

Predicciones armonizadas del crecimiento regional: diseño de un modelo de congruencia(*)

por

FRANCISCO JAVIER CALLEALTA BARROSO

Dpto. de Estadística Económica, Estructura Económica y O.E.I

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Universidad de Alcalá

ANA M^a LÓPEZ GARCÍA

Instituto L.R.Klein, Centro Stone

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Universidad Autónoma de Madrid

RESUMEN

La finalidad básica de un modelo de congruencia de predicciones regionales es cuadrar el conjunto de las predicciones regionales que se realizan sobre la evolución económica individual de cada región con las predicciones nacionales, que son consideradas como marco de referencia común para la estimación de aquéllas. Este artículo presenta una propuesta de modelo de congruencia empleado para la armonización de las predicciones de crecimiento económico de cada una de las comunidades autónomas de España para un nivel de desagregación de nueve ramas productivas. El planteamiento puede extenderse a otras regiones o países.

(*) Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de dos evaluadores anónimos.

Palabras clave: modelo de congruencia, armonización de datos, conciliación de datos, predicciones regionales, métodos biproportionales.

Clasificación AMS: 62P20, 65K05, 91B66, 91B72

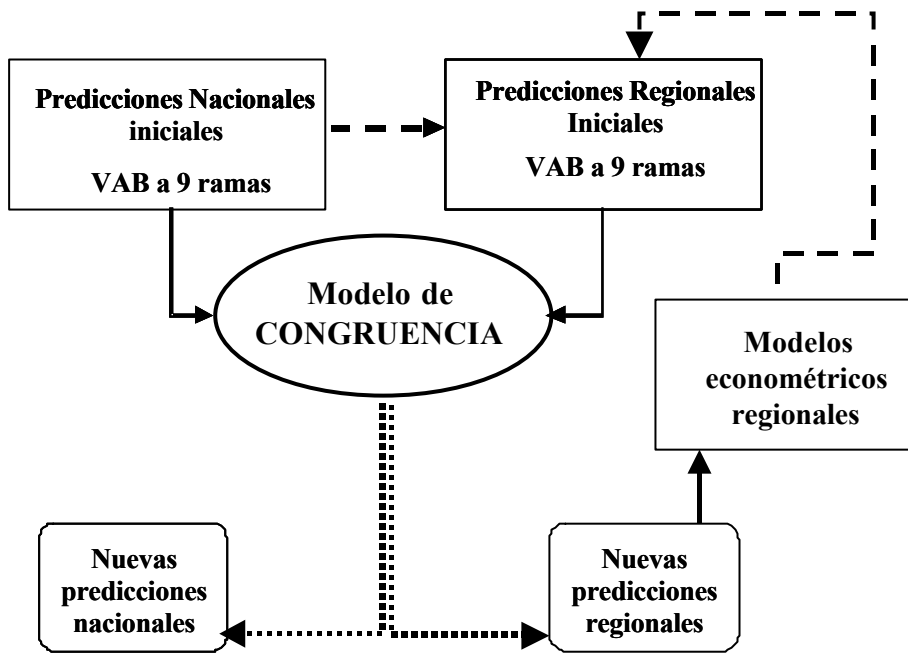
1. CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE UN MODELO DE CONGRUENCIA

La finalidad básica de un modelo de congruencia de predicciones regionales es cuadrar el conjunto de las predicciones regionales que se realizan sobre la evolución económica de cada región con las predicciones nacionales que son consideradas como marco de referencia común para la estimación de aquéllas. Este artículo presenta una propuesta de modelo de congruencia de predicciones en el marco de un proyecto de modelización regional integrada que contempla los crecimientos del valor añadido bruto a precios básicos de cada una de las diecisiete comunidades autónomas de España además de las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla, con una desagregación de nueve ramas productivas.

Así pues, nuestra propuesta de modelo de congruencia proporciona un conjunto de predicciones regionales armonizadas, a partir de las estimaciones iniciales realizadas con modelos econométricos para cada región, de acuerdo con el siguiente esquema:

Figura 1

ESQUEMA BÁSICO DEL PROCESO DE CONGRUENCIA REGIONAL



En líneas generales, el diseño del modelo de congruencia que presentamos en este documento corresponde a un modelo multirregional y parcialmente descentralizado. Las predicciones regionales iniciales proceden de las estimaciones realizadas con modelos econométricos independientes, a partir de una base de datos común, obteniéndose predicciones regionales armonizadas con un referente nacional. En cuanto al proceso operativo, el modelo de congruencia parte de una resolución de arriba hacia abajo (*top-down*) donde las predicciones nacionales sirven de referencia inamovible para las regionales, cuando se trata de cuadrar el año o ejercicio histórico inmediatamente anterior. Sin embargo, y con relación a ejercicios en curso y futuros, el modelo se flexibiliza permitiéndose la rectificación de los datos nacionales iniciales en el periodo de predicción, dando como resultado una resolución hacia arriba (*bottom-up*).

Como antecedentes de este tipo de modelos podemos referirnos a la propuesta inicial de Pulido y Carazo (1991) que definen un modelo básico de congruencia interregional caracterizado por incluir el enlace de los modelos econométricos de las diferentes regiones. En este contexto, el proceso de predicción sigue unas etapas definidas. Se parte de la predicción nacional para las variables fundamentales (principalmente valores añadidos brutos por ramas de actividad o sectores) a partir de un modelo econométrico de la economía española. En segundo lugar, se elaboran predicciones regionales a partir de modelos econométricos regionales que presentan una desagregación sectorial semejante y utilizan una base de datos común. En la tercera etapa se armonizan (enlazan) las predicciones nacionales-sectoriales obtenidas como suma de las predicciones regionales con las predicciones nacionales originarias que han servido de punto de partida.

A este respecto, tal y como señala Pulido (1994) el enlace puede realizarse de muy diversas formas, siendo los rasgos característicos de las distintas alternativas:

- 1) El papel más o menos prioritario de los resultados obtenidos por agregación regional con respecto a los nacionales de partida.
- 2) La organización más o menos centralizada del proceso de predicción.
- 3) El mayor o menor detalle del comercio interregional.

En conformidad con estos rasgos característicos se puede efectuar una clasificación de diferentes tipos de modelos básicos de congruencia interregional. En el ámbito regional, lo habitual es inclinarse por un modelo de enlace con resolución predominante de arriba-abajo (*top-down*) con organización básicamente descentralizada y no consideración explícita del sector exterior. Según Pulido (1994) el modelo de integración de los resultados regionales puede tratar de cuantificar los efectos bilaterales entre regiones, conocer sólo en forma agregada los efectos de cada región sobre el resto de la nación o limitarse a la predicción regional sin valoración de efectos interregionales.

Cuadro 1

CRITERIOS ALTERNATIVOS BÁSICOS DE ENLACE ENTRE MODELOS ECONOMÉTRICOS REGIONALES

<i>Prioridad nacional/regional</i>	<i>Organización de equipos de trabajo</i>	<i>Comercio interregional</i>
Modelos de arriba-abajo	Centralizado	Bilateral
Modelos de abajo-arriba	Descentralizado	Región-nación
Modelos híbridos	Mixto	No considerado

Fuente: Pulido (1994).

En Fontela et al. (1988) señalan que la caracterización *top-down* o *bottom-up* está referida a la primacía de la solución agregada directa (datos nacionales de referencia) y el reparto de la solución desagregada (datos regionales) y su integración. Un proceso de arriba (nación) a abajo (regiones) supone un esquema centralizado con dominio del modelo nacional y sus predicciones sobre modelos regionales. Un proceso de abajo a arriba exige un predominio de los modelos regionales (y sus predicciones) sobre el nacional.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA CONGRUENCIA DE PREDICCIONES REGIONALES

En España, las regiones, en su concepción ampliada incorporan a las 17 comunidades autónomas españolas, a las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla, así como a una región que representa al agregado total nacional. En cuanto a la desagregación sectorial, el modelo que se presenta considera, para cada región, las nueve ramas productivas del modelo HERMES(1): agricultura, energía, industria de bienes intermedios, industria de bienes de equipo, industria de bienes de consumo, construcción, transportes y comunicaciones, otros servicios de mercado, servicios de no mercado, así como un sector adicional que representa al total agregado para cada región.

Inicialmente, las estimaciones aportadas por diferentes modelos econométricos regionales o, en su defecto, otras fuentes de referencia son las tasas de crecimientos sectoriales y total del valor añadido bruto (VAB) a precios básicos para cada región, así como las tasas de crecimientos sectoriales y total del VAB en el ámbito nacional. La armonización de los crecimientos regionales con los crecimientos en el ámbito nacional debe realizarse mediante balances de naturaleza aditiva, con base en las magnitudes que estos crecimientos suponen sobre los correspondientes VAB del año anterior.

