido apoyo para realizar la extrapolación a 1987. En segundo lugar se realiza una estimación bastante exhaustiva de los componentes de la Demanda Final para 1987, fundamentalmente a partir de información indirecta. Por último se desarrolló una metodología de aproximación a los valores finales de la Tabla de 1987 a la que me voy a referir en brevemente.

El método de extrapolación consta de una serie de fases. La primera de ellas es la de estimar unos indicadores de evolución de las principales magnitudes. La información básica utilizada para ello fue la proporcionada por las empresas para la muestra común de tres años a la que nos hemos referido. En segundo lugar, se utilizó la información indirecta para aquellas actividades no investigadas directamente como por ejemplo las Administraciones Públicas, Educación, Sanidad, etc.

A partir de la información anterior se establecieron unos indicadores de extrapolación que se refieran al Consumo Intermedio, al Coste Bruto Salarial, a las Cotizaciones a la Seguridad Social, al Valor Añadido Bruto y a la Producción a Precios de Salida de Fábrica. Las posibles divergencias que se producían en estos datos se solucionaban fijando al valor de los Salarios y Seguridad Social y ajustando el valor de la producción, que, como es la suma de los restantes componentes, al ajustar ésta se ajustan los restantes sumados.

La fase más compleja fue la proyección de la tabla de Consumos Intermedios cuyo procedimiento fue iterativo por aproximación sucesiva. El método consistía, básicamente en efectuar una estimación de la Tabla de 1987 utilizando los coeficientes técnicos del año 1985 es decir, estableciendo como hipótesis la misma estructura de costes que existía en 1985 y aplicando dicha estructura de costes al vector fila que se había estimado anteriormente con los indicadores y que se refería al valor de la demanda intermedia de las distintas ramas productivas. A continuación, se procedía a aplicar a la Tabla calculada con el procedimiento relativo de las diferentes inputs intermedios que había sido posible conocer explotando la información contenida en la muestra común.

Otro intento de aproximación consistió en abandonar la hipótesis de mantenimiento de la estructura de costes de 1985 y analizar la evolución tecnológica o estructura de funcionamiento de la Comunidad mediante un análisis de los Gastos de Explotación para Productos, Materias Primas y Materias Auxiliares equivalentes en empresas pertenecientes a la muestra

común. Por último, se realizó un estudio de los coeficientes técnicos relevantes mediante un algoritmo que podrán encontrar en la publicación de las Tablas Input-Output de Castilla y León y que lograba la convergencia de todos los resultados en los valores finales de las Tablas Input-Output de 1987.

I. INTRODUCCIÓN

Cuando la Profesora Ferrández Arufe me propuso participar en esta Mesa Redonda, dudé en aceptar pues, ni soy experto en economía regional, ni tampoco en tablas *input-output*. No obstante, reconsiderando la propuesta llegué a la conclusión de que quizás fuese interesante presentar aquí un método de modelación que, por parte, se ha aplicado a la modelación regional haciendo uso de las tablas *input-output*, y que, desde un punto de vista metodológico, tiene características complementarias a la de los métodos fundamentalmente cuantitativos, y de base estadística, que se han mencionado en otras intervenciones.

El método al que voy a referirme se basa en la simulación mediante computador, y se conoce como *dinámica de sistemas*.

II. DINÁMICA DE SISTEMAS

La dinámica de sistemas es un método para el estudio de sistemas complejos mediante la construcción de un *modelo de simulación mediante computador*^{1,2}. Cuando hablamos de un sistema nos referimos a un objeto complejo, que tiene una cierta entidad (por eso hablamos del sistema) y cuya complejidad deriva del hecho de estar formado por partes en interacción. Esta interacción tiene lugar mediante la trama de relaciones que articulan a las partes en la entidad de orden superior que es el sistema. Es claro que un sistema regional, con sus distintos sectores económicos y comarcales en interacción, entre ellos y con su entorno, se ajusta perfectamente a esta definición.

