

**ESTIMACION DEL VALOR AÑADIDO BRUTO POR SECTORES DE LA
COMUNIDAD VALENCIANA EN BASE A LA TABLA INPUT-OUTPUT DE 1980.**

Bernardí CABRER, Dulce CONTRERAS, Eugenio MIRAVETE.

Departamento de Análisis Económico. Universidad de Valencia.

1. INTRODUCCION.

El estudio que aquí se presenta pretende como objetivo la estimación del V.A.B. en la Comunidad Valenciana de los distintos sectores que se contemplan en la Contabilidad Regional Española, que en total son diecisiete. Este número de sectores no es arbitrario, ya que se trata de los sectores o agregación de los mismos que se contemplan en el Sistema Europeo de Cuentas Económicas Integradas Regional (SEC-Reg). Si embargo, la agregación de estos sectores a un número menor (once) se debe a la escasa significatividad estadística de la información a un nivel tan desagregado. En definitiva, se planteará la estimación del valor añadido bruto sectorial de los once sectores propuestos para el período comprendido entre los años 1980-1989.

Así pues, el fin último de este trabajo viene justificado por dos hechos: el primero es el de disponer de una información más actualizada que la proporcionada por el I.N.E., y el segundo consiste en la obtención de series estadísticas del V.A.B. de las once ramas productivas propuestas que permitan describir y predecir el comportamiento de la Economía Valenciana mediante un Modelo Econométrico.

El método propuesto para la estimación de las variables consiste en dinamizar la T.I.O. de la Comunidad Valenciana del año 1980, lo que supone hacer una serie de hipótesis en el comportamiento de los coeficientes técnicos a lo largo del tiempo así como disponer de una base de datos sobre las variables e indicadores, que intervienen en el modelo propuesto, como inputs en la matriz de coeficientes técnicos. Lógicamente, los coeficientes y asignaciones se ven sometidos a una serie de distorsiones a lo largo del tiempo que se pueden paliar si se tienen en cuenta los cambios en los

precios y cantidades dentro de cada uno de los sectores productivos considerados.

2. DESCRIPCION DE LOS DATOS.

Para efectuar un análisis sectorial a nivel aplicado es necesaria la homogeneización de las fuentes estadísticas disponibles. Esto provoca un problema en tanto en cuanto estas fuentes son totalmente heterogéneas y sin embargo nos vemos obligados a su homogeneización, lo que implica establecer relaciones entre categorías de distintas fuentes que no son necesariamente equivalentes. Por ello, la única solución, es basar nuestro análisis en unas hipótesis que al menos nos permitan la identificación de las distintas categorías.

La información utilizada para efectuar las predicciones con la T.I.O. ha sido la siguiente:

T.I.O. Comunidad Valenciana de cincuenta sectores para el año 1980. Es la elaborada por P.R.E.V.A.S.A.

Empleo: ocupados en las once ramas de actividad tanto para España como para la Comunidad Valenciana son los elaborados por el I.N.E. a partir de la E.P.A. Se trata de una serie homogénea trimestral que comprende el período que va desde el tercer trimestre de 1976 y el cuarto trimestre de 1989. Las variables utilizadas realmente corresponden a las medias mensuales.

Deflatores del V.A.B. por ramas: son los proporcionados por la Base de Datos del Centro L.R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid. Se han utilizado estos índices de precios desde el punto de vista de la oferta de la economía española ya que se carece de esta información a nivel de la Comunidad Valenciana.

Valor Añadido Bruto a precios de mercado (V.A.B. a p.m.): de la Comunidad Valenciana para el periodo 1980-1986 por las once ramas de actividad se han obtenido de la Contabilidad Regional en base 1980. (Los datos de 1986 son provisionales).

Los índices de producción por ramas, base cien en 1980, que se han utilizado son los siguientes:

Agricultura, ganadería y pesca: la producción final en pesetas corrientes de dicha rama proporcionada por el M.A.P.A.

- Energía:** se ha obtenido a partir del producto entre el Índice de Producción Industrial por el Índice de Precios Industriales de la rama en cuestión. Fuente I.N.E.
- Bienes Intermedios:** se ha calculado a partir del producto entre el Índice de Producción Industrial de los Bienes Intermedios y el Índice de Precios Industriales de la propia rama. Fuente I.N.E.
- Bienes de Capital:** se mide a través del producto entre el Índice de Producción por el Índice de Precios Industriales de la rama. Fuente I.N.E.
- Bienes de Consumo:** se ha obtenido a partir del producto entre el I.P.I. de los Bienes de Consumo y el Índice de los Precios. Fuente I.N.E.
- Construcción:** se ha utilizado como indicador de la producción de este Sector el producto entre las variables de ventas de cemento y el índice de precios de las viviendas. Fuentes I.N.E. y S.E.O.P.A.N.
- Transporte y Comunicaciones:** se ha utilizado como indicador de la producción el V.A.B. a p.m. dado que el comportamiento histórico de ambas magnitudes es similar. Fuente: Base de Datos del Centro L.R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Comercio, reparación y recuperación de los productos:** se utiliza como indicador de la producción de esta rama el V.A.B. a p.m. ya que su comportamiento, al igual que en la rama anterior, es parejo a la evolución de su producción. Fuente: Base de Datos del Centro L.R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Turismo:** el índice de producción de esta rama se ha calculado a partir del producto entre Índice de Precios del Sector Turístico y el número de pernотaciones causadas en establecimientos hoteleros. Fuentes: I.N.E. y Base de Datos del Centro L.R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Resto de Servicios Destinados a la Venta:** El índice de producción para esta rama se ha calculado a partir de un porcentaje del V.A.B. de la propia rama productiva dado que la relación entre el V.A.B. y la producción en dicha rama permanecen constantes. Fuentes: I.N.E. y Base de Datos del

Centro L.R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid.

Servicios no Destinados a la Venta: la evolución del índice de producción de esta rama se ha calculado a partir de la del V.A.B., dada la similitud desde el punto de vista histórico de ambas magnitudes. Fuentes: I.N.E. y Base de Datos del Centro L.R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid.

3. ESTIMACION DE LOS VALORES AÑADIDOS SECTORIALES.

El valor añadido de un sector no es más que la diferencia entre el valor de la producción del mismo y el valor de los bienes que utiliza como medios de producción. Esta diferencia es realmente el valor añadido bruto, e incluye los salarios, beneficios, impuestos, subvenciones y amortizaciones. Así, para cada período concreto:

$$VA_i(t) = P_i(t) \cdot X_i(t) - \sum_{j=1}^n P_j(t) \cdot X_{ji}(t) \quad [1]$$

Reescribimos:

$$VA_i(t) = P_i(t) \cdot X_i(t) - \sum_{j=1}^n \frac{P_j(t) \cdot X_{ji}(t)}{P_i(t) \cdot X_i(t)} \cdot P_i(t) \cdot X_i(t) \quad [2]$$

$$VA_i(t) = P_i(t) \cdot X_i(t) - \sum_{j=1}^n a^j_{ji}(t) \cdot P_i(t) \cdot X_i(t) \quad [3]$$

En nuestro caso n son los 11 sectores en los que hemos agregado las 50 industrias en las que aparecían clasificadas las actividades. Los coeficiente técnicos y las matrices de transacciones se refieren también a este sistema agregado. El término a^j_{ji} representa un coeficiente técnico medido en términos monetarios. Al definir los coeficientes técnicos en términos monetarios, no representan relaciones físicas entre los sectores, sino en términos de valor; por tanto, con el paso del tiempo estas relaciones de valor pueden verse

alteradas por la modificación de los precios de los bienes. Así:

$$a_{ij}^*(t) = \frac{P_i(t) \cdot X_{ij}(t)}{P_j(t) \cdot X_j(t)} = \frac{P_i(t)}{P_j(t)} \cdot a_{ij} \quad [4]$$