Por ello, la naturaleza del problema nos induce a considerar las correspondientes magnitudes referidas al VAB, x_{ij} , que pueden ser obtenidas mediante la aplicación de las tasas de crecimiento (t_{ij}) procedentes de las estimaciones de modelos econométricos regionales, sobre la parte p_{ij} que cada sector j de cada región i representa en el VAB total de la economía nacional en el año anterior, mediante la expresión:

$$x_{ij} = (1 + t_{ij} / 100) \cdot p_{ij}. \quad [1]$$

(1) El nivel de desagregación sigue la clasificación sectorial del proyecto europeo HERMES *Harmonised econometric research for modelling economic systems* (Commission of the European Communities, 1993).

donde

i : 0,1,.....18 regiones (17 comunidades autónomas + Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla, 0 = agregado del total nacional).

j : 0,1,.....9 sectores (agricultura, energía, industria de bienes intermedios, industria de bienes de equipo, industria de bienes de consumo, construcción, transportes y comunicaciones, otros servicios de mercado, servicios de no mercado, 0=total agregado para cada región).

x_{ij} : magnitudes referidas al VAB regional.

t_{ij} : tasas de crecimiento sectoriales y total del VAB regional.

p_{ij} : coeficientes de participación de cada sector regional en el agregado nacional.

Siguiendo este razonamiento, el modelo considerará estas variables x_i , que tienen el siguiente significado:

- x_{00} es el índice de variación del VAB nacional, expresado en tanto por uno, entre los periodos consecutivos en los que se está analizando la variación, de acuerdo con la información facilitada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) o, en su defecto, por cualquier institución que proporcione estimaciones y predicciones sectoriales del crecimiento nacional.

- x_{0j} es la participación absoluta del sector j en el índice de variación del VAB nacional x_{00} , calculada a partir del crecimiento del sector facilitado por el INE o, en su defecto, por cualquier institución que proporcione estimaciones y predicciones sectoriales del crecimiento nacional, y la participación que este sector tiene sobre la economía nacional en el primer periodo.

- x_{i0} es la participación absoluta de la región i en el índice de variación del VAB nacional x_{00} , calculada a partir del crecimiento de la región obtenido de los correspondientes modelos econométricos regionales o, en su defecto, de otras fuentes de referencia (instituciones regionales que facilitan estimaciones y predicciones sectoriales del crecimiento regional) y la participación que esta región tiene sobre la economía nacional en el primer periodo.

- x_{ij} es la participación absoluta del sector j de la región i en el índice de variación del VAB nacional x_{00} , calculada a partir del crecimiento de ese sector en esa región y la participación que este sector tiene sobre la economía nacional en el primer periodo.

Con estas observaciones, el problema de la congruencia de predicciones regionales consiste en encontrar unas únicas estimaciones para la nueva magnitud

definida como X_{ij} de cada sector de actividad j en cada región i , que sean lo más acordes posible a las correspondientes estimaciones x_{ij} originalmente aportadas por los modelos regionales y otras fuentes de referencia, y que satisfagan, necesariamente, los balances de crecimientos sectoriales y regionales agregados.

En concreto, los crecimientos sectoriales agregados para cada región deben coincidir con el crecimiento regional total estimado para la misma, y los crecimientos regionales agregados (totales y para cada sector de actividad) deben coincidir con los crecimientos nacionales (total y por sectores, respectivamente) que se publican en la Contabilidad Nacional del INE o, en su defecto, con las correspondientes estimaciones sectoriales nacionales facilitadas por otras instituciones. Una vez obtenidas estas nuevas magnitudes X_{ij} , podremos calcular fácilmente a partir de ellas las correspondientes nuevas tasas de crecimiento para cada sector y región, como:

$$T_{ij} = 100 (X_{ij} / p_{ij} - 1) \tag{2}$$

Así pues, el problema general se puede formular de la siguiente forma. El objetivo es obtener nuevos valores X_{ij} acordes con los datos x_{ij} iniciales, tales que

$$\begin{aligned} \sum_j X_{ij} &= X_{i0} & i = 0, \dots, 18 \\ \sum_i X_{ij} &= X_{0j} & j = 0, \dots, 9 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\sum_i X_{i0} = \sum_j X_{0j} = X_{00}$$

En cualquier caso, el éxito del proceso de congruencia y, por tanto, la bondad de la solución alcanzada, siempre dependerá de una estricta vigilancia en el cumplimiento de aspectos fundamentales, como son:

- La precisión de los coeficientes de participación de cada sector regional en el agregado nacional, referencia común obligada para todas las regiones.
- La inexistencia de sesgos atípicos en datos aislados, que habría que identificar previamente con objeto de que no contagien erróneamente la solución final.
- La consideración diferenciada de las estimaciones aportadas por los modelos econométricos regionales con base en indicadores que permitan valorar su calidad,

como podrían ser los errores de estimación históricos o la fiabilidad de los métodos de estimación empleados.

3. APROXIMACIÓN HISTÓRICA A LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DE RESOLUCIÓN

El planteamiento realizado nos sitúa en el problema conocido de modo general como el del ajuste de tablas de entrada-salida. Tradicionalmente, este problema se ha afrontado de dos formas distintas. La primera, se basa en la aplicación del método RAS o técnica de ajuste biproporcional, introducida en 1963 por la Universidad de Cambridge⁽²⁾ (*Department of Applied Economics, Programme for Growth series*) que se ha constituido como uno de los métodos más populares para el ajuste de tablas input-output, matrices de contabilidad social, etc. El problema parte de la existencia de una relación entre una tabla inicial $X^0 = ((x_{ij}))$ y una tabla final real $X^* = ((X_{ij}^*))$, tratando de encontrar una buena estimación de X proporcionada por la matriz $X = ((X_{ij}))$, que verifique la relación y las restricciones implícitas en dicha tabla. Como señala deMesnard (1989), en su línea de trabajo sobre los fundamentos teóricos de los métodos biproporcionales, el problema del ajuste de tablas de entrada-salida se plantea en los siguientes términos: ajustar una matriz S cuyos términos son s_{ij} a los márgenes de una matriz M (cuyos márgenes son $m_{i.}$ y $m_{.j}$) en orden a obtener una matriz X con elementos x_{ij} .

Sobre la aplicación del método RAS podemos encontrar numerosos antecedentes, entre los que destacamos Allen y Lecomber (1975), Bacharach (1970), Lecomber (1969, 1975), Macgill (1977), deMesnard (2002), Szyrmer (1989). En Polenske (1997) se revisan avances en el desarrollo del método RAS, donde se deduce que una de las principales aplicaciones del mismo se relaciona con el ajuste de tablas input-output. Okuyama et al (2000) señalan que en la literatura input-output la técnica RAS ha sido habitualmente utilizada para dos propósitos: 1) el ajuste de una matriz de un periodo de tiempo a otra matriz nueva, referida a un periodo temporal posterior, en la que sólo se conocen las filas y columnas totales de la demanda intermedia; 2) el ajuste de tablas input-output nacionales para representar (estimar) tablas regionales. Sostienen que aunque la técnica RAS ha sido revisada profundamente algunos autores critican que no es más que un procedimiento de ajuste mecánico. No obstante, Lahr y deMesnard (2004) señalan las principales ventajas del método RAS frente a otros algoritmos competitivos. En primer lugar, es un algoritmo relativamente simple que asegura encontrar una

(2) La propuesta y desarrollo inicial del método RAS se atribuye a Stone (1961) y Stone y Brown (1962) dentro del *Cambridge Computable Model of Economic Growth*. Su denominación se debe a las notaciones empleadas por Stone en su desarrollo.

solución con elementos no negativos. En segundo lugar, necesita un mínimo de datos para su implementación.

Esta crítica al método RAS se intenta resolver con la segunda de las posibles alternativas de resolución del ajuste de tablas de entrada-salida, inspirada en la programación matemática. Se busca la estimación X de la tabla \hat{X} mediante la minimización de una función de distancia entre las tablas X y \hat{X} bajo las restricciones correspondientes. En este caso, uno de los referentes tradicionales en el enfoque de tablas entrada-salida son los trabajos de Bachem y Korte (1979a, 1979b) y Bachem et al. (1983), donde demuestran que ambas aproximaciones son equivalentes en el sentido de que “para la mayor parte de las relaciones (relaciones de la primera aproximación, llamada dual), existe una función objetivo f (función objetivo de la segunda aproximación llamada primal), tal que la solución del primal es igual a la del dual”.

Esta dualidad para el ajuste de tablas de entrada-salida también queda recogida en Lahr y deMesnard (2004) que señalan dos tipos de procedimientos: formulaciones biproporcionales (algoritmos de escala) alternativas a la formulación general biproporcional de Stone (1961) en un contexto input-output y aquellas que pueden ser derivadas del método RAS, formuladas estrictamente como desarrollos matemáticos (algoritmos de optimización). Los algoritmos de ajuste se identifican porque su fin es el equilibrado de matrices (mediante la multiplicación iterativa de filas y columnas de una matriz inicial por valores constantes y positivos que derivan en una serie de matrices candidatas a ser la solución final). Por su parte, los algoritmos de optimización minimizan funciones que miden la distancia entre una matriz candidata a ser la solución final y la matriz inicial. Se denominan funciones objetivo porque inducen la solución del problema a ser lo más cercana posible a la matriz inicial. Así, las restricciones del problema de optimización son las condiciones de equilibrio que fuerzan que la solución sea cercana a la inicial.