Para la construcción del modelo es necesario adoptar una metodología que permita a los investigadores trasladar sus percepciones del sistema real a un modelo matemático. En la medida en que en un modelo de esta naturaleza deben intervenir especialistas de distintas tradiciones, así como tenerse en cuenta la opinión de políticos y órganos decisorios, se requiere una metodología que suministre un lenguaje *interdisciplinario* entre todos los participantes en el proceso de modelado. La dinámica de sistemas, como metodología para la construcción de modelos socioeconómicos, suministra este lenguaje.

En la construcción de un modelo se parte de dos tipos de información. Por una parte, se tiene la información cuantitativa, en forma de datos numéricos, a veces indicados en el tiempo, en forma de series temporales. Además de esta información, disponemos de otra, de carácter mucho más sutil, pero no menos importante, y a la que de una forma genérica nos podemos referir como información *cualitativa*. Esta información se refiere al conocimiento que poseen los especialistas en el sistema a modelar sobre las relaciones estructurales que se producen en su seno.

Los modelos de dinámica de sistemas permiten organizar explícitamente teorías descriptivas de distintos aspectos del sistema estudiado. En este sentido, teorías parciales, relativas a subsistemas del sistema global considerado, pueden interconectarse para dar razón del comportamiento global del sistema. A partir de estas interacciones parciales, y mediante la compleja red de relaciones que se refleja en la estructura del sistema, se determina su comportamiento en, cuando los útiles específicos del método, y en especial la simulación mediante

computador. De este modo el comportamiento del sistema resulta, en gran medida, de las interacciones entre sus partes. Interacciones que son consecuencia de las hipótesis incorporadas al modelo.

La principal ventaja que presentan los modelos construidos mediante la dinámica de sistemas reside en su transparencia, que permite que las hipótesis sobre las que han sido establecidos sean fácilmente accesibles. La parte más notable de esta hipótesis da lugar a la estructura del sistema, la cual se reflejan en el diagrama de influencias, que no es sino un grafo en el que se muestran las principales relaciones que se establecen entre las magnitudes que se describen en el sistema modelado.

Es interesante resaltar que en dinámica de sistemas se pretende explicar *endógenamente* la generación del comportamiento. La generación endógena del comportamiento por el sistema está asociada a la existencia en la estructura del modelo de *bucles de realimentación*. Estos bucles son cadenas de influencias circulares, cuya presencia permite explicar determinadas formas del comportamiento de un sistema, que son específicas de la propia estructura, e independientes de las sollicitaciones exteriores a las que se ve sometido. En esta posibilidad de explicar el comportamiento mediante la estructura, en el sentido concreto que veremos luego, reside la complementariedad entre metodologías como la dinámica de sistemas y otros métodos, de base estadística, de construir modelos^{5, 6}.

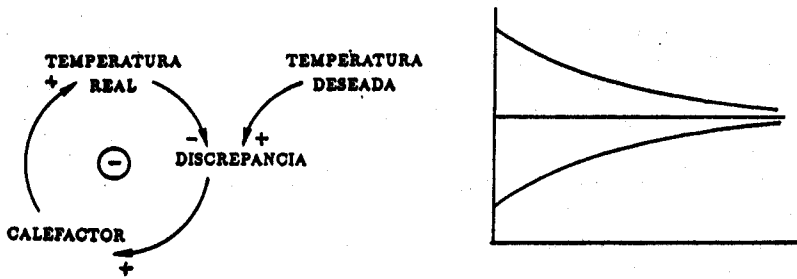


Figura 1: Estructura de realimentación negativa (a) y comportamiento asociado (b).

Con el fin de aclarar esta relación entre estructura y comportamiento, veamos como es intuitivo asociar un comportamiento a los dos tipos de bucles de realimentación más simples que existen: el de realimentación negativa y el de realimentación positiva¹⁰. En la figura 1 se tiene una estructura de realimentación negativa. Se comprende que de acuerdo con los signos de las influencias, cualquier variación que se produzca en uno de los elementos del bucle, se atenúa a lo largo de él. Se tiene, por tanto, un comportamiento autoregulator. Por ello esta estructura es la que emplean corrientemente los Ingenieros de Control en el diseño de los sistemas automáticos¹¹. En la figura 1b se tiene el comportamiento de un sistema cuya estructura sea la de la figura 1a.