Esto mismo, en términos matriciales, establecería una relación entre la matriz de coeficientes monetarios, que es distinta en cada momento del tiempo en función de cómo evolucionen los precios y la matriz de coeficientes físicos. Denotando por * a las matrices diagonales:

$$\begin{aligned} [A^*] &= [a_{ij}^*] = [P_i \cdot X_{ij}] \cdot [PX^*]^{-1} = [P^*] \cdot [X_{ij}] \cdot ([P^*] \cdot [X^*])^{-1} \\ &= [P^*] \cdot [X_{ij}] \cdot [X^*]^{-1} \cdot [P^*]^{-1} = [P^*] \cdot [A] \cdot [P^*]^{-1} \end{aligned} \quad [5]$$

Consideramos que la matriz en términos monetarios del año 1980 refleja la relación técnica de producción en términos físicos. Así pues, vamos a tomar la estructura productiva de la economía valenciana del año 1980 como representativa (la única sobre la que disponemos de información). Por tanto $A(t) = A(80) = A$. No ocurre lo mismo con la matriz de coeficiente monetarios, que para cada período se construye de acuerdo con la última expresión, utilizando los índices de precios (en base 80) de cada sector, recogidos en $[P^*]$.

Si por $[u]$ representamos un vector columna de unos, la generalización de [3] para todos los sectores queda, en términos matriciales:

$$\begin{aligned} [VA(t)] &= [P(t)X(t)^*] \cdot \{[I] - [A^*]^*\} \cdot [u] \\ &= [P(t)X(t)^*] \cdot \{[I] - ([P(t)^*] \cdot [A] \cdot [P(t)^*]^{-1})^*\} \cdot [u] \\ &= [P(t)X(t)^*] \cdot \{[I] - [P(t)^*]^{-1} \cdot [A^*] \cdot [P(t)^*]\} \cdot [u] \end{aligned} \quad [6]$$

Hemos de adaptar esta expresión para utilizar los datos de que disponemos y que describimos en el capítulo 2. Como sabemos, desconocemos el nivel de producción de cada sector en la comunidad valenciana, pero sí conocemos el nivel de empleo medio anual (ocupados) por sectores. El resto de la información sectorial se refiere a la economía española: los índices de precios y de cantidades físicas por sectores, así como el nivel de ocupación. El procedimiento será por tanto el siguiente: deflactaremos el valor de las magnitudes sectoriales de valor de la producción por el nivel de precios

de España y supondremos que las unidades de trabajo por unidad de output en cada sector son las mismas en la Comunidad Valenciana que en el conjunto de la economía española. Por tanto, ahora:

$$P_i(t)X_i(t) = \{P_i(t)X_i(t)/L_i(t)\} \cdot L_i(t) = \phi_i(t) \cdot L_i \quad [7]$$

Donde $(\phi_i(t))^{-1}$ es la relación trabajo-producto en términos de valor. Utilizaremos $\phi_i(t)$ referida a la economía española y $L_i(t)$ a la economía valenciana para obtener una aproximación anual a la producción sectorial en la Comunidad Valenciana. También hemos de tener en cuenta que la intensidad con la que se utiliza el factor trabajo en el conjunto de la economía española y en la Comunidad Valenciana no ha de coincidir necesariamente; así, supondremos que la diferencia en la relación trabajo-producto entre la economía española y la valenciana es constante e igual a la que se mantenía en 1980 en cada uno de los sectores. Esta información se recoge en el vector $[\alpha]$:

$$\alpha_i = \alpha_i(t) = L_{oi}(80)/L_{vi}(80) \quad [8]$$

y en forma matricial:

$$[\alpha] = [L_o(80)^*] \cdot [L_v(80)^*]^{-1} \quad [9]$$

Con ello, el valor de la producción queda como:

$$[P(t)X(t)^*] = [P(t)X(t)^*] \cdot [L_o(t)^*]^{-1} \cdot [\alpha] \cdot [L_v(t)^*] \quad [10]$$

Por último, para llevar a cabo la estimación vamos a sustituir el valor de la producción por ramas de actividad por un índice del valor de la producción sectorial en base 1980 referido a la economía española. Evidentemente, los valores iniciales, referidos al año 1980, corresponden a la Comunidad Valenciana:

$$[P_i(t)X_i(t)^*] = [P_i(80)X_i(80)^*] \cdot [IVP(t)^*] \quad [11]$$

Sustituyendo [10] y [11] en [6] obtenemos la expresión a partir de la cual vamos a realizar las estimaciones del valor añadido sectorial:

$$[VA(t)] = [P(80)X(80)^*] \cdot [IVP(t)^*] \cdot [L_v(t)^*]^{-1} \cdot [\alpha] \cdot [L_v(t)^*] \cdot \{ [I] - [P(t)^*]^{-1} \cdot [A^*] \cdot [P(t)^*] \} \cdot [u] \quad [12]$$

Aplicando la expresión [12] (cuya matriz agregada se detalla en el Cuadro 1 obtenemos las estimaciones del valor añadido bruto a p.m. en pesetas corrientes. Los datos de las variables por sectores, se recogen en el anexo 1, detallándose los ocupados, los índices de producción y los índices de precios.

CUADRO 1
MATRIZ DE COEFICIENTES TÉCNICOS DE LA C.V.

.049	.000	.002	.000	.143	.000	.008	.000	.066	.000	.003
.078	.699	.106	.012	.019	.019	.113	.019	.050	.031	.010
.092	.002	.298	.191	.082	.235	.002	.018	.021	.000	.020
.008	.003	.046	.264	.019	.082	.060	.049	.009	.001	.011
.107	.001	.030	.073	.298	.027	.022	.050	.275	.024	.017
.002	.002	.004	.001	.001	.006	.010	.009	.034	.005	.077
.014	.004	.034	.018	.024	.021	.074	.019	.028	.029	.013
.001	.002	.029	.009	.026	.042	.015	.010	.009	.001	.004
.000	.001	.004	.005	.003	.004	.011	.008	.000	.005	.003
.001	.003	.009	.004	.006	.004	.008	.007	.003	.005	.003
.001	.010	.024	.032	.026	.025	.024	.031	.010	.069	.039

En esta investigación hemos procedido a dividir el período muestral en tres submuestras, la primera abarca el período comprendido entre 1976-1979, la segunda corresponde al período 1980-1986, y la tercera a 1987-1989. Esta subdivisión no es arbitraria, sino que se establece en base a la distinta información disponible para los períodos mencionados. Así para el período 80-86 se dispone del valor añadido bruto a precios de mercado en pesetas corrientes de las 11 ramas para la Comunidad Valenciana. Dicha información es la proporcionada por la contabilidad regional en base 1980 del I.N.E. Este subperíodo nos servirá para analizar el error de predicción que se comete al comparar los valores estimados y los valores reales (tomando como valores reales los de la contabilidad regional).

Clasificamos los escenarios de estimación en función del comportamiento de los coeficientes técnicos, estableciendo tres comportamientos distintos:

- A Suponemos que los coeficientes técnicos son los mismos a lo largo de todo el período muestral.
- B Se supone que los coeficientes técnicos cambian en el período 80-86, y a partir de esta fecha permanecen constantes.

- C Los coeficientes técnicos cambian a lo largo de todo el período muestral siguiendo su evolución histórica.