En este contexto, basándonos en la propuesta inicial de Bachem y Korte (1979a, 1979b), que engloba los intentos precedentes realizados por otros autores, se define la siguiente relación general:

$$\frac{X_{ij} - x_{ij}}{w_{ij}} = a_i + b_j + d \cdot a_i \cdot b_j \tag{4}$$

donde:

i : índice de filas

j : índice de columnas

X_{ij} : elemento de la fila i , columna j de la tabla o matriz X

x_{ij} : elemento de la fila i , columna j de la tabla o matriz X^0

w_{ij} : peso positivo del elemento X_{ij}

a_i : parámetro influyente en los elementos de la fila i

b_j : parámetro influyente en los elementos de la columna j

d : parámetro entre 0 y 1.

Matricialmente, esta relación puede escribirse en la forma

$$X = X^0 + AW + WB + dAWB \quad [5]$$

donde:

W : es la matriz de pesos o participaciones.

A y B : son matrices diagonales de los parámetros a_i y b_j , respectivamente.

Bajo esta notación, la mayoría de los métodos utilizados hasta la fecha admiten la interpretación dual indicada (por ejemplo, método bi-proporcional RAS, método bi-adicional de Friedlander, ajustes de la distancia euclídea, ...). Todos estos métodos plantean diversos problemas de estimación, que supuestamente podrían ser mitigados si fuésemos capaces de introducir en ellos ciertas informaciones suplementarias que pudieran ser conocidas a priori, como:

- Sumas parciales de X .
- Elementos de X conocidos a priori.
- Sumas de ciertos elementos de X .
- Información sobre la calidad de los datos proporcionados a priori (fiabilidad de los datos).
- Intervalos de variación para ciertos datos X_{ij} .

Cuadro 2

PROPIEDADES COMPARATIVAS DE LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN TRADICIONALES

MÉTODOS	<i>Carácter de la solución Propiedades sobre las restricciones</i>				
	El método provee soluciones no negativas	La solución conserva los valores nulos	Admite intervalos de variación sobre los elementos	Admite intervalos de variación sobre los márgenes	Admite prefijar sumas para cualesquiera elementos
<i>Sin información suplementaria</i>					
RAS	Sí	Sí	No	No	No
Friedlander	No	Sí	No	No	No
D. Euclídea	No	No	No	No	No
D. Euclídea ponderada	No	Sí	No	No	No
<i>Con información suplementaria</i>					
RAS ampliado (Allen y Lecomber)	Sí	Sí	Sí	Sí	No
RAS ampliado (Hitz y Schmid)	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Ajuste con funciones objetivo cuadráticas (Bachem y Korte)	Sí	Sí	Sí	No	No
Ajuste con funciones objetivos cuadráticas (Morrison y Thumann)	No	Sí	No	No	Sí

Fuente: Elaboración propia a partir de Bachem y Korte (1979a, 1979b), Allen y Lecomber (1975), Hitz y Schmid (1978), Morrison y Thumann (1980), Lahr y deMesnard (2004).

En la actualidad, aparte de los trabajos iniciales de Bachem y Korte, numerosos métodos y modelos basados en el ajuste biproporcional han sido profundamente estudiados e implementados, sobretudo para generar series de tablas input-output. En este caso, podemos referirnos a los trabajos de Cole (1992), Harrigan y Buchanan (1984), Hitz y Schmid (1978). Lahr y deMesnard (2004), Land y Powell (1973), deMesnard (2004), Schneider y Zenios (1990), Snower (1990). El número de problemas en economía que conducen más o menos a una forma biproporcional es

muy amplio. Aplicaciones a casos particulares se encuentran, por ejemplo, en la estimación de flujos de migración (Schoen y Jonsson, 2003), flujos de transporte (Furness, 1965), comercio internacional e interregional (Canning y Wang, 2003). En el caso concreto de aplicación de métodos biproporcionales para el ajuste de predicciones regionales, como es nuestro objetivo, no hemos encontrado ninguna propuesta aparte de los referentes españoles ya comentados en el epígrafe 1, por lo que consideramos que nuestra aportación cobra especial relevancia.

4. FORMULACIÓN DEL MODELO DE CONGRUENCIA DE PREDICCIONES REGIONALES

En la línea que hemos descrito, presentamos un modelo de congruencia original que permite estimar las tasas de crecimiento sectoriales de las regiones españolas, de forma armonizada con un marco de referencia nacional. El método planteado utiliza la programación cuadrática con restricciones lineales sobre una función objetivo del tipo distancia euclídea ponderada. Las restricciones lineales permiten incorporar información suplementaria, opción que posibilita establecer ecuaciones de ligadura entre cualquier conjunto de variables implicadas en el problema, así como prefijar valores y rangos de variabilidad de las mismas a priori.

Las ponderaciones de la distancia euclídea en la función objetivo permiten otorgar distintos grados de fiabilidad a los valores inicialmente aportados por los modelos regionales, propiciando mayor estabilidad a los datos supuestamente más fiables. Además, la forma de la función objetivo posibilita el escalamiento de los datos originales, permitiendo tratar valores absolutos o relativos con un amplio abanico de posibilidades.

Concretamente, y con la siguiente notación,

x_{ij} : representa el valor estimado inicialmente para el sector j de la región i

X_{ij} : representa el valor buscado como resultado de la congruencia para x_{ij}

w_{ij} : representa el factor de fiabilidad asociado a la estimación x_{ij}

r_{ij} : representa el factor de escalado asociado a la estimación x_{ij}

Tol_{ij} : representa la variación relativa, con respecto a x_j , permitida para X_{ij}

$Mín_{ij}$: representa el mínimo valor permitido para X_{ij}

$Máx_{ij}$: representa el máximo valor permitido para X_{ij}

nuestra propuesta de modelo de congruencia queda formulada con el objetivo de obtener la matriz o tabla de datos X_{ij} tal que:

$$\text{Min} \quad \sum_{i,j} w_{ij} \left(\frac{X_{ij} - x_{ij}}{r_{ij}} \right)^2 \quad [6]$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$|X_{ij} - x_{ij}| \leq \text{To}l_{ij} x_{ij} \quad i = 0, \dots, 18; \quad j = 0, \dots, 9 \quad [7]$$

$$\text{Min}_{ij} \leq X_{ij} \leq \text{Max}_{ij} \quad i = 0, \dots, 18; \quad j = 0, \dots, 9 \quad [8]$$

$$\sum_j X_{ij} = X_{i0} \quad i = 0, \dots, 18 \quad [9]$$

$$\sum_i X_{ij} = X_{0j} \quad j = 0, \dots, 9 \quad [10]$$

$$\sum_i X_{i0} = \sum_j X_{0j} = X_{00} \quad [11]$$

donde el subíndice *i* se refiere a las regiones consideradas y el subíndice *j* a la desagregación sectorial.

Inicialmente se consideró que estos parámetros w_{ij} , r_{ij} , $\text{To}l_{ij}$, Mín_{ij} y Máx_{ij} , podrían calcularse genéricamente en función de los correspondientes errores relativos, e_{ij} , que los modelos regionales facilitarían asociados a las estimaciones x_{ij} . Sin embargo, una primera aplicación, que obviase el diferente nivel de desarrollo de los distintos modelos empleados para cada una de las regiones, debido a la heterogeneidad de las fuentes estadísticas disponibles en cada comunidad autónoma, aconsejó una definición sencilla y homogénea para todos ellos.

Así, y aunque el método provee la posibilidad de discriminar a estas variables en función de la fiabilidad de las estimaciones, mientras los resultados históricos obtenidos no han permitido un análisis contrastado de las mismas con las cifras oficiales definitivas, en la actualidad hemos optado por la siguiente definición de parámetros asociados a cada variable, calculados de forma genérica a partir de sus participaciones en la economía nacional, p_{ij} , según las siguientes pautas.

En primer lugar, establecemos que

$$\begin{aligned} \text{Mín}_{ij} &= \text{máx} [0, x_{ij} - \text{máx}(0, K_{ij}) \cdot p_{ij}] \\ \text{Máx}_{ij} &= \text{mín} [x_{00}, x_{ij} + \text{máx}(0, K_{ij}) \cdot p_{ij}] \end{aligned} \quad [12]$$

donde

$$K_{ij} = k_j + d_j, \quad [13]$$

siendo el parámetro k_j un coeficiente que caracteriza la variabilidad relativa del sector j de la región i con respecto a su participación en el total nacional (en la actualidad constante para todas las regiones). Por su parte, d_j es un parámetro que penaliza el desajuste sectorial agregado en el ámbito nacional, generalmente existente entre las estimaciones iniciales proporcionadas por los modelos regionales y la cifra global de referencia del correspondiente sector j .

Cuando este parámetro se ha calculado como la mínima proporción de dicha discrepancia sectorial, necesaria para que el problema presente una solución factible, la solución obtenida penalizaba uniformemente a todas las estimaciones regionales. Por ello, en la actualidad, se fija un margen de variación predeterminado, como será expuesto en el siguiente apartado dedicado a la implementación práctica del modelo.

En segundo lugar, para que la variación de las variables en busca de la solución final sea proporcional a la variabilidad permitida a las mismas, se fija que:

$$r_{ij} = \text{Máx}_{ij} - \text{Mín}_{ij} \quad [14]$$

De forma alternativa, este parámetro puede elegirse, por ejemplo, como $r_{ij} = x_{ij}$ para que la función objetivo utilice, como base de cálculo, las variaciones relativas con respecto a las estimaciones iniciales.

