

Modelos de optimización y su aplicabilidad en el análisis de coyuntura regional*

Josep Mateu Sbert y Antoni Riera Font

RESUMEN: El uso de modelos factoriales dinámicos, al objeto de capturar la evolución de la actividad económica se ha extendido ampliamente en la mayoría de países desarrollados. Sin embargo, aunque dichos modelos se pueden adaptar a contextos de escasa información, los resultados obtenidos suelen ser, por lo general, imprecisos y poco robustos. El objetivo de este trabajo es demostrar empíricamente que en contextos de escasa información, la utilización de modelos de optimización con variables binarias permite obtener una mejor aproximación al ciclo económico en la medida que es posible capturar no sólo la relación individual que mantiene cada uno de los indicadores parciales con la serie de referencia (medida por el nivel de correlación) sino también la relación conjunta que existe entre un determinado subconjunto de los mismos y la serie de referencia.

Clasificación JEL: E32, C32, C61.

Palabras clave: Indicadores sintéticos, modelos de optimización, NBER, GAMS, análisis de coyuntura regional.

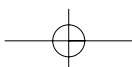
Optimization models and their applicability in the analysis of regional economic cycles analysis

ABSTRACT: Dynamic factor modelling aimed to identify the evolution of the economic activity has been widely used in several industrialized countries. Though the high adaptability of such methodologies to scarcity information contexts, results may

* Los autores agradecen todos los comentarios y sugerencias de los evaluadores anónimos y del editor de la Revista, que han permitido mejorar la versión original de este trabajo. Asimismo, agradecen a la Fundación «Sa Nostra» la ayuda financiera recibida en el marco del proyecto «Diseño de un sistema de indicadores sintéticos para la economía balear» y que ha permitido contar con la colaboración de varios investigadores.

Dirección de correspondencia: Centre de Recerca Econòmica (UIB·Sa Nostra), Edificio de Servicios Centrales «Sa Nostra». C/ del Ter, 16. Polígono de Son Fuster. 07009 Palma. Balears (Spain). E-mail: cre@sanotra.es; cre@uib.es. Teléfono: 971 171 644. Fax: 971 171 795.

Recibido: 27 de diciembre de 2005 / Aceptado: 18 de abril de 2006.



present a lack of robustness. The purpose of this paper is to prove empirically that in regional contexts, it is possible to obtain a better fitting by means of the utilization of the optimization models with binary variables. In this way, it is possible to capture the whole relationship that exists between a subset of partial indicators and the reference series.

JEL classification: E32, C32, C61.

Key words: Synthetic indicators, optimization models, NBER, GAMS, regional economic cycle analysis.

1. Introducción

Una de las cuestiones que, tradicionalmente, más literatura ha suscitado en el campo del análisis económico ha sido, sin lugar a duda, el estudio de la evolución de la actividad económica y, de forma especial, las características e intensidad de sus continuas fluctuaciones. Los primeros trabajos empíricos, al objeto de intentar medir y describir el comportamiento del ciclo económico, se iniciaron a principios del siglo XX en los Estados Unidos de la mano del *National Bureau of Economics Research* (NBER)¹ Desde entonces, han sido muchos los trabajos que, paulatinamente, han ido implementando nuevas y mejores metodologías para estimar la evolución subyacente de la economía. Buena prueba de ello, son las recientes contribuciones de Forni *et al.* (2000, 2001)² y Stock y Watson (1998, 1999, 2002), que ponen en común los desarrollos factoriales estáticos de Chamberlain y Rothschild (1983) y dinámicos de Sargent y Sims (1977) y Geweke (1977).

Estos trabajos, siguiendo la idea inicial de los co-movimientos expuesta por Burns y Mitchell (1946),³ muestran como la información contenida en un gran conjunto de datos puede ser apropiadamente resumida usando modelos factoriales, en los que un escaso número de factores inobservables pueden capturar la evolución de las series económicas utilizadas.

En España, hace apenas treinta años que se iniciaron los primeros trabajos empíricos destinados a estudiar la evolución del ciclo económico. De esta época son los trabajos de Rodríguez (1976, 1977), del propio Ministerio de Economía y Hacienda (1983) y de autores como Marcos (1984), Sanz (1984) y Fernández (1991) o los estu-

¹ Véase en este sentido Burns y Mitchell (1946).

² Sobre la base de ésta nueva generación de modelos, se elabora el indicador sintético de la UME.

³ La idea de los co-movimientos subyace de la definición que dieron los autores sobre el ciclo económico: «Los ciclos económicos son un tipo de fluctuaciones que se encuentran en la actividad económica general de las naciones, el sistema productivo del cual descansa principalmente en la empresa privada: un ciclo consta de expansiones que se producen, aproximadamente al mismo tiempo en muchas ramas de actividad económica y que son seguidas, con el mismo carácter general, por recesiones, contracciones y recuperaciones, que conducen a la fase de expansión del ciclo siguiente. Esta sucesión de cambios es recurrente pero no periódica; la duración de los ciclos varía desde algo más de un año hasta diez o doce años; no son divisibles en ciclos más cortos de carácter semejante y con amplitud aproximadamente igual».

dios de carácter más general como los de Melis (1988, 1989, 1991), Espasa (1988, 1990) y Espasa y Cancelo (1993).