CUADRO 2
ESTIMACIONES DEL V.A.B. POR SECTORES. ESCENARIO A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1976	52689	22340	46166	39141	114425	63203	33040	95168	12181	107688	57747
1977	67650	21207	54631	51056	127891	75677	48050	126317	23234	143778	77145
1978	81117	16874	63593	55782	151978	104139	65276	168886	31001	192198	96601
1979	90414	27021	77113	67801	189544	119069	63956	207563	48198	241169	115740
1980	92173	38963	88868	75148	246889	131754	78978	228330	65531	268411	144415
1981	91248	60659	95837	76642	269434	124219	106323	275923	69066	334620	158575
1982	110732	74057	103896	90891	311465	141175	116033	317082	85294	388207	189593
1983	122187	69677	106536	93330	331545	140505	138277	369366	107373	430914	234694
1984	151499	63558	120649	102193	373683	152424	159638	424549	133755	519007	253286
1985	146635	96069	139055	104920	421703	161882	166151	467577	164827	578958	309033
1986	152458	109455	125032	129697	432858	200562	146264	478154	221698	598112	333552
1987	165356	83847	111099	165797	464510	272122	166675	580275	268481	635602	364226
1988	163872	87988	132604	194494	499196	306792	204134	646439	285857	735400	420201
1989	164896	100999	145514	223128	532394	401075	194928	711366	278422	806295	483493

Recogemos los resultados de la estimación bajo la hipótesis establecida en el primer escenario, en el Cuadro 2. Basándonos en ellos podemos comprobar cuál es el error de predicción que se comete para la agregación de los valores añadidos sectoriales de la economía valenciana. Error que se mide como:

$$(V.A.B. estimado - V.A.B. real) * 100 / V.A.B. real$$

Los errores de estimación que se cometen para los distintos años son:

<u>Año</u>	<u>Error en %</u>
1981	0.59
1982	5.03
1983	1.85
1984	1.44
1985	3.24
1986	-2.49

Como se puede comprobar los resultados de las estimaciones agregadas son correctos globalmente, lo que nos lleva a aceptar como adecuado el método de estimación propuesto. Cuando se analizan las ramas aisladamente se puede comprobar que los errores son algo mayores. Utilizando este tipo de hipótesis sorprende el escaso crecimiento del valor añadido de sectores como energía y bienes de capital, ya que estos son precisamente los que han sufrido un mayor incremento en su capital. Por el contrario, en este

escenario, los sectores que tienen un crecimiento mayor son los del comercio y los de otros servicios no destinados a la venta, sectores cuyo avance tecnológico desde el punto de vista de la producción es más bien escaso.

CUADRO 3
ESTIMACIONES DEL V.A.B. POR SECTORES. ESCENARIO B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1976	52689	22340	46166	39141	114425	63203	33040	95168	12181	107688	57747
1977	67650	21207	54631	51056	127891	75677	48050	126317	23234	143778	77145
1978	81117	16874	63593	55782	151978	104139	65276	168886	31001	192198	96601
1979	90414	27021	77113	67801	189544	119069	63956	207563	48198	241169	115740
1980	92173	38963	88868	75148	246889	131754	78978	228330	65531	268411	144415
1981	101757	50107	111534	92225	277163	128069	92467	259297	80675	292140	167297
1982	109331	56898	117049	100813	287774	135291	104526	290063	99807	340437	194100
1983	129951	65398	130690	110346	335364	150282	122822	336350	124403	371162	228743
1984	142977	65977	145114	172340	382017	163619	139079	380342	147178	417344	263344
1985	142464	100137	142529	193089	413918	169582	149805	414103	167503	474783	302438
1986	167915	161687	154999	241811	438711	212822	153194	417512	219723	484079	341999
1987	170317	125770	138874	315014	464510	299334	191676	492073	268481	514838	364226
1988	168788	131983	165755	369539	499196	337471	234754	548180	285857	595674	420201
1989	169843	151499	181893	423944	532394	441183	224167	603239	278422	653099	483493

Con el fin de paliar dichos errores, se ha introducido un corrector para cada uno de los años de la estimación. Bajo la hipótesis del escenario B los resultados de las estimaciones son más acordes con la realidad económica, como puede comprobarse en el Cuadro 3. En él se observa que el crecimiento de los sectores de energía y bienes de capital presenta aquí un valor considerablemente mayor que en el escenario anterior, mientras que los sectores de bienes intermedios, construcción y transporte, tienen un crecimiento más moderado. Por el contrario, los sectores de comercio y otros servicios destinados a la venta decrecen respecto al escenario anterior. Es evidente que en este escenario se ha primado a aquellos sectores que están sometidos a un avance tecnológico o que hayan tenido grandes inversiones y se perjudica a todos los sectores que no se ven muy afectados por las nuevas tecnologías o que han tenido un crecimiento de la inversión más moderado.

En el tercer escenario (Cuadro 4) se modifican los coeficientes técnicos para los años 87, 88 y 89. Las estimaciones que se obtienen en este caso prácticamente no experimentan variación respecto al caso anterior a excepción del sector de comercio que en este caso tiene un crecimiento más moderado.

Nuestra opinión es que el tercer escenario es el más adecuado de los tres, ya que es el que más se ajusta a la realidad económica actual. No obstante, la estimación puede verse sometida a variaciones puesto que los datos de 1989 de la economía española son datos provisionales, y por consiguiente pueden estar sometidos a modificaciones en la

medida en que el I.N.E. y demás instituciones revisen dichos datos.

CUADRO 4
ESTIMACIONES DEL V.A.B. POR SECTORES. ESCENARIO C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1976	52689	22340	46166	39141	114425	63203	33040	95168	12181	107688	57747
1977	67650	21207	54631	51056	127891	75677	48050	126317	23234	143778	77145
1978	81117	16874	63593	55782	151978	104139	65276	168886	31001	192198	96601
1979	90414	27021	77113	67801	189544	119069	63956	207563	48198	241169	115740
1980	92173	38963	88868	75148	246889	131754	78978	228330	65531	268411	144415
1981	101757	50107	111534	92225	277163	128069	92467	259297	80675	292140	167297
1982	109331	56898	117049	100813	287774	135291	104526	290063	99807	340437	194100
1983	129951	65398	130690	110346	335364	150282	122822	336350	124403	371162	228743
1984	142977	65977	145114	172340	382017	163619	139079	380342	147178	417344	263344
1985	142464	100137	142529	193089	413918	169582	149805	414103	167503	474783	302438
1986	167915	161687	154999	241811	438711	212822	153194	417512	219723	484079	341999
1987	170317	125770	138874	315014	464510	299334	191676	492073	268481	514838	364226
1988	168788	131983	165755	369539	499196	337471	234754	536544	285857	595674	420201
1989	169843	151499	181893	423944	532394	441183	224167	576207	278422	653099	483493

4. COMENTARIOS FINALES.

Partiendo de la información disponible, Tabla Input-Output de la economía valenciana con 50 sectores para 1980 e indicadores de precios y producción a nivel nacional, y de empleo a nivel nacional y de la Comunidad, queríamos obtener el valor añadido bruto para la Comunidad clasificado por sectores. Después de tratar con estos problemas conseguimos un nivel de desagregación del v.a.b. para 11 sectores básicos de la economía valenciana, lo que nos parece bastante satisfactorio dadas las restricciones iniciales, ya que esta agregación nos permite analizar la evolución de la economía valenciana.

Hemos introducido correctores sobre las estimaciones efectuadas con el fin de poder recoger los efectos del cambio estructural y la innovación tecnológica, y aunque sabemos que no es el procedimiento idóneo para ello, dado que la tabla utilizada es antigua, consideramos más conveniente introducir una corrección que dejarla inalterada.

En cualquier caso, todos los resultados obtenidos están en cierta forma condicionados al mantenimiento de la hipótesis de estabilidad estructural, hipótesis esta que sería conveniente revisar en ulteriores trabajos dado que es algo excesivo el suponer por ejemplo, que no se ha producido ningún cambio en la estructura de relaciones industriales tras la implantación del I.V.A. y la integración en la C.E.E.