En tercer término, $w_{ij} = 0$ para las variables de las que no se disponga dato y, en la actualidad, máxima fiabilidad 100 para todos los demás casos. Si bien, nuestra propuesta plantea que este parámetro pueda modificarse entre estos límites de acuerdo con la fiabilidad obtenida del análisis histórico de los datos.

En cuarto lugar, se plantea que $\text{Tol}_{ij} = 0\%$ de x_{ij} para valores inamovibles, por ejemplo para los oficialmente establecidos, y $\text{Tol}_{ij} = 100\%$ de x_{ij} en cualquier otro caso. Este parámetro permite, análogamente al anterior, caracterizar a las estimaciones según su fiabilidad. Pero en este caso, tal caracterización no se realiza a

través de ponderaciones en la función objetivo sino mediante el establecimiento de restricciones de acotación para la correspondiente solución.

Las variables anteriormente definidas junto con todos estos parámetros determinan la función objetivo y las restricciones de acotación [7] y [8] recogidas en la anterior definición del modelo de congruencia. Las ecuaciones de ligadura que actualmente contempla el modelo son básicamente las ecuaciones de balance representadas en las ecuaciones [9], [10] y [11] del modelo de congruencia antes expuesto. Su significado es obvio y todas estas ecuaciones tratan de garantizar la congruencia entre los distintos crecimientos regionales y sectoriales, de forma que la suma de crecimientos regionales de cada sector sea el total nacional de dicho sector, que la suma de crecimientos de los sectores de cada región sea el total regional especificado y que la suma de los crecimientos regionales y sectoriales en el ámbito nacional coincidan, lógicamente, con el crecimiento agregado nacional.

Como consecuencia, actualmente, el problema involucra a $18 \cdot 9 + 18 + 9 + 1 = 190$ variables(3) con sus 190 correspondientes restricciones de acotación y a $18 + 9 + 1 = 28$ restricciones de equilibrio linealmente independientes. Para su resolución, inicialmente se recurrió a un programa informático escrito en Fortran para la aplicación del algoritmo de programación cuadrática (véase Callealta y López, 2001), siguiendo las pautas descritas en Land Powell (1973). Sin embargo, en la actualidad, y una vez implementado el proceso de congruencia íntegramente con la ampliación de Solver que se puede incorporar en el programa Excel de Microsoft, se recurre al algoritmo de optimización no lineal (GRG2) desarrollado por la Universidad Leon Lasdon de Austin (Texas) y la Universidad Allan Waren (Cleveland).

En cuanto a sus aspectos teóricos, el procedimiento puede clasificarse, siguiendo los antecedentes consultados referidos a los métodos biproporcionales, como un método derivado del referido a la distancia euclídea ponderada, en el que la función objetivo a minimizar es:

$$f_o(X, d, W) = \sum_{ij} \left\{ \frac{X_{ij} - x_{ij}}{\frac{r_{ij}}{\sqrt{w_{ij}}}} \right\}^2 \quad [15]$$

y al que, además, se le ha permitido procesar información suplementaria en forma de restricciones, de forma que permite:

(3) Información utilizada: 18 regiones, 9 sectores, 18 totales regionales, 9 datos sectoriales nacionales, 1 total nacional.

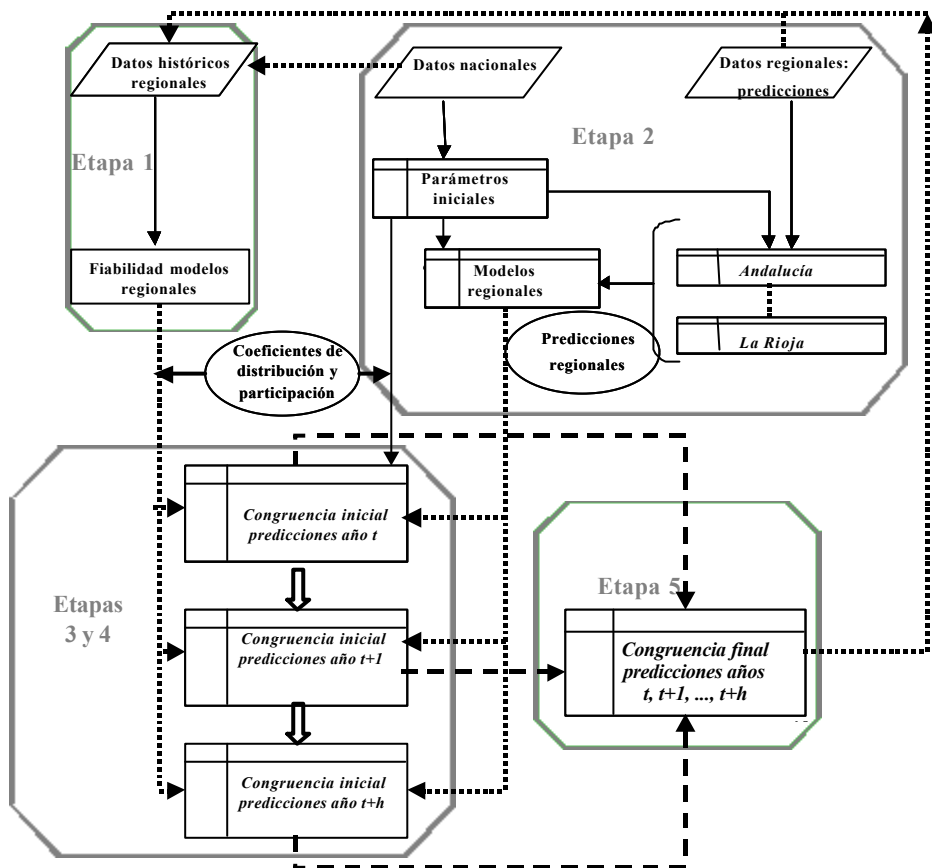
- Conservar las soluciones en los rangos permitidos.
- Conservar los elementos prefijados.
- Establecer límites absolutos y relativos de variación a los elementos internos de la tabla de entrada-salida (TES).
- Establecer límites absolutos y relativos de variación a los márgenes de la TES.
- Establecer restricciones lineales entre cualesquiera variables de la TES.
- Establecer distintos pesos o fiabilidades a unos datos frente a otros.

Por estas razones y como comparación con las referencias recogidas en el cuadro 2, consideramos que este método presenta más ventajas frente a otros procedimientos alternativos.

5. IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA DEL MODELO DE CONGRUENCIA DE PREDICCIONES REGIONALES

Con la mencionada notación de regiones y sectores (en España, 17 comunidades autónomas más las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla, así como una región que representa al agregado total nacional; y 9 sectores más el correspondiente al valor total), trataremos a continuación de describir con detalle el proceso práctico de implementación del modelo de congruencia de predicciones regionales que se realizará en cinco etapas o pasos sucesivos (véase figura 2).

Figura 2
ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO DE CONGRUENCIA DE PREDICCIONES REGIONALES



Fuente: elaboración propia

Etapa 1) Caracterización de la calidad histórica de las estimaciones regionales

El modelo de congruencia diseñado, que hemos descrito en el epígrafe anterior, incorpora una caracterización de la calidad histórica de las estimaciones de los modelos regionales. Esta valoración de la calidad de la información se obtiene mediante la comparación de las cifras iniciales referidas al crecimiento económico regional proporcionadas por los modelos econométricos regionales y su posterior

comparación con las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística(4). Consiste en la introducción de los parámetros w_{ij} y los valores mínimos para los Tol_{ij} , $Mín_{ij}$ y $Máx_{ij}$, que deben haber sido evaluados previamente en función del acierto demostrado en el pasado por las predicciones de los modelos regionales.

En la actualidad, consideramos los siguientes valores de los parámetros:

- Variación Absoluta Mínima:

$$VAMIN_{ij} = 0,3 \% \quad i=0,1,\dots,18 \quad j=1,\dots,9$$

$$VAMIN_{ij} = 0,1 \% \quad i=1,\dots,18 \quad j=0$$

$$VAMIN_{ij} = 0,0 \% \quad i=0 \quad j=0$$

- Variación Relativa Mínima:

$$VRMIN_{ij} = 20 \% \quad i=1,\dots,18 \quad j=1,\dots,9$$

$$VRMIN_{ij} = 5 \% \quad i=1,\dots,18 \quad j=0$$

$$VRMIN_{ij} = 0 \% \quad i=0 \quad j=0,\dots,9$$

- Pesos:

$$PESO_{ij} = 1,00 \quad i=0,1,\dots,18 \quad j=0,1,\dots,9$$

Etapa 2) Entrada de datos iniciales para cada año de predicción

Se especifican aquí las estimaciones iniciales aportadas por los modelos regionales o las diversas fuentes de referencia (x_{ij}), así como las posiciones iniciales de cada sector y de cada región en el entorno nacional a través de los coeficientes de distribución regionales (CDR) y coeficientes de distribución sectoriales (CDS) para el año previo al primero de predicción, que permitirán calcular los coeficientes de participación (p_j) de cada año.