Posteriormente, el Instituto Nacional de Estadística (1991, 1994) inició la elaboración del sistema de indicadores cíclicos y el Ministerio de Economía y Hacienda hizo lo propio con la construcción de índices compuestos (1993a, 1993b, 1994, 1999), todo lo cual ha contribuido, notablemente, al análisis cíclico de la economía española.

Recientemente, las aportaciones de Balmaseda y Cubero (2003) y Camacho y Sancho (2003) —sobre la base de los modelos desarrollados de Stock y Watson (2002)— y de Bengoechea *et al.* (2002) —sobre la base de la metodología NBER— han supuesto un avance significativo al conocimiento del ciclo económico español y sus características.

Asimismo, el estudio y el desarrollo del seguimiento de la coyuntura regional ha centrado también el interés de los investigadores de la universidad española⁴. Sin embargo, la escasa información económica disponible⁵ para el conjunto de comunidades autónomas españolas y su baja calidad estadística explican, con toda seguridad, la ausencia⁶ de aplicaciones basadas en modelos factoriales⁷. Por ello, la práctica habitual suele consistir en construir un indicador sintético, o un conjunto de ellos, a partir de otras metodologías, la más utilizada de las cuales es la que tradicionalmente ha venido aplicando el NBER⁸.

En cualquier caso, previa su implementación es preciso recordar que el número de indicadores disponibles para ser incluido en el indicador sintético es, por lo general, a nivel regional más reducido que a nivel nacional, el tamaño muestral considerablemente inferior⁹ y, además, de peor calidad estadística, siendo habitual la presencia de *outliers* y de cambios metodológicos.

⁴ Prueba de ello son los trabajos del grupo de la red Hispalink y de otros grupos de trabajo más reducido ligados a universidades o administraciones públicas o a entidades privadas o financieras cuyo objetivo se reduce habitualmente a una única comunidad autónoma.

⁵ De todos es sabido que los ingredientes básicos del cualquier análisis de coyuntura serio es la cantidad, calidad y puntualidad de las estadísticas. Tres sustantivos que, salvo excepciones, se erigen como las principales debilidades de la información económica disponible a nivel regional.

⁶ Véase en este sentido Gadea *et al.* (2003).

⁷ Los desarrollos factoriales suelen ofrecer mejores resultados cuanto mayor es el número de variables introducidas con relación al número de períodos muestrales que abarca el análisis. De ahí que, en contextos de escasa información como los regionales, los resultados sean muy sensibles al número de variables utilizadas y que los pesos otorgados a las mismas sean, por lo general, poco robustos y de escasa significación económica. Además, no se puede asegurar que exista un factor dominante que se pueda relacionar con la evolución subyacente de la economía. Así pues, y aunque cabe la posibilidad de adaptar los modelos factoriales a contextos de escasa de información, se deben introducir fuertes restricciones para obtener estimaciones mínimamente robustas que, aún así, no están exentas de graves problemas.

⁸ Prueba de ello son los trabajos realizados a partir de dicho método por diferentes institutos de estadística de Comunidades Autónomas, entre los que se pueden citar, por ejemplo, Morales *et al.* (1992) para Baleares, Morales *et al.* (1994) y Parra (1993, 1995) para Castilla y León o Trujillo *et al.* (2001) para Andalucía.

⁹ Entre las encuestas cuyo tamaño muestral es insuficiente podemos encontrar casi todas las encuestas coyunturales que realiza el Instituto Nacional de Estadística, dado que los tamaños muestrales suelen diseñarse para ser representativos a nivel nacional. Algunas de estas encuestas son la encuesta de población activa, la encuesta de presupuestos familiares, el índice de venta de comercio minorista, la encuesta de comercio, etc.

Por ello, si bien la construcción de indicadores sintéticos a nivel regional no difiere teóricamente de la construcción a nivel nacional, resulta, si cabe, más importante analizar, transformar y seleccionar adecuadamente el conjunto de indicadores parciales susceptibles de integrar el sistema de indicadores sintéticos. De esta forma, el análisis de los indicadores parciales facilita la exclusión de aquellas variables que, por su naturaleza, no se ajustan a los requerimientos del indicador sintético. Por su parte, el proceso de transformación posibilita, a través de la modelización univariante, extraer el componente errático y estacional, garantizando, así, que las series se caractericen únicamente por la evolución de su crecimiento subyacente. Finalmente, el proceso de selección, que en el ámbito regional mayoritariamente se realiza en base a la correlación existente entre cada una de las variables y la magnitud que se desea estimar¹⁰, permite identificar la relación definitiva de indicadores parciales que, de acuerdo al peso otorgado por el sistema de agregación escogido, integrarán el indicador sintético.