También se podría conseguir una mejora en las estimaciones llevando a cabo cualquiera de las siguientes propuestas:

1. Estimar la TIO-CV 85 tomando como punto de partida la recién publicada TIO-ESP 85, la TIO-ESP 80 y la TIO-CV 80.

2. Analizar otros métodos de agregación que subsanen las deficiencias de los utilizados.

3. Introducción de nuevas variables tales como importaciones e inversión que pueden aportar una gran cantidad de información y por tanto mejorar sustancialmente las estimaciones.

5. Anexo.

RATIO POR SECTORES DEL EMPLEO EN ESPAÑA Y LA C.V.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	13.03	24.71	7.50	14.97	5.77	11.10	14.25	8.60	9.92	10.45	12.08

EMPLEO EN ESPAÑA POR SECTORES (MILES DE OCUPADOS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1976	2734.1	156.4	531.7	968.0	1737.2	1182.2	672.2	1827.9	455.5	798.8	1432.5
1977	2584.6	154.6	536.0	982.8	1701.1	1207.3	649.5	1814.2	462.1	784.6	1451.5
1978	2498.1	153.6	534.1	958.8	1663.5	1168.0	624.3	1791.6	465.9	764.2	1481.3
1979	2369.6	145.6	525.8	924.9	1635.6	1109.0	648.0	1790.4	471.2	765.6	1525.9
1980	2219.0	147.6	502.0	920.4	1544.6	1038.2	665.1	1761.8	455.4	770.9	1532.1
1981	2099.3	147.2	491.6	876.8	1465.8	966.7	647.0	1743.2	467.7	782.5	1542.8
1982	2050.8	147.6	466.3	813.6	1391.5	956.5	649.4	1716.6	485.7	830.3	1608.5
1983	2057.7	150.1	454.8	809.5	1339.6	936.5	619.7	1691.8	473.0	840.8	1671.0
1984	1980.6	150.2	436.2	797.6	1302.4	818.3	607.8	1629.9	491.8	845.5	1683.0
1985	1943.3	150.6	411.2	755.9	1275.4	776.0	612.4	1639.7	497.7	862.7	1716.2
1986	1750.2	145.3	417.3	773.4	1300.5	831.3	628.2	1743.6	525.0	916.7	1849.6
1987	1709.8	135.4	402.9	829.7	1379.2	925.9	636.1	1876.8	579.1	1068.5	1825.8
1988	1678.4	138.2	412.1	862.3	1391.4	1020.3	647.3	1969.4	617.3	1178.9	1857.3
1989	1581.5	141.9	435.5	901.8	1418.7	1133.9	709.8	2024.9	654.1	1282.4	1937.8

EMPLEO EN VALENCIA POR SECTORES (MILES DE OCUPADOS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1976	202.3	8.9	72.4	64.3	285.4	112.6	48.8	208.2	28.7	70.4	115.8
1977	196.0	7.0	71.8	65.9	273.0	110.3	51.8	211.5	33.4	71.7	118.8
1978	194.7	4.8	68.1	59.6	261.7	114.4	49.7	221.7	37.0	74.8	120.5
1979	191.6	6.2	69.4	63.7	267.3	106.4	44.9	221.0	44.4	76.8	122.6
1980	170.4	6.0	67.0	61.5	267.8	93.5	46.7	204.8	45.9	73.8	126.8
1981	154.6	7.3	62.0	54.7	247.7	80.6	49.7	213.6	40.6	79.2	119.3
1982	154.6	7.3	62.0	54.7	247.7	80.6	49.7	213.6	40.6	84.2	128.3
1983	158.1	5.9	55.3	49.0	219.4	76.2	48.5	214.8	39.6	85.3	138.9
1984	163.3	4.9	50.5	49.5	207.6	74.8	49.7	207.6	42.8	86.2	135.8
1985	150.7	7.0	49.9	43.3	204.3	67.7	48.9	206.7	45.1	89.6	148.2
1986	140.1	8.4	40.6	45.9	201.8	76.0	46.8	204.0	50.6	91.0	159.1
1987	140.0	6.4	58.4	52.4	212.2	86.9	49.9	230.4	58.2	100.1	153.5
1988	131.9	6.8	59.7	59.3	218.5	90.3	55.4	241.2	60.2	115.1	161.6
1989	130.2	7.3	63.4	63.3	220.1	103.4	52.6	246.4	56.7	124.7	174.0

DEFLACTORES DEL V.A.B. EN BASE 1980

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1976	63.6	55.5	55.6	52.8	53.9	45.1	45.7	45.7	41.5	45.7	49.2
1977	82.2	65.8	66.3	63.8	63.3	56.5	57.0	57.0	52.7	57.0	61.3
1978	93.1	74.4	78.4	76.0	75.0	71.2	71.2	71.2	63.7	71.2	73.6
1979	100.8	84.6	91.3	89.2	86.2	86.9	86.1	86.1	81.2	86.1	86.3
1980	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1981	106.8	114.0	114.3	112.6	112.8	103.7	115.1	115.3	115.6	114.4	113.8
1982	128.1	150.1	126.2	126.1	126.8	116.2	128.8	130.1	140.2	129.0	125.2
1983	134.8	179.8	141.4	140.2	140.9	123.9	146.5	145.8	170.3	141.1	142.9
1984	148.8	201.5	161.4	153.4	160.4	132.4	159.9	163.6	195.6	164.1	154.8
1985	153.2	222.8	173.6	164.9	174.5	143.0	167.6	178.3	224.9	177.1	167.9
1986	175.3	337.7	170.5	178.2	190.2	166.4	176.6	191.4	268.5	191.4	181.1
1987	171.2	331.7	163.2	180.0	190.8	193.6	189.6	207.6	283.5	207.7	192.0
1988	179.0	348.6	187.0	189.8	211.1	216.2	201.9	221.4	305.0	221.1	204.5
1989	177.4	371.4	195.7	200.7	221.5	235.0	210.7	234.8	329.5	234.8	215.8

INDICES DE PRODUCCION SECTORIAL EN BASE 1980

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1976	55.5	40.2	48.4	52.9	51.2	53.3	43.1	43.9	43.6	43.9	41.1
1977	67.5	48.2	58.7	67.8	63.0	63.7	56.1	56.4	65.7	56.4	54.0
1978	79.7	55.7	71.9	79.9	75.0	77.3	74.3	70.2	76.8	70.2	68.1
1979	87.7	66.7	84.4	87.3	88.8	86.8	82.3	85.8	86.5	85.8	82.8
1980	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1981	106.4	127.0	113.7	110.3	110.5	111.5	122.1	113.0	122.3	115.9	117.1
1982	124.4	153.1	123.9	121.4	125.0	125.7	138.3	128.3	149.8	134.4	136.8
1983	140.5	181.0	142.1	139.9	142.8	137.0	162.1	146.6	175.1	149.3	161.7
1984	164.5	199.0	165.9	154.8	162.5	141.5	181.2	167.9	206.5	175.8	181.2
1985	174.8	211.1	184.5	172.9	178.2	157.4	197.3	186.6	234.3	192.6	206.3
1986	180.7	188.9	182.3	200.5	192.1	165.6	195.2	211.8	280.4	213.2	225.6
1987	193.1	176.1	177.0	237.3	207.2	190.1	219.0	239.6	317.3	241.4	251.0
1988	205.3	179.7	189.0	269.1	212.2	225.0	245.3	268.4	350.1	270.4	281.2
1989	207.1	195.8	209.9	300.8	225.7	278.6	273.3	297.0	377.0	299.0	313.7

ENFOQUES CUANTITATIVOS PARA EL ANALISIS REGIONAL: EL PAPEL DE LA DINAMICA DE SISTEMAS

José PEREZ RIOS

Doctor Ingeniero Industrial. Universidad de Valladolid.