En primer lugar, se fija el año de partida t , los coeficientes de distribución sectorial (CDS_{ij}) para cada región i en el año t ($i=0,1,\dots,18$; $j=1,\dots,9$), así como los coeficientes de distribución regional (CDR_{ij}) para cada sector j en el año t ($i=1,\dots,18$; $j=0,1,\dots,9$). A partir de éstos, se calculan las proporciones de participación en el Total (PPT):

(4) El Instituto Nacional de Estadística publica anualmente la Contabilidad Regional de España (CRE). Por ejemplo, en junio de 2004, la CRE contenía la primera estimación del valor añadido bruto en 2003 de las 17 comunidades autónomas de España con una desagregación de 6 ramas productivas. A este mismo nivel de desagregación proporciona el VAB de 2002, con datos de avance.

$$PPT0_{ij} = CDS_{ij} * CDR_{i*} = CDR_{j*} * CDS_{*j} \quad [16]$$

A continuación, se incorporan las estimaciones de crecimiento nacional facilitadas por el INE o, en su defecto, otra institución (en el caso de los años de predicción t+1, t+2, t+3 y t+4). Como seguridad adicional y buscando minimizar la posibilidad de cometer errores, se comprueba automáticamente la consistencia de las predicciones sectoriales con las correspondientes a los crecimientos agregados en el ámbito nacional, según las ponderaciones del año t.

En segundo lugar, se incorporan las estimaciones de crecimiento regional (t_{ij}) para cada uno de los años de predicción (t+1, t+2, t+3, t+4). Para garantizar la homogeneidad del marco nacional se presentan las correspondientes predicciones nacionales (para los años t+1, t+2, t+3, t+4) y los coeficientes de distribución sectorial de la región correspondiente en el año t(5). Como seguridad adicional, y buscando minimizar la posibilidad de cometer errores, se comprueba automáticamente la consistencia de las predicciones sectoriales con las correspondientes a los crecimientos agregados en el ámbito regional, según las ponderaciones del año t.

Etapas 3) Cálculo de predicciones armonizadas para cada año de predicción.

En primer lugar, se realiza una supervisión de las predicciones regionales de cada año t+k, de forma que el modelo de congruencia incorpora automáticamente las tasas estimadas de crecimientos regionales y nacional, t_{ij} (i=0,1,...,18 ; j=0,1,...,9) y evalúa las discrepancias entre los totales regionales y los calculados según los CDS y CDR del año anterior, dr_i (i=0,1,...,18), así como las discrepancias entre los totales sectoriales regionales y las estimaciones nacionales de partida ds_j (j=0,1,...,9).

A partir de estas discrepancias, se calculan nuevas tasas de crecimiento sectorial corregidas con objeto de mantener los totales y disponer de datos consistentes con relación a los CDR y CDS del año anterior (dr_i de los datos corregidos=0, i=0,1,...,18), mediante la expresión:

$$T_{ij} = (1 + t_{ij}) * (1 + dr_i) - 1 \quad i=0,1,...,18 \quad j=1,...,9 \quad [17]$$

Asimismo, se evalúan las nuevas discrepancias entre los totales sectoriales corregidos de los modelos regionales y las estimaciones nacionales de partida ds_j

(5) Nótese que lo que se pretende en todo momento es una coherencia de las estimaciones regionales con el marco nacional de referencia. En este sentido, la suma ponderada de las predicciones de crecimiento regional debe dar lugar a un crecimiento nacional acorde, en líneas generales, con las previsiones que diversas instituciones están realizando sobre el mismo.

($j=0,1,\dots,9$), ya que las discrepancias en el ámbito de totales regionales deben haber desaparecido con la corrección previa.

Una vez corregidas las tasas, el procedimiento permite incorporar también características específicas sobre la variabilidad de los datos en la predicción concreta del año $t+k$, al margen de las relacionadas con la calidad histórica de las estimaciones de los equipos que ya fueron introducidas en la etapa 1. A continuación, se expresan los valores con los que, por defecto, se encuentran implementadas estas nuevas características, donde destacamos la restricción impuesta del 0% a la variación del crecimiento total regional y total nacional. Esto implica que se permite una variación en las tasas iniciales de los sectores, siempre y cuando se mantenga la cifra total de partida (que se obtiene como suma ponderada de las estimaciones de crecimiento sectorial):

- Variaciones absolutas admitidas a izquierda y derecha

$$L_{ij}=0 \quad LD_i=0 \quad i=0,1,\dots,18 \quad j=0,1,\dots,9$$

- Variaciones relativas (respectivamente para $t+1$, $t+2$, $t+3$ y $t+4$) admitidas con respecto a las discrepancias sectoriales ds_j

$$VRDS_{ij}=100\% \quad i=1,\dots,18 \quad j=0,1,\dots,9$$

$$VRDS_{ij}=30\%, 30\%, 40\%, 50\% \quad i=0 \quad j=1,\dots,9$$

$$VRDS_{ij}=0\%, 30\%, 40\%, 50\% \quad i=0 \quad j=0$$

- Variaciones adicionales de Totales Regionales

$$VATR = 0\%$$

- Variaciones adicionales de Total Nacional

$$VATN = 0\%$$

A partir de estas características y de las relacionadas con la calidad histórica de las estimaciones regionales, se procede al cálculo automático de las tolerancias finales resultantes, mediante las siguientes expresiones:

- Cálculo de Tolerancia a Izquierda (final): $TOLF_{ij} =$

$$= \text{Máx}(L_{ij}, VAMIN_{ij}, VRMIN_{ij} * |X_{ij}|) + \text{Máx}(0, VRDS_{ij} * ds_j) \quad i=1,\dots,18; j=1,\dots,9$$

$$= \text{Máx}(L_{ij}, VAMIN_{ij}, VRMIN_{ij} * |X_{ij}|, \text{Máx}(0, dr_i)) + \text{Máx}(0, \quad i=1,\dots,18; j=0$$

$$VRDS_{ij} * ds_j) + VATR \quad [18]$$

$$\text{Máx}(L_{ij}, VAMIN_{ij}, VRMIN_{ij} * |X_{ij}|) - \text{Mín}(0, VRDS_{ij} * ds_j) \quad = i=0; j=1,\dots,9$$

$$= \text{Máx}(L_{ij}, VAMIN_{ij}, VRMIN_{ij} * |X_{ij}|, \text{Máx}(0, dr_i)) - \text{Mín}(0, \quad i=0; j=0$$

$$VRDS_{ij} * ds_j) + VATN$$

• Cálculo de Tolerancia a Derecha (final): $TOLFD_{ij} =$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Máx}(LD_{ij}, VAMIN_{ij}, VRMIN_{ij}*|X_{ij}|) - \text{Mín}(0, VRDS_{ij}*ds_j) && i=1, \dots, 18; j=1, \dots, 9 \\
 &= \text{Máx}(LD_{ij}, VAMIN_{ij}, VRMIN_{ij}*|X_{ij}|, -\text{Mín}(0, dr_i)) - \text{Mín}(0, && i=1, \dots, 18; j=0 \\
 &\quad VRDS_{ij}*ds_j) + VATR \\
 &= \text{Máx}(LD_{ij}, VAMIN_{ij}, VRMIN_{ij}*|X_{ij}|) + \text{Máx}(0, && i=0; j=1, \dots, 9 \\
 &\quad VRDS_{ij}*ds_j) \\
 &= \text{Máx}(LD_{ij}, VAMIN_{ij}, VRMIN_{ij}*|X_{ij}|, - && i=0; j=0 \\
 &\quad \text{Mín}(0, dr_i)) + \text{Máx}(0, VRDS_{ij}*ds_j) + VATN
 \end{aligned}$$

[19]

Ambos tipos de tolerancias finales se redondean de la siguiente forma:

$$TOLF_{ij} = \text{Redondeo}(TOLF_{ij}; 3) + 0,049\% \tag{20}$$

Una vez introducidos todos los datos y parámetros necesarios para aplicar el modelo de congruencia adoptado, se realiza el establecimiento concreto del modelo y su resolución. En primer lugar, se calculan, para el año correspondiente, los nuevos coeficientes de participación en la nueva distribución sectorial/regional a la que se llegaría ($PPT1_{ij}$), desde la del año anterior ($PPT0_{ij}$), según las tasas de crecimiento sectorial originalmente aportadas para las regiones, y se comparan con los resultados según las predicciones de los modelos regionales, $PPT1_{ij} = PPT0_{ij} * (1 + t_{ij})$.

En segundo lugar, se calcula, para el año correspondiente, la nueva distribución sectorial/regional a la que se llegaría según las tasas de crecimiento sectorial corregidas automáticamente para las regiones, y se comparan con los resultados según las predicciones de los modelos regionales,

$$PPT_{ij} = PPT0_{ij} * (1 + T_{ij}) \tag{21}$$

Es de observar que para el año $t+1$, los valores $PPT0_{ij}$ se derivan de los parámetros iniciales, mientras que en los años sucesivos $t+k+1$, se calculan de la distribución resultante al final del año $t+k$ y que se obtendrá de forma automática al realizar la congruencia de cada año.