Precisamente, este trabajo centra su atención en esta última etapa de selección en un marco de baja disponibilidad de series estadísticas como el que caracteriza el análisis de coyuntura regional. El trabajo está estructurado como sigue: En el siguiente apartado se presenta una técnica de autoselección, sobre la base de los conocidos modelos de optimización¹¹, que permite identificar el subconjunto óptimo de indicadores parciales que deben integrar el indicador sintético y mejorar, así, el ajuste obtenido, sacando mayor provecho a la escasa información disponible. En el tercer apartado, se toma como ejemplo arquetípico la economía balear¹² para mostrar las bondades de esta técnica de selección. Por ello, se realiza una estimación del valor añadido bruto (VAB) a partir del método de composición que ha venido utilizando el NBER y se comparan los resultados obtenidos con el método convencionalmente aplicado de análisis de correlación. Finalmente, en el último apartado se resumen las principales conclusiones que se pueden extraer del trabajo.

¹⁰ Si bien, la mayor parte de los trabajos de coyuntura regional utilizan solamente el análisis de correlación para seleccionar los indicadores parciales, existen otros métodos que permiten elegir los indicadores individuales que finalmente integrarán el indicador sintético. Uno de ellos es el análisis cíclico de los indicadores parciales respecto a la serie de referencia a partir del fechado de los puntos de giro de las mismas, aunque la periodicidad de la información disponible a nivel regional a menudo resta relevancia a este procedimiento.

¹¹ Si bien el desarrollo de la optimización matemática encuentra sus orígenes en el siglo XVIII, en la década de los cincuenta recibió un gran impulso gracias al método simplex desarrollado por Dantzig (1947) y al principio de optimalidad fijado por Bellman (1957). En los años ochenta se han producido también avances significativos gracias a los trabajos de Karmarkar (1984) que han permitido resolver problemas complejos con mayor rapidez y de manera más eficiente que cualquier otro método conocido hasta entonces. Un aspecto notable de los métodos de solución de estos problemas, que caen dentro de la clase denominada de modelos combinatorios, es la complejidad computacional.

¹² Según Costa y Beltrán (2004) las deficiencias de los sistemas de estadística regional y, en particular el Balear, pueden ser agrupadas en cinco categorías: de cobertura, metodológicas, institucionales, de formación y recursos humanos y de duplicidad.

2. Selección de los indicadores parciales

Sea z_t la magnitud trimestral de la que se desea obtener un indicador sintético y x'_t el conjunto de indicadores parciales disponibles para el período expresados en tasas de crecimiento reales:

$$x'_t = \{x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}\} \quad [1]$$

Una vez analizados los indicadores parciales con los criterios anunciados por Zarnowitz (1992)¹³ y transformados al objeto de obtener su evolución subyacente¹⁴, se debe proceder a seleccionar aquellos indicadores parciales que finalmente integrarán el indicador sintético. A pesar de que ésta es la etapa más importante en el proceso de construcción de un indicador sintético, la mayor parte de los trabajos realizados emplean un procedimiento simple que, como se verá, deja de lado algunos aspectos determinantes.

Así, los indicadores parciales son, mayoritariamente, elegidos sobre la base de la relación bilateral que mantiene cada uno de ellos con la serie de referencia (z_t)¹⁵. Generalmente, el instrumento estadístico que se utiliza para medir dicha relación es el coeficiente de correlación calculado entre cada uno de los indicadores parciales y la serie de referencia $\rho(x_{it}, z_t)$.

De esta forma, se selecciona el subconjunto $v(x'_t) = \{x_{it}, \dots, x_{pt}\}$ formado por aquellos indicadores parciales que están más correlacionadas contemporáneamente con la serie de referencia¹⁶. Así, los indicadores parciales que pertenecen al subconjunto son tales que cumplen:

$$\rho(x_{it}, z_t) > \rho(x_{qt}, z_t) \quad \forall i \in v(x'_t), \forall q \notin v(x'_t) \quad [2]$$

Sin embargo, esta forma de proceder obvia el hecho que las series económicas normalmente mantienen una relación relativamente intensa entre ellas y, en consecuencia, el examen individual de cada uno de los indicadores parciales respecto a la magnitud de referencia resulta ser incompleta¹⁷. En otras palabras, parte de la información que aportaría la incorporación de un nuevo indicador parcial al subconjunto

¹³ Estos criterios se refieren básicamente a la calidad estadística de la serie, disponibilidad, longitud, frecuencia, significación económica y suavidad de los datos.

¹⁴ Para Espasa y Cancelo (1993) ésta se describe con la tendencia-ciclo.

¹⁵ Prueba de ello son los trabajos, entre otros, de Artís *et al.* (1997), el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (1998), Instituto Klein (varios años), López y Montejo (2000), Márquez y Ramajo (2001), OECD (1998), Sánchez y Sastre (2004), Sur y Barriga (2000) y Trujillo *et al.* (1999).