En la figura 2 se tiene un bucle de realimentación positiva. Cualquier variación que se produzca en uno de los elementos se refuerza a lo largo de bucle, de modo que se tiene un comportamiento autoreforzado o catalítico. En la figura 2b se muestra la forma cualitativa del comportamiento correspondiente.

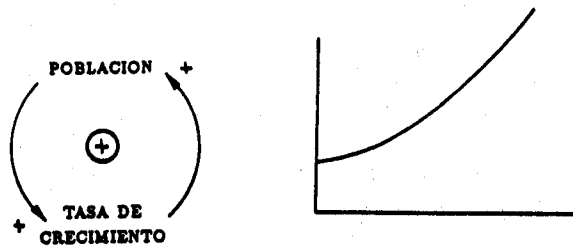


Figura 2: Estructura de realimentación positiva (a) y comportamiento asociado (b).

De este modo, a la estructura de realimentación, sea positiva o negativa, es posible asociar modos de comportamiento como los representados en las figuras 1b y 2b. Esta identificación entre estructura y comportamiento es posible hacerla de forma inmediata si el sistema posee una estructura de realimentación simple. Sin embargo, esto no es lo corriente. Por ejemplo, en el grafo de la figura 3 se tiene la estructura de un modelo elemental de evolución de un área urbana, sobre el que volveremos más adelante, y en el que se tienen múltiples bucles de realimentación, por lo que no es inmediato el asociarle el comportamiento correspondiente. Se recurre entonces a especializar los componentes de la estructura, para obtener un sistema dinámico, que, simulado en un computador, permitirá generar el comportamiento.

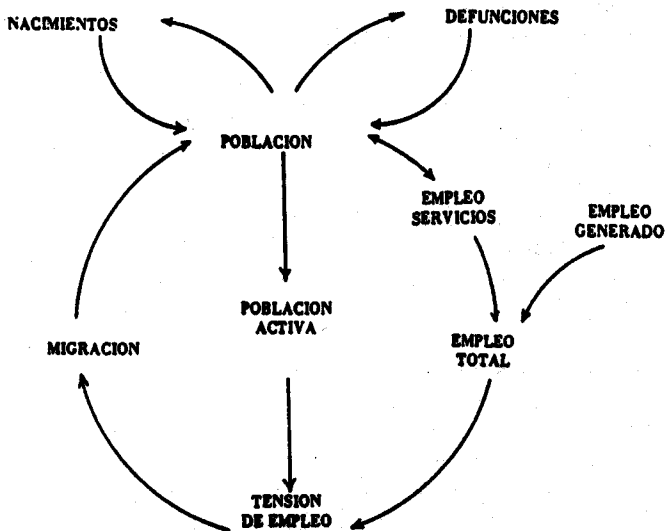


Figura 3: Modelo elemental de un área urbana o regional.

3. MODELOS REGIONALES

La primera labor en la construcción de un modelo consiste en describir el "sistema" real que se trata de simular. En el caso de un modelo regional las entidades que forman el sistema incluyen cosas tales como población, capitalización, superficie, etc., de la región que se trata de modelar. Las interrelaciones entre esas entidades están formadas por *actividades* tales como la emigración, inversión de capital, producción de bienes y servicios, variaciones en los usos de la tierra (superficie) etc.

La dinámica de sistemas presenta características especialmente idóneas para su utilización en la construcción de modelos regionales, concebidos para previsión a medio y a largo plazo. Estos modelos permiten generar los comportamientos que cabe esperar que presenten las principales magnitudes socioeconómicas que describen el comportamiento del sistema regional.

En la construcción de un modelo de un sistema regional, puede (y de hecho así se hace en la práctica) partirse de la consideración del sector demográfico. En este sector la variable más importante es la *población*, que mide el número de habitantes en la región considerada. Esta población puede desagregarse en distintos tipos de población, o en cohortes de edad, pero de momento se considerará como una magnitud agregada. Su evolución tiene una gran importancia en la consideración del sistema regional.