1. INTRODUCCION

El objeto del presente trabajo es mostrar el potencial que ofrece la metodología de Dinámica de Sistemas, como marco en el cual pueden ser integradas otras técnicas de Análisis Regional, haciendo posible como consecuencia de ello, por una parte, una mejor comprensión de los mecanismos de funcionamiento de los sistemas económico-demográfico regionales, y por otra, disponer de una potente herramienta para la simulación de políticas alternativas, para su uso en los centros de decisión regionales.

Se realiza en primer lugar una breve revisión de los aspectos fundamentales que caracterizan a los sistemas económico-demográficos regionales, así como de los puntos más significativos que presentan las técnicas de Simulación, y en concreto la Dinámica de Sistemas. La reflexión sobre la actual concepción del desarrollo, permite subrayar los aspectos ventajosos que presenta la Dinámica de Sistemas para el estudio de estos sistemas.

Se completa el trabajo apuntando la integración de la Dinámica de Sistemas con otras técnicas de Análisis Regional, como una prometedora vía de avance en la comprensión de los sistemas económico-demográficos regionales.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

Antes de analizar el papel de la Dinámica de Sistemas dentro de las técnicas y enfoques para el Análisis Regional, es preciso señalar que la elección de una u otra metodología depende, más que de la mayor ventaja absoluta de la misma en relación a las demás, del problema objeto del estudio, así como de la finalidad del mismo. En la figura 1, se puede ver una representación esquemática de dicha reflexión.

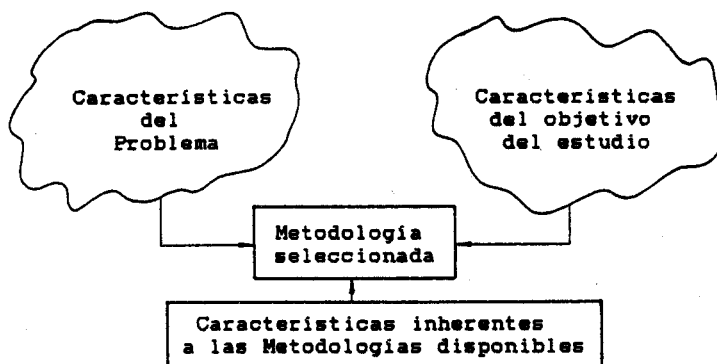


Figura 1

La consideración de ciertos aspectos característicos de las economías regionales, nos ofrece un marco referencial interesante, a la hora de enjuiciar los diferentes enfoques metodológicos. El primero de ellos es el referente al gran número de variables que suelen intervenir en un modelo regional. Un estudio regional puede requerir, por ejemplo, la desagregación de la actividad económica en diferentes sectores, la consideración de los diferentes asentamientos de la población (según sean éstos de tipo urbano, rural, etc.), la desagregación de la población por cohortes de edades, sexos, etc. Todo ello hace necesaria la inclusión en el modelo de multitud de variables, tanto de tipo económico como no-económico.

Un segundo aspecto a considerar es el relacionado con la forma de interrelacionarse dichas variables entre sí. En un sistema socio-económico como el constituido por una región, los efectos de realimentación son de gran importancia. Tomando a modo de ejemplo la emigración, un incremento en esta variable, debido a la falta de oportunidades de empleo (alta tasa de desempleo) dentro de la región, tiene como consecuencia una disminución de la mano de obra disponible, lo que a su vez afecta a la tasa de desempleo. Por otra parte, esa emigración tiene también efecto sobre la cantidad de población, lo que a su vez influye sobre la demanda de viviendas y ésta sobre el nivel de la actividad constructora, el cual a su vez incide sobre la demanda de mano de obra, y

ésta lo hará de nuevo sobre la emigración. Efectos similares a éste son frecuentes en los sistemas regionales e interregionales, por lo que un estudio adecuado de los mismos requiere la consideración del sistema en su totalidad, si se pretende evitar que queden excluidas relaciones entre variables que pueden ser de importancia vital para el comportamiento del sistema.

Otro aspecto relacionado con el anterior lo constituye el hecho de que muchos de los efectos de realimentación, antes descritos, requieren tiempo para completarse, lo que confiere un carácter dinámico al sistema regional. Esta consideración habrá de ser tenida en cuenta a la hora de seleccionar la metodología a emplear para el estudio de la región.

Una última característica, frecuente en los sistemas socio-económicos regionales, viene determinada por el hecho de que muchas de las relaciones entre variables presentan un carácter no lineal. Este será pues, un factor adicional a considerar, a la hora de seleccionar la metodología de análisis regional, si se desea que dichas relaciones sean incluidas en el estudio.

Vistas las consideraciones anteriores y sus implicaciones metodológicas para el Análisis Regional, una posible clasificación de las técnicas de Análisis Regional, podría venir dada, en función de que los métodos de análisis sean de carácter cuantitativo o no-cuantitativo. En este último grupo se encuadrarían aquellos métodos concebidos según modelos mentales que no han sido formalizados ni cuantificados. Con independencia de la bondad y utilidad que hayan podido tener, evidente en muchos casos, el inconveniente que presentan este tipo de métodos para el análisis de sistemas sociales, reside, además de en la dificultad inicial de la clara comprensión de sus formulaciones, en la enorme dificultad que supone el tratamiento intuitivo de problemas que contienen gran número de variables, como es el caso de este tipo de sistemas. Variables, además, que aparecen relacionadas entre sí por bucles de realimentación, y cuyo efecto tiene lugar en el tiempo. Un problema adicional se añade con la casi imposibilidad de efectuar evaluaciones, en relación al comportamiento del modelo planteado, ni a sus hipótesis de partida, y ello debido, a la falta de una formulación explícita tanto de dichas hipótesis, como del conjunto de interrelaciones existentes entre las variables que incluye.

En los métodos cuantitativos de análisis regional, a diferencia de lo descrito para los no cuantitativos, se pretende expresar el conjunto de interrelaciones entre las di-

ferentes variables identificadas como explicativas del sistema, por medio de formulaciones matemáticas. La diversidad de métodos cuantitativos es amplia y la selección de uno u otro método depende, en general, más del problema a analizar y del objetivo del estudio, que de la ventaja absoluta de un método en relación a los demás.

A las características específicas de las economías regionales, antes mencionadas, habría que añadir la dificultad que supone el establecimiento de funciones objetivo, para estos sistemas, debido al carácter multidimensional de los posibles objetivos del desarrollo regional y los posibles conflictos dentro de la región, respecto a cada objetivo y de los distintos objetivos entre sí.

A la vista de estas consideraciones, la utilización de un método de Simulación para el Análisis Regional, parece especialmente indicada, ya que de entre los Métodos Cuantitativos de Análisis Regional es uno de los que plantean menor número de restricciones. De hecho, los únicos requisitos que exige, son, que las variables sean cuantificables y que las relaciones entre ellas estén definidas. Por otra parte, la simulación del comportamiento del modelo ante formulaciones alternativas, o valores diferentes de los parámetros, se puede realizar a un bajo costo económico. Admiten además este tipo de modelos, la inclusión de un número prácticamente ilimitado de variables, no estando restringidas las relaciones entre ellas a formulaciones de tipo lineal.