¹⁶ También se puede tener en cuenta su representatividad en la economía, hasta el punto que, por ejemplo, Álvarez y Jareño (2003), ponderan los indicadores parciales según su importancia sectorial en el indicador sintético que elaboran para los servicios de mercado. No obstante, a menudo resulta difícil relacionar un indicador con un determinado subsector de la economía y a la vez conocer su importancia. Además, dado que, por lo general, no se dispone de toda la información necesaria para cubrir todos los subsectores, el análisis resulta incompleto.

¹⁷ Además, el número de variables seleccionadas se determina *ad hoc*.

$v(x'_i)$ ya está recogida por los p indicadores parciales que lo integran o por una combinación de los mismos. Esto se demuestra analíticamente si se calcula el coeficiente de correlación (ρ) existente entre el indicador sintético resultante (y_t) de agregar los p indicadores parciales seleccionados y la magnitud de referencia (z_t).

Para ello, es necesario asignar, previamente, un peso específico (w_i) a cada uno de los indicadores parciales de acuerdo con el sistema de agregación propuesto por el NBER¹⁸ y definir el indicador sintético coincidente con la actividad (y_t) como:

$$y_t = \sum_{i=1}^p w_i x_{it} + k \quad [3]$$

Donde k es el denominado «factor de ajuste tendencial» calculado como la diferencia entre la media de la magnitud de referencia y la media ponderada de los indicadores parciales finalmente seleccionados.

$$k = \bar{z} - \sum_{i=1}^p (w_i \bar{x}_i) \quad [4]$$

Una vez definido el agregado puede calcularse su grado de similitud con la serie de referencia:

$$\rho(y_t, z_t) = \rho\left(\sum_{i=1}^p w_i x_{it}, z_t\right) = \frac{\sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^p w_i (x_{it} - \bar{x}_i)\right) (z_t - \bar{z})}{\sqrt{\sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^p w_i (x_{it} - \bar{x}_i)\right)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^T (z_t - \bar{z})^2}} \quad [5]$$

Operando y sustituyendo, resulta:

$$\rho(y_t, z_t) = \rho\left(\sum_{i=1}^p w_i x_{it}, z_t\right) = \frac{\sum_{i=1}^p [w_i \rho(x_{it}, z_t) \sqrt{\text{var}(x_{it})}]}{\sqrt{T \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p [w_i w_j \text{cov}(x_{it}, x_{jt})]}} \quad [6]$$

¹⁸ Si bien en el seno de la metodología NBER caben diversas formas de agregación (Pons, 1996) para el desarrollo de este trabajo se ha optado por calcular el peso asignado al indicador parcial i de la forma siguiente:

$$w_i = \frac{\frac{1}{\bar{x}_i}}{\sum_{i=1}^p \left[\frac{1}{\bar{x}_i} \right]} \quad [1']$$

Así, de la ecuación [6] se desprende que el grado de similitud entre el indicador compuesto (y_t) por indicadores parciales y z_t , se puede descomponer en dos expresiones que miden relaciones conceptualmente diferentes. Efectivamente, mientras que el numerador de la ecuación [6] representa la relación individual entre el indicador parcial i y la serie de referencia z_t , el denominador mide la relación entre los distintos indicadores parciales. Como se puede apreciar, cuanto mayor es el coeficiente de correlación $\rho(x_{it}, z_t)$ y menor es la covarianza $cov(x_{it}, x_{jt})$, mayor será la correlación existente entre el indicador compuesto y la serie de referencia.

Se constata pues, que en el proceso de decisión relativo a sí integrar o no un nuevo indicador parcial, no sólo se debe tener en cuenta el coeficiente de correlación con respecto a la serie de referencia sino también la aportación de nueva información que éste representa, medido a través de la inversa de la covarianza entre las series. Así, atendiendo únicamente al coeficiente de correlación con la serie de referencia, la información repetida que aporta un nuevo indicador parcial se penaliza y consecuentemente, el subconjunto $v(x'_t)$, de indicadores parciales será considerado óptimo. Sólo en aquellos casos en que se considere la covarianza entre los distintos indicadores parciales y el denominador de la ecuación [6] sea suficientemente pequeño el subconjunto $v(x'_t)$ de indicadores parciales será considerado no-óptimo, en cuyo caso se procederá a identificar una nueva combinación de indicadores parciales.

Es preciso señalar que la correlación existente entre y_t y z_t depende también del peso otorgado a cada uno de los indicadores parciales en el agregado así como de las varianzas individuales. Así, *ceteris paribus*, cuanto mayor es la diferencia entre los pesos asignados a los distintos indicadores parciales, mayor es la correlación entre y_t y z_t .

En un intento de contemplar la globalidad de la información disponible y tomar en consideración la interrelación entre los distintos indicadores parciales, se podrían seleccionar los indicadores parciales sobre la base de un análisis de regresión múltiple, eligiendo aquellas series que son significativas a un determinado nivel de confianza. Sin embargo, este modo de proceder es de difícil implementación: hay un número demasiado escaso de grados de libertad, con lo que las estimaciones de regresión serían alarmantemente imprecisas.