La evolución de la población de una región se ve afectada por su propio crecimiento vegetativo y por los movimientos migratorios. El crecimiento vegetativo será el resultado del balance entre nacimientos y defunciones que se produzcan en la región considerada, teniendo un carácter fundamentalmente natural, aunque es evidente que puede resultar afectado por una adecuada sanidad pública.

Por lo que respecta a las emigraciones, su consideración debe hacerse bajo una óptima fundamentalmente socioeconómica. Son el resultado de la distinta atracción que ejercen las diferentes regiones como consecuencia de la incidencia de factores como la distinta tensión de empleo, las diferencias de salarios y otras, variando estos efectos sensiblemente con las circunstancias, siendo esta influencia no del todo conocida.

Un caso especialmente simple es el que se presenta como consecuencia de la creación de nuevos puestos de trabajo en una determinada área urbana, de modo que el estado de saturación de la zona en cuestión y la carestía de puestos de trabajo en otras regiones próximas va a determinar que la creación de nuevos puestos de trabajo traiga consigo una corriente migratoria.

En la figura 3, se muestra el diagrama de influencias de una versión simplificada de un modelo regional. Ese diagrama constituye un excelente ejemplo del modo de razonamiento empleado en la construcción de modelos regionales mediante la dinámica de sistemas.

El diagrama de la figura 3, muestra como la población está afectada por los nacimientos, las defunciones y migraciones. Los nacimientos y las defunciones se determinan a partir de consideraciones en torno a la natalidad y mortalidad en la región en cuestión. Las migraciones, por su parte, se determinan a partir de la tensión de empleo total. La población activa se determina a partir de la población con la ayuda de la tasa de actividad.

Una vez construido el diagrama de influencias, en dinámica de sistemas se procede a especializar las distintas variables que aparecen en él en tres tipos: variables de estado, variables de flujo y variables de auxiliares. Esta especialización constituye uno de los puntos más sutiles en el proceso de modelado y aporta a la dinámica de sistemas una de sus más genuinas peculiaridades. Gracias a esta especialización el diagrama de influencias se convierte

en el diagrama de Forrester, a partir de cual es posible general el comportamiento del sistema. En la figura 4 se presenta el diagrama de Forrester del modelo que estamos considerando. Mediante este diagrama es inmediato convertir el modelo en lo que los matemáticos llaman un *sistema dinámico*, que se puede programar en un computador, obteniéndose así el modelo de simulación buscado. A partir del diagrama de la figura 4 es inmediato el escribir las ecuaciones del modelo.

Tal como se ha indicado más arriba, el modelo que se acaba de presentar no es sino una versión extremadamente simplificada del sistema real. Sin embargo, es posible completar la descripción del sistema real con un poco de complejidad adicional, de modo que esta complejidad adicional no impida su transparencia, pero aumente su poder descriptivo.

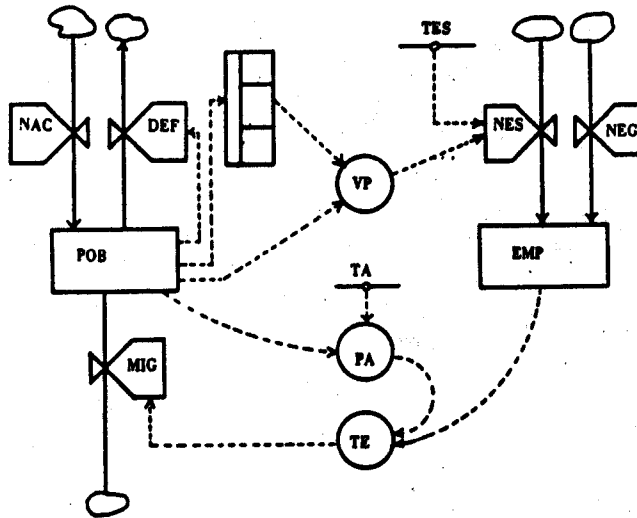


Figura 4: Diagrama de Forrester de un modelo regional.