Dentro de los enfoques de simulación, la Dinámica de Sistemas, es una metodología, que presenta unas características, que la hacen particularmente idónea para el estudio de los sistemas socio-económicos regionales. De entre ellas señalaremos las siguientes:

- Énfasis a la hora de construir el modelo de un sistema, en que los modos de comportamiento del modelo estén determinados endógenamente, por la propia estructura del sistema.
- Amplitud en cuanto al tipo de fuentes de información que puede incorporar: bases de datos mentales, escritas o numéricas.
- Capacidad para el análisis de problemas complejos, sin limitación en cuanto al número o tipo de variables y relaciones a incluir en el modelo.
- Posibilidad de identificación de las áreas críticas del sistema, mediante el análisis de sensibilidad.

- Posibilidad de realizar simulaciones, mediante la computadora, de formas de comportamiento diferentes a las observadas en la realidad. Permite la simulación de cambios en la práctica totalidad de sus elementos (parámetros, relaciones funcionales y variables exógenas).
- Capacidad de ampliación mediante la incorporación de nuevas relaciones o submodelos.
- Adaptabilidad para integrar otras técnicas alternativas (investigación operativa, econométricas, Input-Output, etc.)

La Dinámica de Sistemas es una metodología, cuyo campo de aplicación ha evolucionado, en las sucesivas fases de su desarrollo (1), desde el estudio de problemas industriales, en cuyo marco tuvo su origen, al análisis de sistemas de complejidad creciente, como es el caso de los sistemas urbanos, económicos (2), o los sistemas regionales.

Dentro de este último apartado, y limitándonos al caso español, es notable el grado de difusión alcanzado. Muestra de ello lo constituyen, entre otros, modelos como: el Modelo Navarra 2000, de I. Ardáiz y J.S. Martínez (3); el Modelo de Andalucía Occidental, realizado por J.M. Bueno (4); el Modelo GAMO, de X.M. Mella (1982); el Modelo Murcia, de J.S. Martínez Vicente, A. Requena y otros (1983); el Modelo LANERE, de I. Garayalde y otros (1985); y el Modelo DINAMICAL (5), del sistema económico-demográfico de Castilla y León, de J. Pérez Ríos (1987).

En relación a este último modelo, en la figura 2, se puede observar el esquema de investigación seguido para su elaboración.

3. LA DINAMICA DE SISTEMAS VERSUS OTRAS TECNICAS DE ANALISIS REGIONAL

La construcción de modelos económicos regionales ha experimentado, a lo largo de las pasadas décadas, una evolución paralela a la de los temas considerados como fundamentales para los planificadores regionales. En una primera etapa, los modelos regionales eran meras adaptaciones de modelos nacionales, caracterizados, entre otros aspectos, por la falta de una orientación específica hacia cuestiones de política local o regional, en campos como el empleo, la vivienda, la energía, el transporte, el medio ambiente etc., así como por la carencia de los datos fiables necesarios y de unos sistemas de información adecuados para permitir la construcción de tales modelos.

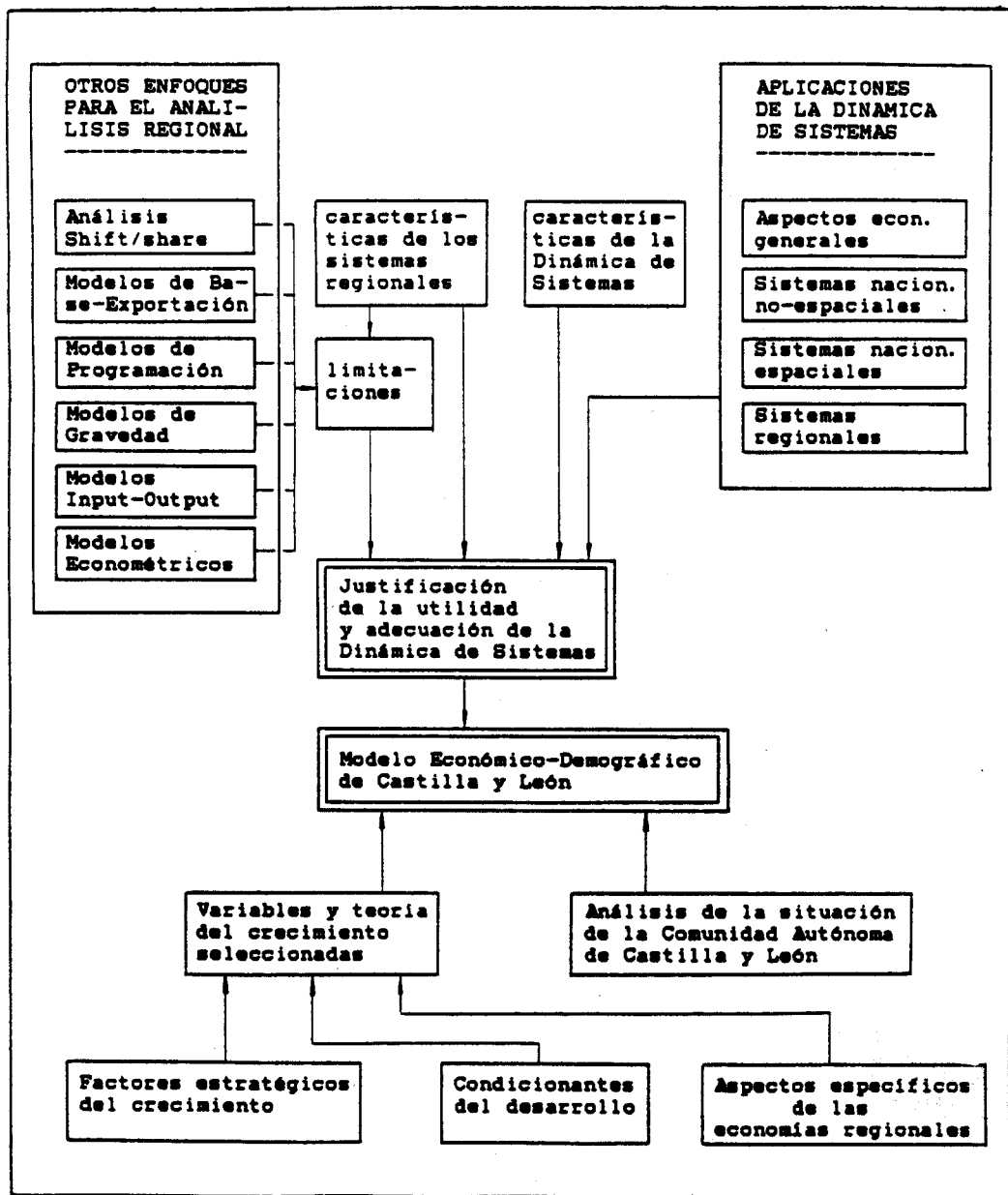


Figura 2

En respuesta a estas carencias, han surgido nuevos enfoques a partir de la década de los años 60. Así, la denominada primera generación, según Nijkamp, Rietveld y Snickars (6), puede ser señalada por el intento de representar los sistemas económicos espaciales de modo sistemático y cuantitativo. Corresponde a este período el desarrollo de los modelos de programación. Entre las limitaciones de los modelos de optimización, hemos de mencionar, en primer lugar, la dificultad para el tratamiento de relaciones de tipo no lineal, (muy frecuentes, como se ha apuntado anteriormente, en los sistemas regionales). Asimismo, resulta también difícil, en esta clase de modelos, la incorporación de relaciones de realimentación, lo que reduce notablemente su validez para el estudio de sistemas complejos, como son los sistemas regionales, en los cuales se presentan este tipo de relaciones entre distintas variables y sectores del sistema.

Otra limitación, a la que se ha hecho antes alusión, es la referente al establecimiento de funciones objetivo. Dado el carácter prescriptivo de los métodos de optimización, -en el sentido de que nos dicen qué hacer, para conseguir el mejor resultado, en relación a un objetivo definido-, su determinación está sometida a juicios de valor subjetivos. Este problema se agrava con la existencia de objetivos múltiples, como suele ser el caso de los sistemas regionales.