Llegados a este punto, parece razonable afirmar que, teóricamente, –partiendo del conjunto de indicadores parciales disponibles– se deberían analizar todas y cada una de las posibles combinaciones existentes¹⁹ hasta identificar aquella combinación que maximiza la correlación con la serie de referencia. No obstante, desde un punto de vista operativo, si se considera un número n de indicadores parciales relativamente amplio, resulta poco factible calcular los resultados derivados de todas las combinaciones posibles ($2^n - 1$). Sin embargo, sobre la base de los conocidos modelos optimización con variables binarias²⁰ es posible identificar de forma automática y simultánea la combinación óptima de indicadores parciales, teniendo en cuenta la relación

¹⁹ Algunos autores han utilizado el análisis combinatorio para componer indicadores sintéticos. Véase, por ejemplo, Trujillo *et al.* (2001).

²⁰ Véase Léonard y Van Long (1992).

subyacente que se establece tanto individualmente, entre unos y otros, como conjuntamente, con la variable de referencia.

Así, considerando el método de composición del NBER y sobre la base de los modelos de optimización, se puede definir una función objetivo de tal manera que se maximice la correlación existente entre el agregado de referencia, y el agregado, y_t , entendido como una combinación lineal de indicadores parciales. El problema de maximización se escribe entonces como:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \rho(y_t, z_t) \\ & y_t = \sum_{i=1}^p \left[\left(\frac{w_i}{\sum_{i=1}^p w_i d_i} \right) x_{it} d_i \right] + \bar{z} - \sum_{i=1}^p \left[\left(\frac{w_i}{\sum_{i=1}^p w_i d_i} \right) \bar{x}_i d_i \right] \end{aligned} \quad [7]$$

Donde d_i es una variable dicotómica que toma el valor 1 en caso que el indicador parcial x_{it} sea elegido y 0 en caso contrario.

Procediendo de esta forma, es posible identificar aquella combinación de indicadores parciales $v^*(x'_i)$, tal que no es posible encontrar otra $v(x'_i)$ que se aproxime mejor a la evolución de z_t . Es preciso señalar que la combinación considerada óptima depende de la metodología de agregación utilizada, o en otras palabras, de los pesos asignados a los diferentes indicadores parciales²¹. Asimismo, los indicadores parciales seleccionados para el periodo T pueden no ser los mismos que para el periodo T' ya que la combinación considerada óptima puede ir cambiando a medida que se incorpora información adicional²².

3. Aplicación empírica

Con el objetivo de analizar empíricamente las bondades de la metodología de selección presentada, en este apartado se exponen los principales resultados que se derivan de la construcción de un indicador sintético coincidente con la actividad para la economía balear, construido a partir de tasas de crecimiento, y se comparan con los que se obtendrían para el caso en que la selección se hubiera realizado según se procede en buena parte de los trabajos destinados a este mismo fin.

²¹ No en vano se afirma que para la elaboración de un indicador sintético se requiere tomar dos decisiones interrelacionadas entre sí: la selección de los indicadores parciales –y, por tanto, el nivel de desagregación– y la elección del método de agregación.

²² De este modo, es posible encontrar un indicador parcial o un conjunto de ellos que, durante un periodo de tiempo determinado, reflejen aceptablemente la evolución de las tasas de crecimiento de una determinada magnitud económica pero que vayan perdiendo significatividad, debido a cambios estructurales de la economía.

Para realizar este ejercicio, se ha utilizado un conjunto de indicadores parciales (tabla 1)²³ con el objetivo de aproximar la evolución del crecimiento trimestral del VAB balear.²⁴ Dado que los indicadores parciales utilizados no tienen una frecuencia homogénea, ha sido necesario transformar los indicadores con frecuencia mensual a la trimestral. Adicionalmente, las series temporales han sido objeto de modelización univariante, con el propósito principal de extraer de ellas la componente irregular y estacional, además de eliminar la presencia de *outliers* y corregir los efectos calendario, y así obtener la evolución de su crecimiento subyacente²⁵. Respecto a las series de referencia se han escogido dos: el VAB a precios constantes de FUNCAS y el de la Contabilidad Regional de España (CRE), para el periodo comprendido entre 1996 y 2004²⁶, ambas debidamente trimestralizadas²⁷.

Seleccionando aquellos indicadores parciales que presentan individualmente un mayor grado de similitud con la serie de referencia correspondiente²⁸, marcados con un asterisco en la tabla 1, y agregándolos de acuerdo con la metodología NBER²⁹ se obtiene un indicador sintético para cada una de las series de referencia utilizadas y a los que, de ahora en adelante, denominaremos «indicadores sintéticos convencionales» y denotaremos por y_t^{con} . No obstante, como hemos visto, el coeficiente simple de correlación constituye una caracterización muy simplificada a la hora de determinar las series económicas que deben integrar un indicador sintético.