Un modelo análogo al que se acaba de aludir fue encargado por el municipio de una comarca previamente agrícola en la que se iba a instalar una importante factoría que presumiblemente iba a alterar profundamente la estructura económica de la comarca. Las autoridades municipales necesitaban un instrumento de ayuda para la planificación de las necesidades de infraestructura urbana que se iban a crear como consecuencia del previsible desarrollo de la comarca. Sin embargo, en la comarca se iba a producir un profundo cambio estructural por lo que una simple extrapolación de los datos de que se disponía no parecía que fuese a suministrar información significativa sobre el futuro desarrollo del área. Había que recurrir a una metodología que no se limitase a extrapolar, de una forma u otra, la situación actual sino que permitiese construir un modelo que recogiese las diferentes conjeturas que con relación a la *nueva* situación que se iba a crear pudiesen elaborar los expertos correspondientes (urbanistas, geógrafos, economistas,...). Una metodología que permite esto, y que se usó efectivamente en ese caso, es la dinámica de sistemas.

Para estudiar modelos regionales más complejos cabe en considerar el modelo formado por dos estratos: el propiamente regional y el comarcal.

Esta estructura está formada por los estratos siguientes:

1. Estrato regional, en el que se describe en un modelo agregado el comportamiento global de la economía regional. La renta regional se considera el generador del consumo y del ahorro. El consumo es un componente de la demanda, mientras que el ahorro desencadena las inversiones. La base del modelo económico de este estrato la suministran las tablas *input-output*.
2. Estrato comarcal o zonal, constituido por los modelos de cada una de las zonas o comarcas en que se descompone la región. En estos submodelos juega un papel primordial los aspectos demográficos.

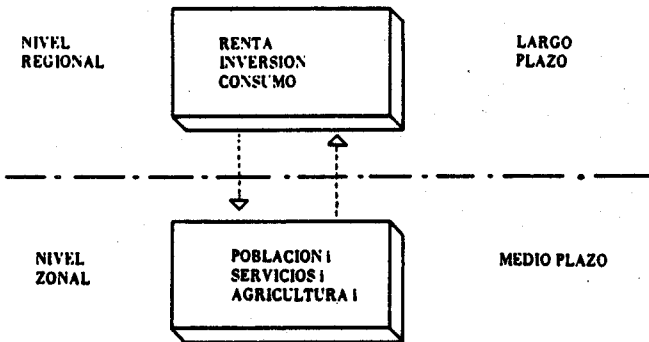


Figura 5: Estructura con dos estratos de un modelo regional.

En la figura 5 se presenta un diagrama en el que se indican de forma simplificada las variables más importantes de cada submodelo de acuerdo con su estrato. En un modelo de dos estratos, la coordinación entre ellos es un aspecto esencial. En la teoría de los sistemas jerarquizados se considera que normalmente el estrato superior es que suministra decisiones al estrato inferior, mientras que este último eleva los resultados de aquellas decisiones al superior. Es decir, el estrato superior controla a los inferiores, pero esta acción está limitada por la dinámica propia de los estratos inferiores que son, en último extremo, los que poseen un comportamiento dinámico propio.

La coordinación entre los estratos regional y comarcal se efectúa de la manera siguiente: el estrato regional determina a partir de la renta nacional la inversión total en la región, y a partir del consumo las necesidades de empleo. Por medio de una acción política estas inversiones y empleos se asignan a las distintas zonas. Las inversiones y la creación de nuevos empleos en cada una de las zonas, así como la dinámica de su propio sector productivo, determina el comportamiento dinámico de estos, en lo que respecta a aspectos tales como los movimientos migratorios y los desequilibrios financieros.

La renta regional se determina, a su vez, en parte por la agregación de las rentas sectoriales locales y en parte por un bloque agregado. Desde el punto de vista de producción cada

zona posee un comportamiento propio, en tanto que sus posibilidades de desarrollo están limitadas por aspectos tales como la demografía, que determina la población activa y otras variables que definen los recursos comarcales y que se coordinan a nivel regional. En la figura 6 se presenta con más detalles la estructura de los dos estratos, así como sus interacciones. Por encima de la línea discontinua se representa el estrato regional y por debajo una zona genérica. Este modelo es tal que la dinámica de sistemas para lo que se ha empleado ha sido fundamentalmente para el modelado de las comarcas, ya que el modelo a nivel regional está basado fundamentalmente en las tablas *input-output* tal como se indicaba más arriba. Una descripción más detallada de este modelo puede verse en las referencias^{4, 8, y 9}.