Finalmente, otra característica limitadora de la utilidad de estos modelos viene determinada por su carácter en general estático. Identifican la solución óptima para un momento dado en el tiempo, sin considerar, ni cómo se ha llegado a alcanzar dicho estado óptimo, ni cómo evolucionará el sistema en el futuro. Existen algunos ejemplos de modelos de optimización no estáticos, como el modelo MARKAL para la selección óptima de tecnologías energéticas, citado por Sterman (7), que da el estado óptimo del sistema a intervalos de cinco años, pero no dice cómo pasa el sistema de un estado óptimo al siguiente.

En general, los modelos de esta primera generación estaban basados sobre unas hipótesis de recursos inagotables, de manera que las limitaciones debidas a restricciones en el entorno, calidad de vida, disponibilidad de energía, consideraciones de equidad, etc., no eran explícitamente consideradas.

Es en la segunda generación de modelos regionales surgida a partir de los años 70, cuando la concienciación de las limitaciones de los recursos ha dado lugar a la consideración de aspectos relacionados con el impacto de diversas

restricciones y límites al crecimiento. Ha surgido así una tendencia al desarrollo de modelos económicos espaciales integrados, que hagan posible, mediante un amplio espectro de objetivos regionales, el análisis de la evolución regional. Dichos modelos presentan de hecho, en ocasiones, un carácter multidisciplinar, incorporando variables demográficas, sociales, energéticas, medio-ambientales, etc. Asimismo, su atención se orienta más hacia el sistema multirregional que hacia el unirregional.

Esta nueva concepción integrada de la planificación y del análisis regionales, no sólo hace necesario el desarrollo de modelos que permitan el tratamiento de los impactos mutuos entre los diversos campos de planificación, sino que también demanda métodos capaces de seleccionar alternativas, consideradas desde múltiples puntos de vista. En esta línea se encuentra, por ejemplo, el análisis de decisión con objetivos múltiples (8). La importancia de este enfoque para el análisis regional es clara, dadas las características de los sistemas económico-demográficos regionales. En una economía regional, las posibilidades de conflictos de intereses entre los diferentes agentes políticos, económicos y sociales es evidente. Por otra parte, el carácter abierto del sistema regional da lugar a que cambios en un componente tengan repercusiones -a veces, conflictivas- en otros componentes del sistema espacial. Un ejemplo nos lo muestra, el conflicto entre eficiencia y equidad, de tanta actualidad, por cierto, en el caso español.

Finalmente, las implicaciones según Perroux (9), del concepto del nuevo desarrollo, con sus características de Global, Endógeno e Integrado, requieren un enfoque de planificación integrado, en el que han de ser considerados, simultáneamente, múltiples objetivos, algunos de ellos muy alejados de las variables económicas.

A las limitaciones, antes mencionadas, de los modelos de optimización, se debe añadir otra de no menor trascendencia, como es la puesta en cuestión, del comportamiento optimizador por parte de las personas. De hecho, las decisiones tomadas por éstas, son realizadas con modelos mentales simples, incompletos y frecuentemente incorrectos. Además de ello, los individuos no suelen disponer de una información perfecta, ni el poder de cálculo necesario para obtener las soluciones óptimas. Para modelar el modo en el que las personas se comportan, -en lugar de cómo debieran comportarse-, se requiere, como apunta Sterman (7), un conjunto diferente de técnicas de modelado. A este grupo pertenecen las técnicas denominadas de simulación, en el que se encuadra la Dinámica de Sistemas.

Los modelos de simulación son descriptivos, en contraposición al carácter normativo, de los modelos de optimización, antes comentados. No pretenden indicar qué se debe hacer, sino, qué es lo que sucedería en una situación determinada. Este tipo de modelos han de comprender una representación de la estructura física del sistema objeto de estudio, e incorporar el comportamiento de los elementos activos del sistema, es decir, el modo como son tomadas las decisiones.

Los inputs, en un modelo de simulación, están formados, de una parte, por las hipótesis en torno a la estructura del sistema, y de otra por los procedimientos de toma de decisiones. La naturaleza de la información disponible para la realización de éstas, viene dada por el estado del sistema. El modelo actúa, como lo harían los elementos decisores del sistema, utilizando la información disponible para tomar decisiones. Las acciones derivadas de estas incidirán, a su vez, sobre el estado del sistema, lo que dará lugar a nueva información y nuevas decisiones.

A las necesidades de modelos integrados e interdisciplinarios, impuesta por la nueva concepción del desarrollo y por la concienciación de las limitaciones que lo condicionan, da respuesta la metodología de Dinámica de Sistemas, la cual puede constituir, en palabras de J.W. Forrester (10), el marco unificador y el vehículo para la comunicación interdisciplinar.

4. INTEGRACION DE LA DINAMICA DE SISTEMAS CON OTRAS TECNICAS DE ANALISIS REGIONAL

Como ha sido señalado anteriormente, en el apartado 2, de este trabajo, una de las características de la Dinámica de Sistemas, que la hacen particularmente interesante, para el estudio de los sistemas regionales, es su facilidad para integrar otras técnicas de análisis. Ejemplos de esta utilización mixta, son, la estimación econométrica de ecuaciones que reflejan diferentes relaciones entre variables del sistema, la utilización de las tablas Input-Output regionales, la inclusión de técnicas de optimización, etc.

Si bien, como se ha dicho, la integración de técnicas econométricas en modelos de Dinámica de Sistemas es, precisamente, uno de los aspectos positivos a señalar de esta metodología, esta colaboración mutua no siempre ha sido vista favorablemente. Así, desde los orígenes de la Dinámica de Sistemas, ha existido una resistencia al uso de herramientas econométricas y estadísticas en la estimación y evaluación de parámetros y ecuaciones de los modelos. Un ejemplo del

rechazo del enfoque econométrico, concretamente en cuanto a su validez para la selección de variables a incluir en un modelo, nos lo da el trabajo de N.J. Mass y P.M. Senge (11). Se señala en él, el análisis del comportamiento del modelo -técnica característica de la Dinámica de Sistemas-, como único método válido para decidir la inclusión de una relación entre variables, frente al método econométrico de test estadístico de ecuación simple.

En una línea semejante se encuadran trabajos como el de N.B. Forrester (12), referente al sesgo sistemático en la estimación de modelos de ajuste de stocks, en el cual se resalta la existencia de un sesgo significativo en la práctica econométrica, así como la importancia del reconocimiento explícito del desequilibrio en la estimación de modelos del comportamiento económico.

Sin embargo, el enfoque más reciente respecto a esta cuestión, apunta en la dirección de la utilización conjunta de métodos econométricos y Dinámica de Sistemas. Un ejemplo de ello lo podemos encontrar en el trabajo de M. Sommer (13). Su revisión crítica de diversos trabajos del MIT, referentes a la posible aplicación de métodos econométricos en modelos de Dinámica de Sistemas, como los de Senge y Mass, antes aludidos, apunta en la dirección de una utilización conjunta creciente de ambas técnicas.

Otro caso de integración progresiva de la Dinámica de Sistemas y otras Técnicas de Análisis nos lo suministra el uso mixto de Dinámica de Sistemas y Programación Lineal. La necesidad de dicha combinación viene determinada, en situaciones concretas, por la conveniencia de simular la toma de decisiones de los agentes directivos, en función del estado del sistema o de las restricciones en cuanto a políticas, en cada uno de los escalones de tiempo. Veamos una breve descripción de esta combinación según la describen A. Toval y otros, en un trabajo sobre la planificación de la inversión regional (14).