²³ Los indicadores parciales que se presentan en la tabla 1 siguen los criterios anunciados por Zarnowitz (1992), principalmente, la significación económica, la calidad estadística de la información, la longitud de las series históricas, la rapidez en la disponibilidad de datos, la frecuencia temporal de los mismos y, por supuesto, el grado de coherencia entre la evolución del indicador parcial y el componente del VAB que aproxima.

²⁴ Elaborar un indicador sintético coincidente trimestral para la economía balear tiene el interés de aproximar la evolución del crecimiento subyacente coyuntural del archipiélago, y además ofrecer una estimación del crecimiento anual con antelación a la cifras ofrecidas por la estadística oficial u otras instituciones.

²⁵ Para la extracción de la señal se debe admitir que las componentes de la serie son estocásticas y, por tanto, el proceso de generación de los datos de la serie se puede representar a través de un modelo ARIMA. Para cumplir éste objetivo se ha utilizado el programa SEATS (*Signal Extraction in ARIMA Time Series*) y el TRAMO para identificar automáticamente la estructura del modelo que se estima, diseñados por Gómez y Maravall (1996). Una buena descripción del funcionamiento de dichos programas y de sus ventajas se puede consultar en Revuelta y Lorenzo (1996).

²⁶ Aunque las estimaciones que ofrece la CRE para los últimos años no son ni mucho menos definitivas, en este trabajo se ha decidido usar esta serie. Sin embargo, se podría haber usado el VAB elaborado por otra fuente, o se podría haber estimado cualquier otra magnitud empleando el mismo procedimiento.

²⁷ Lamentablemente, en España la Contabilidad Regional (CRE), al igual que otras instituciones, como FUNCAS solo ofrecen estimaciones anuales. Por este motivo, ha sido necesario trimestralizar la serie de referencia. La literatura ofrece muchos métodos de trimestralización, pero entre los más extendidos e encuentra el de Chow-Lin (1971) que ha sido, precisamente, utilizado en este trabajo.

²⁸ *Ad hoc*, se eligen todos aquellos indicadores con un nivel de correlación superior a 0,7.

²⁹ En síntesis, se obtienen los pesos asignados a cada uno de los indicadores parciales seleccionados a partir de [1']. Posteriormente, se agregan los indicadores aplicando [3] y [4].

Tabla 1. Descripción de los indicadores parciales utilizados y cálculo del coeficiente de correlación con las series de referencia³⁰

| <i>Series económicas</i> | <i>Fuente</i> | <i>Primer período disponible</i> | $\rho(x_{it}, z_t)$ <i>Serie de referencia CRE</i> | $\rho(x_{it}, z_t)$ <i>Serie de referencia FUNCAS</i> |
|--|---------------|----------------------------------|---|--|
| Periodicidad mensual | | | | |
| Proyectos industriales visados | COAIB | 1M - 1988 | -0,02** | 0,33 |
| Exportaciones reales | DTCE | 1M - 1993 | 0,60 | 0,73*,** |
| Parados en industria | SOIB | 1M - 1985 | 0,77* | 0,75* |
| Parados en construcción | SOIB | 1M - 1985 | 0,20 | 0,74*,** |
| Parados en servicios | SOIB | 1M - 1985 | 0,77*,** | 0,65 |
| Parados de larga duración | SOIB | 1M - 1985 | 0,42** | 0,49 |
| Afiliados asalariados industria | TGSS | 1M - 1981 | 0,51 | 0,91*,** |
| Afiliados asalariados construcción | TGSS | 1M - 1981 | 0,78*,** | 0,85*,** |
| Afiliados asalariados servicios | TGSS | 1M - 1981 | 0,66 | 0,89*,** |
| Colocaciones a la industria | INEM | 1M - 1987 | 0,62 | 0,39 |
| Colocaciones a la construcción | INEM | 1M - 1987 | 0,77* | 0,80*,** |
| Electricidad a la industria | GESA | 1M - 1991 | 0,45** | -0,24 |
| Electricidad a la construcción | GESA | 1M - 1991 | 0,54 | 0,58 |
| Electricidad a los servicios | GESA | 1M - 1991 | 0,59 | 0,77*,** |
| Matriculación de vehículos de carga | DGT | 1M - 1991 | 0,46 | 0,84*,** |
| Matriculación de turismos | DGT | 1M - 1991 | 0,25 | 0,34 |
| Consumo de cemento | OFICEMEN | 1M - 1987 | 0,68 | 0,87*,** |
| Visados de reforma | Mº Fomento | 1M - 1992 | -0,11** | 0,21 |
| Certificaciones final de obra | Mº Fomento | 1M - 1992 | 0,56 | 0,81*,** |
| Tránsito de aeronaves | AENA | 1M - 1980 | 0,70*,** | 0,68** |
| Tránsito aéreo de pasajeros | AENA | 1M - 1978 | 0,44 | 0,61** |
| Llegadas de turistas internacionales | CITTIB | 1M - 1980 | 0,24** | 0,37 |
| Número de pernoctaciones en hoteles | INE | 1M - 1984 | 0,12 | 0,79*,** |
| Gasoil A | CLH | 1M - 1986 | 0,46 | 0,84*,** |
| Tránsito aéreo de mercancías | AENA | 1M - 1985 | 0,57** | 0,32 |
| Periodicidad trimestral | | | | |
| Utilización de la capacidad productiva | MCT | 4T - 1986 | -0,23 | -0,60 |
| PIB Alemania | OCDE | 1T - 1992 | 0,60 | 0,62 |
| PIB Reino Unido | OCDE | 1T - 1992 | 0,45 | 0,47 |
| Depósitos del sector privado | BdE | 1T - 1965 | -0,22 | 0,49** |
| Créditos al sector privado | BdE | 1T - 1987 | 0,19 | 0,50** |