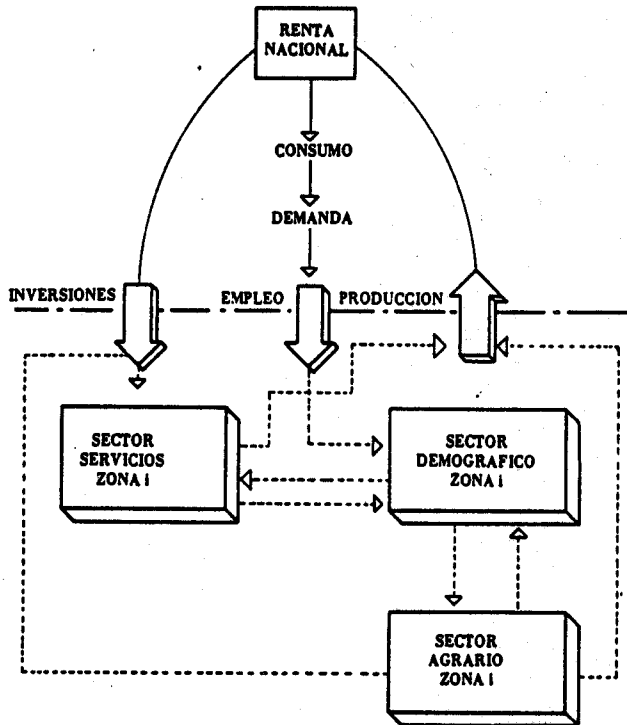


Figura 6: Modelo regional con influencias entre estratos.

3.1 Algunos modelos regionales que usan la dinámica de sistemas

Con esta metodología se han construido diversos modelos en distintas comunidades autónomas. Entre ellos se pueden citar:

- *Impacto demográfico de una nueva factoría.* Realizado para estudiar el impacto de la instalación en Sagunto de una siderúrgica a mediados de los setenta. En este modelo se estudió el cambio cualitativo que se produjo en un área previamente agrícola como consecuencia de su industrialización. Resulta notable destacar el que se recurrió a esta

metodología precisamente por su posibilidad de modelar el cambio cualitativo (y no solamente las tendencias)^{3, 7}.

- *Navarra 2000*. Se construyó a mediados de los 70 y se instaló en la Diputación Foral de Navarra. Sirvió de base para un estudio prospectivo de la región y ha sido posteriormente objeto de múltiples usos⁴.
- *Canagua*. Este modelo se construyó para estudiar los problemas del uso alternativo del agua en las Islas Canarias (usos agrícolas frente a usos turísticos)⁹.
- *Murcia 2000 y Catalunya 2000*. Ambos modelan las evoluciones económicas de las respectivas comunidades autónomas en el horizonte del año 2000. Poseen una estructura análoga al *Navarra 2000*. Han sido desarrollados por el Instituto de Desarrollo Regional de la Comunidad Murciana y por el Departamento de Política Territorial i Obres Publiques de la Generalitat de Catalunya.