Partiendo de la forma típica de un problema de programación lineal, en forma matricial:

$$\text{(optimizar)} \quad z = c'x$$

$$\text{sujeto a:} \quad A_1 x \leq b_1$$

$$A_2 x = b_2$$

$$A_3 x \geq b_3$$

en un modelo mixto de Dinámica de Sistemas-Programación Lineal, el modelo básico de Dinámica de Sistemas comprende uno o varios programas lineales caracterizados por el hecho de que los coeficientes de los vectores c , b y la matriz A , no tienen por que ser constantes, pudiendo ser funciones dependientes del tiempo, definidas en relación a elementos del sistema objeto de modelado. Su forma sería del tipo:

$$(\text{optimizar}) z(t) = c'(t) x(t)$$

$$\text{sujeto a: } A1(t) x(t) \leq b1(t)$$

$$A2(t) x(t) = b2(t)$$

$$A3(t) x(t) \geq b3(t)$$

En una aplicación de Programación Lineal así concebida, se puede considerar que los coeficientes $c(t)$, $b(t)$ y $A(t)$, permanecen constantes durante una iteración t , de modo que el problema puede ser resuelto por los procedimientos habituales. En la iteración siguiente ($t+1$) los valores de esos coeficientes habrán variado, pero durante la misma permanecerán asimismo constantes, de modo que es posible de nuevo resolver el problema de programación lineal, y así sucesivamente en las posteriores iteraciones.

Se obtiene de este modo, en cada escalón temporal, el valor óptimo de las variables que intervienen como función objetivo o como variables de decisión, lo cual hace posible que el modelo de Dinámica de Sistemas pueda simular en cada paso temporal, tanto la toma de decisiones como sus consecuencias, dadas las circunstancias del entorno. En la figura 3, se puede ver el algoritmo de ejecución de modelos mixtos de Dinámica de Sistemas-Programación Lineal.

Una línea similar en cuanto al planteamiento, orientado al diseño de políticas, es la de simulación mediante optimización (15) desarrollada por Keloharju, entre otros. Para este tipo de simulación ha sido desarrollado un software específico, concretamente, el denominado DYSMOD (Dynamic Simulation Model Optimiser and Developer), originalmente creado como un apéndice del DYSEAP (Dynamic Simulation Model Application Programme), desarrollado por Cavana y Coyle en la Universidad de Bradford, U.K.. Entre los usos de dicha técnica de optimización se encuentran, además del ajuste de modelos a datos históricos, el diseño de política estructural.

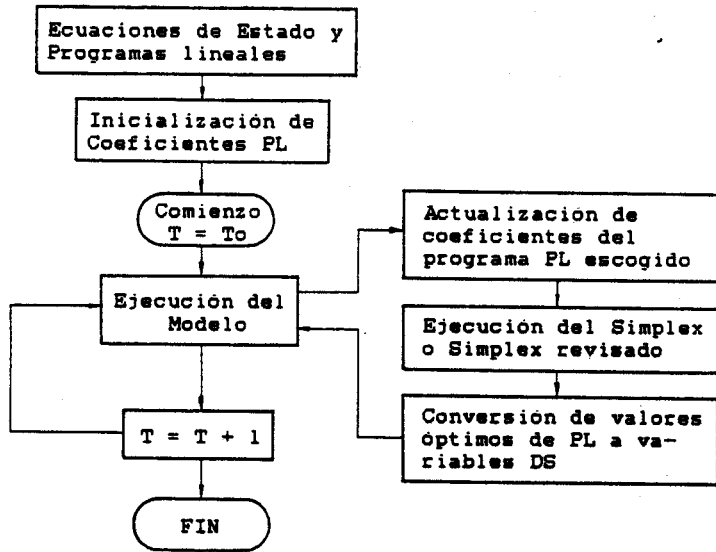


Figura 3

Una muy reciente línea de desarrollo en esta dirección es la apuntada por R. Keloharju, referente a la optimización Multi-Criterio en Dinámica de Sistemas (16).

Y, para terminar, refiriéndonos al caso Castellano-Leonés, dado que ya se dispone de un modelo de Dinámica de Sistemas del sistema económico-demográfico de la Comunidad Autónoma —el modelo DINAMICAL, anteriormente citado—, y encontrándose disponibles, las Tablas Input-Output de esta Comunidad, de finalización muy reciente, la incorporación de la nueva información contenida en ellas al modelo, permitiría ampliar notablemente la utilidad del mismo.

REFERENCIAS

1. ARACIL SANTOJA, J., Introducción a la Dinámica de Sistemas. Alianza Editorial. Madrid, tercera edición, 1986.
2. PEREZ RIOS, J., "Aplicaciones de la Dinámica de Sistemas al Análisis Económico". IV REUNION DE LA ASOCIACION CIENTIFICA EUROPEA DE ECONOMIA APLICADA. Capítulo español (ASEPELT - ESPAÑA). Murcia, 19 Y 20 de Junio 1990.
3. ARDAIZ, I. y MARTINEZ, S., Estudio de Prospectiva NAVARRA/2000. Diputación Foral de Navarra, 1980.
4. BUENO LIDON, J.M., Dinámica de Sistemas y Planificación Regional. Planteamiento, desarrollo y explotación de un modelo demográfico regional. Tesis Doctoral, E.T.S.I.I.S. Sevilla, 1977.
5. PEREZ RIOS, J., Estudio de prospectiva de la economía de Castilla y León. Instituto de desarrollo y planificación económica de Castilla y León. Valladolid, 1987.
6. NIJKAMP, P. et al. "Regional and multiregional economic models: a survey". Handbook of Regional and Urban Economics, Volume I, Edited by P. Nijkamp. Elsevier Science Publishers BV, 1986, pp. 257-293.
7. STERMAN, JOHN D., "A skeptic's Guide to Computer Models". Proceedings of the 1985 International Conference of the System Dynamics Society. Volume II, pp. 852-877. Keystone, Colorado, USA.
8. NIJKAMP, P. and RIETVELD, P. "Multiple objective decision analysis in Regional Economics". Handbook of Regional and Urban Economics, Volume I, Ed. P. Nijkamp. Elsevier Science Publishers BV 1986, pp. 493-541.
9. FERROUX, FRANCOIS El desarrollo y la nueva concepción de la dinámica económica. Ediciones del Serbal. Barcelona 1984, pp. 200-224.
10. FORRESTER, JAY W. World Dynamics. Wright Allen Press, Cambridge, Massachusetts. Second edition 1973, pp. VIII.
11. MASS, NATHANIEL J. and SENGE, PETER M. "Alternative Tests for Selecting Model Variables". (Contenido en Elements of System Dynamics Methods. Ed. by J. Randers. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1980), pp. 205-225.
12. FORRESTER, NATHAN B. "The role of econometric techniques

in dynamic modeling: systematic bias in the estimation of stock adjustment models". System Dynamics Review, Volume 3, Number 1, Winter 1987, pp. 45-67.

13. SOMMER, M. "On the applicability of econometric methods to System Dynamic models". DYNAMICA Volume 10, Part II Winter 1984, pp. 91-102.
14. TOVAL, A. et al. "Murcia A/I, a mixed System Dynamics and Linear Programming model for regional investment planning". The 1986 International Conference of the System Dynamics Society. System Dynamics: on the move. Volume 1, Sevilla, 22-24 Octubre 1986, pp. 415-436.
15. KELOHARJU, R. and WOLSTENHOLME E. F. "A case study in System Dynamics Optimization". The 1986 International Conference of the System Dynamics Society. System Dynamics: on the move. Volume 1, Sevilla, 22-24 Octubre 1986 pp. 389-402.
16. KELOHARJU, R. "Multi-Criteria Optimization in System Dynamics", Proceedings of the 1988 International Conference of the System Dynamics Society. La Jolla, California, USA. July 5-8, 1988, pp. 201-206.