* Series integrantes del «indicador sintético convencional».

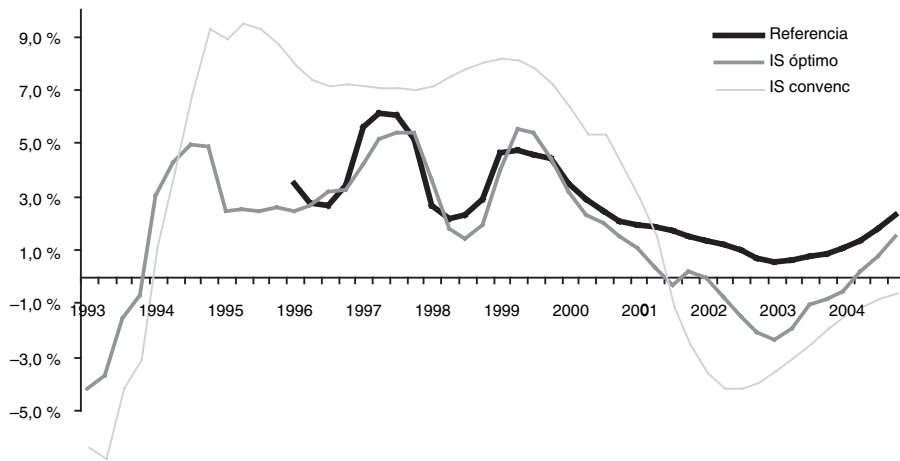
** Series integrantes del «indicador sintético óptimo».

Fuente: Elaboración propia.

³⁰ Se han seleccionado aquellos indicadores parciales que de mejor manera cumplen los criterios anunciados por (Zarnowitz, 1992). Sin embargo, para el análisis de la coyuntura balear se utilizan muchas otras series económicas que, por sus características –circunstanciales o permanentes–, no se pueden integrar directamente en un indicador sintético.

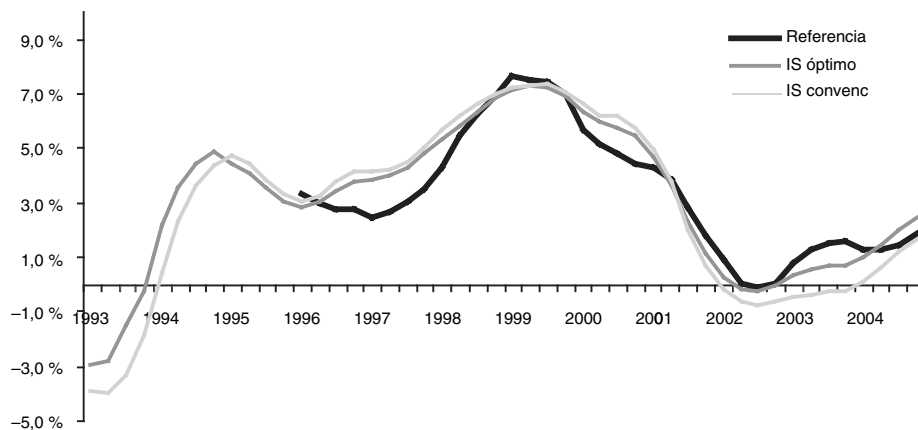
Por ello, en un intento de considerar también la relación existente entre los distintos indicadores parciales, se ha procedido a aplicar la metodología de selección descrita en el apartado anterior e, identificar, así, la combinación óptima de indicadores parciales. En la tabla 1 se indican, así mismo, con doble asterisco, las series económicas seleccionadas de esta forma. Consecuentemente, sobre la base de la metodología NBER, se obtiene el indicador sintético «óptimo», y_{opt}^t . En los gráficos 1 y 2, se compara la evolución de ambos indicadores con las distintas series de referencia, z_t .

Gráfico 1. Evolución del indicador sintético «convencional» y «óptimo» junto con la serie de referencia de la CRE, 1993-2004



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Evolución del indicador sintético «convencional» y «óptimo» junto con la serie de referencia de FUNCAS, 1993-2004



Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse el indicador «óptimo» capta mucho mejor la evolución cíclica del VAB de la economía balear, mejorando con ello el ajuste obtenido a través del indicador «convencional». La tabla 2 permite confirmar esta mejora, al comparar la correlación de cada uno de ellos con la serie de referencia $\rho(y_t, z_t)$ y el porcentaje del total de observaciones en las que una aceleración/desaceleración de ambos indicadores sintéticos viene acompañada por una aceleración/desaceleración de la serie de referencia $\alpha(y_t, z_t)$.