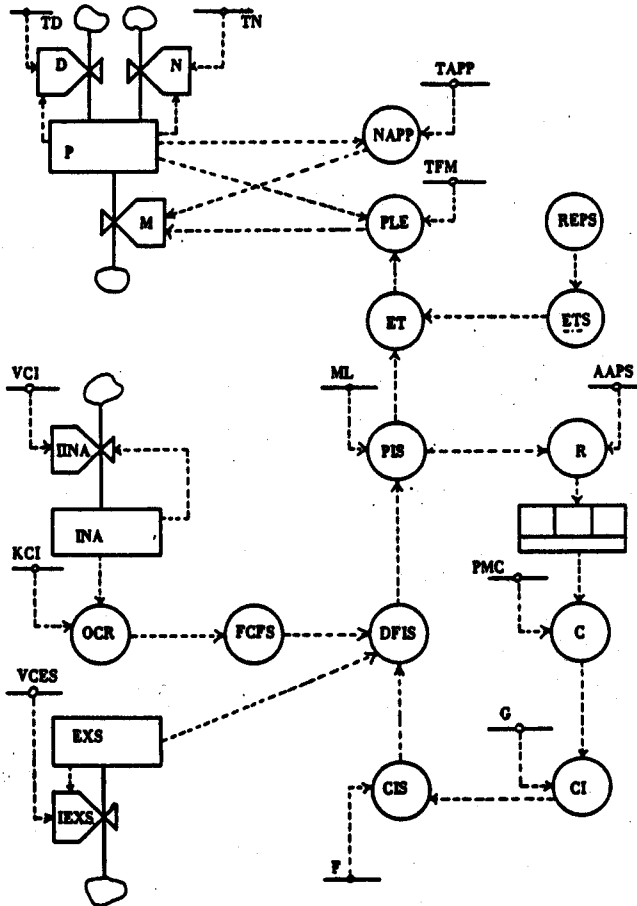


Figura 7: Diagrama de Forrester de un modelo regional con dos estratos.

- *Modelo de simulación del mercado eléctrico MERE*A. Este modelo, en vías de realización, se está construyendo para estudiar la evolución de la demanda de electricidad y otras energías alternativas en el área de la Compañía Sevillana de Electricidad.

Antes de cerrar esta intervención no quiero dejar de mencionar que la Comunidad Catalana-Leonesa dispone ya de un modelo construido mediante la dinámica de sistemas. Este modelo está incluido en la tesis doctoral del profesor de la Escuela de Ingenieros de Valladolid José Pérez Ríos *Aplicación de la dinámica de sistemas al análisis y planificación de economías regionales: el caso castellano-leonés*. Constituye una excelente muestra de las posibilidades de esta metodología y confío en que sea potencialmente útil para esta Comunidad.

REFERENCIAS

- ¹ J. ARACIL. Introducción a la Dinámica de Sistemas. Alianza Universidad. AU-205, 1978. Segunda edición en Alianza Textos AUT 58 en 1983.
- ² J. ARACIL, Máquinas, modelos y sistemas, Tecnos, 1986.
- ³ J. ARACIL, J.M. BUENO, *Dinámica de Sistemas y Planificación Urbana*, Dyna, Parte I, Julio-Agosto 1976, pp. 275-281; parte II, Septiembre 1976, 321-333.
- ⁴ S.M. VICENTE, F. RUIZ, J. ARACIL, *La simulación dinámica aplicada a la ordenación de recursos: un modelo a dos niveles*, Agricultura y Sociedad, núm. 10, Enero-Marzo 1979, pp. 171-215.
- ⁵ A. OLLERO, J. ARACIL, E.F. CAMACHO, *Optimización of Dynamic Regional Models*, European Journal of Operational Research, vol. 25, 1986, pp. 39-49.
- ⁶ A. OLLERO, J. ARACIL, E.F. CAMACHO, *Optimización of dynamic regional models: an interactive multiobjective approach*, Large Scale Systems, vol. 6, 1984, pp. 1-12.
- ⁷ J. ARACIL, J.M. BUENO, *Modelling the demographic impact of a new factory*, en Modern Trends in Cybernetics and Systems, Bilciu y Rose (Eds.), Vol. II, Springer-Verlag, 1977, pp. 955-969.
- ⁸ E.F. CAMACHO, F. FERNANDEZ, A. OLLERO, C. PUENTE, A. TITOS, J. ARACIL, *Dynamic Regional Modelling*, E. Alarcón and C.A. Brebbia (Eds.). Pentech Press, 1977, pp. 31-40.
- ⁹ J. ARDAIZ, A. INIGUEZ, S.M. VICENTE, A. VALENTIN, J. ARACIL, *Propuesta de inserción de la Planificación Hidráulica en una Planificación Global a Largo Plazo Actas del II Simposio Nacional de Hidrogeología*. Pamplona. Octubre de 1979, pp. 205 - 260.
- ¹⁰ J. ARACIL, *Estructura y comportamiento en teoría de sistemas*, Theoria, núm. 4, 1986, pp. 121-141.
- ¹¹ J. ARACIL, *De la automática a la teoría de sistemas*, Arbor. 507, 1988, pp. 71-87.