A partir de los datos y parámetros necesarios para aplicar el modelo de congruencia adoptado, introducidos en los pasos anteriores, se calculan los valores mínimos y máximos admisibles para la posición de cada sector nacional y regional en la nueva distribución del año a predecir, según los márgenes de fiabilidad y tolerancias establecidos previamente.

$$PPT_{\min ij} = PPT_{ij} * (1 + X_{ij} - TOLFI_{ij})$$

$$PPT_{\max ij} = PPT_{ij} * (1 + X_{ij} + TOLFD_{ij}) \quad [22]$$

Tratando de que el procedimiento se desarrolle de la forma más eficiente posible, el proceso aplicado nos permite calcular una estimación inicial para el algoritmo de búsqueda de la solución final. En concreto, posibilita obtener una primera aproximación situada dentro del intervalo de variación admisible para la solución, a una distancia relativa optativa del mínimo, a elegir por el usuario (0% indica en el mínimo, 100% indica en el máximo). Una posición aconsejable es la que corresponde a la aproximación situada en la mitad del intervalo (distancia relativa = 50%).

$$PPT_{\text{inic}_{ij}} = PPT_{\min ij} + (PPT_{\max ij} - PPT_{\min ij}) * [\text{distancia relativa}] \quad [23]$$

Dicha solución puede ser introducida, opcionalmente, como una aproximación inicial a la situación final del año, ($PPT_{\text{sol}_{ij}} = PPT_{\text{inic}_{ij}}$, por ejemplo) que irá siendo modificada por el algoritmo de optimización. Podrían igualarse todos los valores a cero ($PPT_{\text{sol}_{ij}} = 0$), pero proporcionar una aproximación del valor acelera el proceso de convergencia.

Por otro lado, el modelo se especifica a través de su función objetivo y sus restricciones. Con relación a la función objetivo, su valor se obtiene mediante la expresión,

$$FO = \sum_{i=0}^{18} \sum_{j=0}^9 e_{ij}^2 = \sum_{i=0}^{18} \sum_{j=0}^9 PESO_{ij} \left(\frac{PPT_{ij} - PPT_{\text{sol}_{ij}}}{\text{denom}_{ij}} \right)^2 \quad [24]$$

calculada a partir de los cálculos parciales del cuadro "Función Objetivo", y con apoyo de los de la Tabla "Denominador", que actualmente se calcula para que la variación relativa de los datos iniciales se efectúe proporcionalmente al rango de variación admisible, de la forma

$$\text{denom}_{ij} = PPT_{\max ij} - PPT_{\min ij} \Leftrightarrow e_{ij} = \sqrt{PESO_{ij}} \left(\frac{PPT_{ij} - PPT_{\text{sol}_{ij}}}{PPT_{\max ij} - PPT_{\min ij}} \right) \quad [25]$$

lo que permite una mayor variación de los datos iniciales cuanto mayor sea la variabilidad admisible(6).

El modelo permite comprobar las posibles violaciones de cada una de las restricciones del problema: posición de cada sector con relación a su rango admisible y consistencia de las sumas por sectores o por regiones con los totales nacional y regionales. Esto se visualiza en una tabla titulada “Violación de Restricciones”, que irá actualizándose con las sucesivas soluciones que se vayan obteniendo mediante el algoritmo de búsqueda óptima. Aparece una X en la posición correspondiente de cada restricción violada, en el caso de que esto ocurra.

Para obtener la solución de congruencia de cada año t+k, una vez preparados todos los datos, el procedimiento de búsqueda de la solución, (PPTsol_{ij} ; i=0,1,...,18 ; j=0,1,...,9) utiliza la opción implementada ‘Solver’ del programa Excel de Microsoft. En las especificaciones funcionales proporcionadas al Programa ‘Solver’ para reproducir el modelo de congruencia de predicciones regionales se incluyen las restricciones de equilibrio que se encuentran programadas directamente en las posiciones marginales de la tabla de proporciones de participación en el total de cada año (PPT).

La verificación del carácter óptimo de la solución debe hacerse comprobando que el mensaje de finalización del programa es “*Solver ha encontrado una solución.*”

(6) Sin embargo, otras opciones discutibles podrían ser las siguientes:

- Variación absoluta: Mayor variación cuanto menor tamaño:

$$\text{denom}_{ij} = 1 \Leftrightarrow e_{ij} = \sqrt{\text{PESO}_{ij}} (PPT_{ij} - PPTsol_{ij})$$

- Tasa de variación de las tasas de crecimiento: Mayor variación cuanto mayor crecimiento relativo:

$$\text{denom}_{ij} = PPT0_{ij} - PPT_{ij} \Leftrightarrow e_{ij} = \sqrt{\text{PESO}_{ij}} \left(\frac{PPT_{ij} - PPTsol_{ij}}{PPT0_{ij} - PPT_{ij}} \right)$$

- Variación relativa a su situación anterior: Mayor variación cuanto mayor tamaño:

$$\text{denom}_{ij} = PPT_{ij} \Leftrightarrow e_{ij} = \sqrt{\text{PESO}_{ij}} \left(\frac{PPT_{ij} - PPTsol_{ij}}{PPT_{ij}} \right)$$

- Variación relativa a la inversa de su situación anterior: Mayor variación cuanto menor tamaño:

$$\text{denom}_{ij} = \frac{1}{PPT_{ij}} \Leftrightarrow e_{ij} = \sqrt{\text{PESO}_{ij}} PPT_{ij} (PPT_{ij} - PPTsol_{ij})$$

Se han satisfecho todas las restricciones y condiciones”, según la lista de posibles finalizaciones de “Solver”. Como comprobación, automáticamente, se vuelve a resolver el problema a partir de la solución obtenida anteriormente, debiéndose observar el mismo mensaje de finalización y aparecer un valor nulo al finalizar la nueva resolución en la celda que indica la “Variación de la Función Objetivo”. Adicionalmente, el cuadro de “Visualización de Violación de Restricciones” debe aparecer completamente limpio, indicando que la solución alcanzada es efectivamente factible.

Etapa 4) Presentación de resultados de la solución de congruencia de cada año.

Para cada año de estimación se presenta una solución final, con las correspondientes desviaciones, donde se elaboran los correspondientes cuadros de crecimientos regionales y sectoriales, con diferentes niveles de agregación(7), así como los nuevos coeficientes de participación regionales y sectoriales que, como resultado de la congruencia, se derivan al final de cada período considerado y que sirven de base para la congruencia del periodo siguiente.

Así pues, a partir de la solución de congruencia, se calculan los nuevos coeficientes de distribución sectorial para cada región i en el año de la predicción,

$$CDS_{ij} = 100 * PPT_{sol_{ij}} / PPT_{sol_{i0}} \quad i=0,1,\dots,18 \quad j=0,1,\dots,9 \quad [26]$$

así como los nuevos coeficientes de distribución regional para cada sector j en el año de la predicción,

$$CDR_{ij} = 100 * PPT_{sol_{ij}} / PPT_{sol_{0j}} \quad i=0,1,\dots,18 \quad j=0,1,\dots,9 \quad [27]$$

Igualmente, calcula las nuevas proporciones de participación en el total (PPT) en el año de la predicción, que serán utilizadas para la congruencia del año siguiente,

$$PPT_{ij} = 100 * PPT_{sol_{ij}} / PPT_{sol_{00}} \quad i=0,1,\dots,18 \quad j=0,1,\dots,9 \quad [28]$$

así como las tasas de crecimiento resultantes de la congruencia,

$$T_{ij} = 100 * (X_{ij}/p_{ij} - 1) \quad i=0,1,\dots,18 \quad j=0,1,\dots,9 \quad [29]$$

(7) Se abordan tres niveles diferentes de desagregación: 1) Total, Agrario y no Agrario, 2) Total y cuatro ramas (agricultura, industria, construcción y servicios), 3) Total y 9 ramas (agricultura, energía, industria de bienes intermedios, industria de bienes de equipo, industria de bienes de consumo, construcción, transportes y comunicaciones, otros servicios de mercado y servicios de no mercado).

Finalmente, también se calculan las discrepancias entre las tasas resultantes y las iniciales corregidas

$$T_{ij} = T_{ij} - X_{ij} \quad i=0,1,\dots,18 \quad j=0,1,\dots,9 \quad [30]$$

Estas etapas 3 y 4 deben repetirse ordenada y secuencialmente para todos los años de predicción t+k (k=1, 2, 3, 4).

Etapas 5) Revisión y cierre definitivo de cada año

Los resultados del modelo de congruencia pasan automáticamente a un libro de excel, en cuya primera hoja "0" se incorporan los coeficientes de distribución regional y sectorial de partida para el año t (que habitualmente coincide con el año anterior o cierre del año en curso), mientras que en las hojas siguientes de libro ("1", "2", "3", "4") se cargan las tasas de crecimientos inicialmente dadas por los modelos regionales, así como las resultantes del modelo de congruencia en los años de predicción(8) t+1, t+2, t+3 y t+4, respectivamente, y son en ellas donde se visualizarán los efectos de las posibles modificaciones que pudieran realizarse. En estas hojas, también se evalúan los nuevos coeficientes de participación que serán utilizados en las revisiones de los resultados de los años sucesivos.

6. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN

A modo de ejemplo, presentamos los resultados de la utilización del modelo de congruencia propuesto en este artículo para obtener la armonización de predicciones regionales referidas a las tasas de crecimiento regional del año 2004(9) con detalle sectorial. En el cuadro 2 mostramos las estimaciones iniciales de crecimiento regional con detalle sectorial obtenidas a partir de distintos modelos económicos regionales(10).

(8) Para los que no existe información oficial disponible, pues la Contabilidad Regional del INE sólo proporciona información histórica.

(9) El objetivo del modelo de congruencia es la armonización de predicciones regionales con un referente nacional (también es predicción) pues se entiende que las estimaciones históricas ya están cuadradas con los datos nacionales.

(10) Estas estimaciones iniciales de crecimiento regional proceden de la red Hispalink de modelización regional integrada formada por equipos de investigadores de dieciocho universidades españolas.

Cuadro 3
**ESTIMACIONES INICIALES DE CRECIMIENTO REGIONAL EN 2004
(TASAS DE VARIACIÓN REAL DEL VAB)**

<i>Comunidades autónomas.</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>K</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>Z</i>	<i>L</i>	<i>G</i>	<i>Total</i>
Andalucía	2,3	2,2	2,1	1,6	1,8	5,8	3,3	3,0	3,0	3,1
Aragón	1,4	1,9	3,1	2,9	2,8	3,0	2,2	2,3	3,3	2,6
Asturias	-0,3	1,8	1,3	1,6	1,8	3,9	3,0	2,7	3,4	2,6
Baleares	0,2	1,5	1,4	1,3	1,8	1,7	1,9	1,7	1,5	1,7
Canarias	2,5	2,7	2,1	1,5	2,6	3,8	2,1	1,9	2,2	2,3
Cantabria	2,0	1,9	1,1	0,9	1,4	6,9	3,1	2,7	2,8	2,8
Castilla y León	3,8	3,5	3,1	2,6	2,3	4,5	3,1	3,0	2,9	3,2
Castilla-La Mancha	3,0	3,4	2,8	3,0	1,9	4,4	2,9	2,9	3,1	3,1
Cataluña	1,4	3,0	1,1	4,1	3,9	3,6	2,7	2,6	1,5	2,8
Comunidad Valenciana	1,2	3,4	2,8	2,7	2,3	5,2	2,1	2,9	3,9	3,1
Extremadura	1,7	3,2	2,7	2,8	2,8	4,2	2,6	2,7	3,5	3,0
Galicia	-3,5	3,5	3,5	2,4	2,0	3,7	2,4	2,6	3,7	2,5
Comunidad de Madrid	2,0	3,6	2,8	2,0	3,3	4,2	2,6	2,6	4,1	3,0
Región de Murcia	2,1	6,0	2,4	2,5	3,0	4,3	2,6	3,1	3,4	3,2
Comunidad Foral de Navarra	1,9	-0,5	2,4	1,6	2,7	6,2	1,4	1,7	3,5	2,4
País Vasco	2,2	4,0	2,3	1,6	2,7	2,7	2,1	2,5	3,6	2,6
La Rioja	2,3	5,0	3,3	2,3	3,5	4,4	3,5	2,7	2,8	3,1
Ceuta y Melilla	-0,5	2,0	2,3	2,6	2,0	3,0	3,2	2,5	3,2	2,9
Total España (agregación de predicciones regionales)	1,6	3,1	2,2	2,6	2,9	4,4	2,6	2,7	3,2	2,8
Total España (marco nacional de referencia)	-0,5	2,0	2,3	2,6	2,0	3,0	3,2	2,5	3,2	2,5
Discrepancia	2,2	1,1	-0,1	0,0	0,9	1,3	-0,6	0,2	0,0	0,3

Nota: A (Agricultura), E (Energía), Q (Industria de Bienes Intermedios), K (Industria de Bienes de Equipo), C (Industria de Bienes de Consumo), B (Construcción), Z (Transportes y Comunicaciones), L (Otros Servicios de mercado), G (Servicios de no mercado).

Fuente: Elaboración propia a partir de las estimaciones proporcionadas por la red HISPALINK (www.hispalink.org).

La agregación de las predicciones de crecimiento regional, ponderadas por su participación en el total nacional, configuran unas predicciones de crecimiento nacional que difieren del marco nacional seleccionado como referencia. Como no se dispone de previsiones oficiales de crecimiento nacional en 2004 con desagregación a nueve ramas productivas, utilizamos las estimaciones correspondientes elaboradas por una institución especializada en la predicción, en concreto el Instituto de Predicción Económica Lawrence R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid. Puede observarse en el cuadro 3, por ejemplo, cómo la previsión de creci-

miento nacional se sitúa en un 2,5% mientras que la tasa resultante como agregación de las predicciones regionales alcanza un 2,8%, obteniéndose, por tanto, una discrepancia de tres décimas, que si bien no es una diferencia importante, sobre todo porque hablamos de predicción, se observa una discrepancia elevada en los sectores de agricultura y construcción, de 2,2 y 1,3 puntos, respectivamente.

Para alcanzar una solución de congruencia, introducimos estas tasas en el modelo de congruencia junto con el marco nacional de referencia. Tras varias iteraciones, siguiendo el proceso descrito en las páginas anteriores, alcanzamos una solución final que se incorpora en el cuadro 4. Como resultado final obtenemos unas nuevas predicciones regionales que se ajustan más al marco nacional de referencia. No coinciden exactamente, dado que el modelo permite una variación de una décima en las tasas correspondientes para otorgar mayor flexibilidad al proceso aunque se puede forzar al cuadro exacto. Se observan mayores diferencias respecto a las predicciones iniciales de los modelos econométricos regionales en los sectores donde se presenta una mayor discrepancia (comparación del resultado obtenido como agregación de las predicciones regionales y las procedentes del marco nacional de referencia).

Cuadro 4**ESTIMACIONES DE CRECIMIENTO REGIONAL EN 2004 SEGÚN EL
MODELO DE CONGRUENCIA (TASAS DE VARIACIÓN REAL DEL VAB)**

<i>Comunidades autónomas.</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>K</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>Z</i>	<i>L</i>	<i>G</i>	<i>Total</i>
Andalucía	-0,4	1,6	2,1	1,6	1,5	3,6	4,1	2,9	3,1	2,7
Aragón	0,9	1,7	3,1	2,9	2,7	2,8	2,3	2,3	3,3	2,5
Asturias	-0,4	1,6	1,3	1,6	1,8	3,7	3,1	2,7	3,4	2,6
Baleares	0,1	1,4	1,4	1,3	1,8	1,6	2,0	1,7	1,5	1,6
Canarias	2,2	2,5	2,1	1,5	2,5	3,4	2,3	1,8	2,2	2,2
Cantabria	1,8	1,8	1,1	0,9	1,4	6,7	3,2	2,7	2,8	2,8
Castilla y León	1,9	2,7	3,2	2,6	2,1	4,0	3,4	3,0	2,9	2,9
Castilla-La Mancha	1,8	3,1	2,9	3,0	1,8	4,1	3,1	3,0	3,1	2,9
Cataluña	0,6	1,6	1,2	4,1	2,4	2,5	3,5	2,5	1,5	2,5
Comunidad Valenciana	0,4	2,7	3,0	2,7	1,8	3,9	2,4	2,7	3,9	2,8
Extremadura	1,2	3,0	2,7	2,8	2,8	4,1	2,7	2,7	3,5	2,9
Galicia	-5,0	2,7	3,6	2,4	1,9	3,4	2,6	2,7	3,8	2,3
Comunidad de Madrid	1,9	2,1	2,9	2,0	2,5	2,7	3,6	2,2	4,0	2,7
Región de Murcia	1,5	5,6	2,4	2,5	2,9	4,1	2,7	3,1	3,4	3,1
Comunidad Foral de Navarra	1,7	-0,5	2,4	1,6	2,6	6,0	1,4	1,7	3,5	2,3
País Vasco	1,9	3,2	2,4	1,6	2,5	2,4	2,3	2,4	3,6	2,5
La Rioja	2,1	4,9	3,3	2,3	3,4	4,4	3,5	2,7	2,8	3,0
Ceuta y Melilla	-0,5	2,0	2,3	2,6	2,0	3,0	3,3	2,5	3,2	2,9
Total España (modelo de congruencia)	0,2	2,3	2,3	2,6	2,2	3,3	3,1	2,5	3,2	2,6

Nota: A (Agricultura), E (Energía), Q (Industria de Bienes Intermedios), K (Industria de Bienes de Equipo), C (Industria de Bienes de Consumo), B (Construcción), Z (Transportes y Comunicaciones), L (Otros Servicios de mercado), G (Servicios de no mercado).

Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

El modelo de congruencia de predicciones regionales descrito se presenta como una alternativa válida para la armonización de datos, con un amplio abanico de posibilidades en el futuro, puesto que permite:

- Obtener, siempre que sea posible, soluciones dentro de los rangos permitidos.
- Conservar datos prefijados como parte de la solución.
- Establecer límites absolutos y relativos para la variabilidad de las variables.
- Establecer restricciones lineales entre cualesquiera variables.

- Establecer pesos o fiabilidades diferenciadores de unos datos frente a otros.
- Ser utilizado fácilmente por cualquier usuario de Excel.

No obstante, y en el contexto en que se ha planteado el modelo, el éxito del proceso de congruencia y, por tanto, la bondad de la solución alcanzada, siempre dependerá de una estricta vigilancia en el cumplimiento de aspectos fundamentales, como son:

- La precisión de los coeficientes de participación de cada sector regional en el agregado nacional, referencia común obligada para todas las regiones; lo que nos ha inducido a vigilar minuciosamente la consistencia de los datos agregados y sectoriales aportados por todas las regiones y adoptar medidas para corregir las posibles discrepancias antes de que se propaguen en forma de errores a las predicciones de otras regiones.

- La inexistencia de sesgos atípicos en datos aislados, que habría que identificar previamente con objeto de que no contagien erróneamente la solución final; lo que debe inducirnos a integrar en el proceso métodos de detección automática y a priori de errores de predicción.

- La consideración diferenciada de las estimaciones aportadas por las regiones con base en determinados indicadores que valoren su calidad, como podrían ser los errores de estimación o la fiabilidad de los métodos de estimación empleados. Este planteamiento debe inducirnos a integrar en el modelo un proceso de análisis sistemático de predicciones y resultados que permita la caracterización de la calidad histórica de las estimaciones regionales y la determinación de los parámetros de fiabilidad de los mismos, cuyo uso ya está previsto en esta versión del modelo, pero que inicialmente han sido considerados iguales para todas las regiones.

REFERENCIAS

- ALLEN, R.I.G. y Lecomber, J.R.C. (1975), «Some test on a generalized version of RAS», en ALLEN, R.I.G. y GOSSLING, W.F. (eds.) *Estimating and Projecting Input-Output Coefficients*, Input-Output Publishing Company, London.
- BACHARACH, M. (1970), «Biproportional matrices and input-output change», Cambridge University Press, Cambridge.
- BACHEM, A. y KORTE, B. (1979a), «Estimating Input-Output Matrices», 7th *International Conference on Input-Output Techniques*, Innsbruck, abril.

- BACHEM, A. y KORTE, B. (1979b), «On the RAS-algorithm», *Computing*, 23, pp. 189-198.
- BACHEM, A., GROTSCHER, M y KORTE, B.eds. (1983), «Mathematical Programming: The State of the Art», Springer-Verlag, Berlin.
- BARRIGA, L. y PENA, J.B. (1990), «La Tabla de Entrada-Salida de la economía española. Serie 1964-85 a precios corrientes y constantes: Metodología de enlace». IV Reunión ASEPELT-ESPAÑA, Murcia.
- BOLTON, R. (1985), «Regional Econometric Models», *Journal of Regional Science*, 25 (4), pp. 495-520.
- CALLEALTA, F.J. (1992), «Reconciliación de Datos en Tablas de Entrada y Salida: Aplicación al problema de congruencia en el Modelo Hispalink», *VII Jornadas Hispalink*, Barcelona, junio.
- CALLEALTA, F.J. y LÓPEZ, A.M. (1995), «Una visión integrada regionalmente de la economía española: el modelo de congruencia en el proyecto Hispalink», en B. CABRER (coordinador), *La integración económica regional en España. La Comunidad Valenciana*, Ediciones Mundi-Prensa, pp. 29-46.
- CALLEALTA, F.J. y LÓPEZ, A.M. (2001), «Proceso de estimación de predicciones regionales: el modelo de congruencia de Hispalink» en B. CABRER (editor y coordinador), *Análisis regional: el Proyecto Hispalink*, Ediciones Mundi-Prensa, pp. 31-41.
- CANNING, P. y WANG, Z. (2003), «A flexible framework to estimate interregional trade patterns and input-output accounts», *6th Annual Conference on Global Economic Analysis*, Scheveningen, The Netherlands, 12-14 junio.
- COLE, S. (1992), «A Note on a Lagrangian Derivation of a General Multiproportional Scaling Algorithm», *Regional Science* 22, North Holland, pp. 291-297.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1993), «HERMES Harmonised econometric research for modelling economic systems», North-Holland, Luxemburgo.
- FONTELA, E., PULIDO, A. y SUR, A. del (1988), «Enlace de modelos econométricos regionales», *Ekonomiaz*, número 11, pp. 95-104.
- FURNESS, K.P. (1965), «Time function iteration», *Traffic Engineering and Control*, 7, pp.458-460.
- HARRIGAN, F.J. y BUCHANAN, I. (1984), «A Quadratic Programming Approach to IO Estimation and Simulation», *Journal of Regional Science*, vol. 24, 3, pp. 339-358.

- HITZ, P. y SCHMID, B. (1978), «Computerprogramm Entrop M Studienunterlagen zur Orts-Regional und Landesplanung OR-L-Institut », ETM, Zurich.
- LAHR, M.L. y MESNARD, L. de (2004), «Biproportional techniques in input-output analysis: table updating and structural analysis», *Economic Systems Research*, volume 16, número 2, junio, pp.115-134.
- LAND, A.H. y POWELL, S., (1973), «Fortran codes for Mathematical Programming: Linear, Quadratic and Discrete», John Wiley & Sons, Ltd. Londres.
- LECOMBER, J.R.C. (1969), «RAS projections when two or more complete matrices are known», *Economics of Planning*, 9 (3), pp. 267-278.
- LECOMBER, J.R.C. (1975), «A critique of methods of adjusting, updating and projecting matrices », en ALLEN, R.I.G. y GOSSLING, W.F. (eds.) *Estimating and Projecting Input-Output Coefficients*, Input-Output Publishing Company, London.
- MACGILL, S.M. (1977), «Theoretical properties of biproportional matrix adjustment», *Environment and Planning A*, Vol. 9, pp. 687-701.
- MESNARD, L. de (1989), «Note about the theoretical foundations of biproportional methods», *Ninth International Conference on Input-Output Techniques*, Keszthely, septiembre.
- MESNARD, L. de (2002), «Normalizing biproportional methods», *The Annals of Regional Science*, volumen 36, número 1, febrero, pp. 139-144.
- MESNARD, L. de (2004), «Biproportional methods of structural change analysis: a typological survey», *Economic Systems Research*, volume 16, número 2, junio, pp. 205-230.
- OKUYAMA, y., HEWINGS, G.J.D., Sonis, M. e Israilevich, P.R. (2000), «An econometric analysis of bi-proportional properties in a econometric input-output modelling system», Regional Economics Applications Laboratory (REAL), University of Illinois y Federal Reserve Bank of Chicago, *Discussion Papers REAL 98-T-12*, revisión junio 2000.
- POLENSKE, K.R. (1997), «Current uses of the RAS technique: a critical review», en Simonovits, A. y Steenge, A.E. (eds.) *Proportions, Growth and Cycles*, London, McMillan, pp. 58-88.
- PULIDO, A. (1992), «Propuesta metodológica para el diseño de un modelo de análisis regional integrado con desagregación regional», *Estudios de Economía Aplicada*, VII Reunión Asepelt-España, Granada, junio 1992, pp. 341-355.
- PULIDO, A. (1994), «Panorámica de la modelización econométrica regional», *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 2ª época, volumen 4, número 2, pp. 211-229.

- PULIDO, A. y CARAZO, C. (1991), «Una primera aplicación del modelo de congruencia Hispalink », *Documentos de trabajo del Instituto L.R.Klein* 91/2 febrero.
- SCHNEIDER, M. y ZENIOS, S.A. (1990), «A Comparative Study of Algorithms for Matrix Balancing», *Operations Research*, Vol. 38, 3, pp. 439-455.
- SCHOEN, R. y JONSSON, S.H. (2003), «Estimating multistate transition rates from population distributions », *Demographic Research*, 9, pp. 1-24.
- SCHNEIDER, M.H. y ZENIOS, S.A. (1990), «A comparative study of algorithms for matrix balancing », *Operations Research*, 38, pp. 439-455.
- SNOWER, D.J. (1990), «New methods of updating input-output matrices », *Economic Systems Research*, 2, pp. 27-38.
- STONE, R.A. (1961), «Input-Output and National Accounts», Organization for European Economic Cooperation, Paris.
- STONE, R.A. y BROWN, A. (1962), «A computable model of economic growth, vol 1, a programme for growth», Chapman and Hall, London.
- SZYRMER, J. (1989), «Trade-off between error and information in the RAS procedure», en Miller, R.E., Polenske, K.R. y Rose, A.Z. (eds.) *Frontiers of input-output analysis*, Oxford University Press, New York, pp. 258-278.
- TREYZ, G.I. (1993), «Regional economic modelling», Boston: Kluwer Academic Publishers.

HARMONIZED REGIONAL GROWTH FORECASTS: A MODEL OF CONGRUENCE

ABSTRACT

The basic aim of a model of congruence of regional forecasts is to balance the whole of regional predictions elaborated for the economic evolution of each region with the national predictions considerate as the common benchmark for the estimation of the first ones. This paper present an attempt of a model of congruence developed in a project for a regional integrated modelization that include the increase of the GVA (Gross Value Added) of each region detailed for the nine sectors of the economy used by the HERMES model. The paper describes the model of congruence used for the harmonization of the regional forecast as well as the operative method.

Key words: congruence model, data harmonization, data conciliation, regional forecasts, biproportional methods.

AMS Classification: 62P20, 65K05, 91B66, 91B72