Tabla 2. Análisis comparativo

| | | $\rho(y_t, z_t)$ | $\alpha(y_t, z_t)$ | EPAM |
|--------|--------------------------|------------------|--------------------|-------|
| CRE | Indicador «convencional» | 0,86 | 72% | 5,07% |
| | Indicador «óptimo» | 0,94 | 75% | 3,74% |
| FUNCAS | Indicador «convencional» | 0,93 | 74% | 4,12% |
| | Indicador «óptimo» | 0,96 | 80% | 1,91% |

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, cabe la posibilidad de comparar ambos indicadores sobre la base del Error Porcentual Absoluto Medio (EPAM)³¹. Para ello, situados en un entorno *ex-post*, donde se conocen los valores de las variables exógenas de forma real hasta el último trimestre de 2004, se procede a medir la diferencia resultante de comparar la evolución de la serie de referencia con la evolución de ambos indicadores contruidos a partir únicamente de la información disponible del agregado hasta el cuarto trimestre de 2002. Los resultados obtenidos sugieren, también en este caso, un mejor ajuste del indicador sintético «óptimo»

4. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una técnica que permite seleccionar –de forma automática y simultánea– el subconjunto de indicadores parciales susceptibles de ser integrados en un sistema de indicadores sintéticos al objeto de obtener el mejor nivel de ajuste con la serie tomada como referencia.

Así, la utilización de los modelos de optimización con variables binarias permite, con un elevado grado de coherencia, ser utilizado bajo el esquema de cualquiera de las metodologías utilizadas en la literatura para la implementación de un indicador

³¹ El error porcentual absoluto medio (EPAM), se define como:

$$EPAM = \frac{\sum_{t=1}^T \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right|}{T} \quad [2']$$

sintético, o conjunto de los mismos, lo que en contextos de escasa información resulta especialmente interesante en la medida que se seleccionan no sólo aquellos indicadores parciales que mantienen relación con la serie de referencia (medida por el nivel de correlación) sino también la relación conjunta que existe entre un determinado subconjunto de los mismos y la serie de referencia.

Adicionalmente, esta metodología puede ser utilizada para la obtención de previsiones a corto plazo³². Para ello, es necesario tan sólo disponer de un vector x'_t de indicadores adelantados al ciclo económico y establecer, a partir de los mismos, una cronología de referencia respecto a z_t . Así, una vez adelantado el agregado de referencia de acuerdo con el adelanto de los indicadores parciales considerados, se debería únicamente maximizar $\rho(y_{t-k}, z_t)$ para identificar, primero, el subconjunto v^* (x'_{t-k}) y, después, el indicador sintético adelantado y_t^{opt} .

Bibliografía

- Álvarez, L.J. y Jareño, J. (2003): «ISIS: un indicador sintético integral de los servicios de mercado». *Documento de Trabajo n.º 0220*. Banco de España - Servicio de Estudios.
- Artís, M., Pons, J., Sierra, M.A. y Suriñach, J. (1997): «Nivel de actividad mediante indicadores de coyuntura». *Revista de Economía Aplicada*, 13, pp. 129-147.
- Balmaseda, M. y Cubero, J. (2003): «IA-BBVA, un indicador de actividad para la economía española». *Situación España*, págs. 31-36. Servicio de Estudios BBVA.
- Bellman, R. (1957): *Dynamic Programming*. Princeton University Press.
- Bengoechea, P., Guha, D. y Klein, P. (2002): «Determination of the Referente Cycles According to the NBER Approach: Application to the Spanish Economy During the Period 1970-1999». *ECRI Working Paper n.º 2002/1A*.
- Burns, A. y Mitchell, W. (1946): *Measuring business cycles*. National Bureau of Economic Research.
- Camacho, M. y Sancho, I. (2003): «Spanish difusión indexes». *Spanish Economic Review*, 5, pp. 173-203.
- Chamberlain, G. y Rothschild, M. (1983): «Arbitrage, Factor Structure and Mean-Variance Analysis in Large Asset Markets». *Econometrica*, 51, pp. 1305-1324.
- Chow G. y Lin, A.L. (1971): «Best linear unbiased interpolation, distribution and extrapolation of time series by related series». *The Review of Economics and Statistics*, 53, pp. 372-375.
- Costa, A. y Beltrán, M. (2004): «Memorándum sobre el sistema estadístico de las Illes Balears». En: *El sistema estadístico de las Illes Balears*. Consell Econòmic i Social de les Illes Balears, Palma de Mallorca.
- Espasa, A. (1988): «El perfil de crecimiento de un fenómeno económico». *Documento de Trabajo 8806*. Banco de España.
- Espasa, A. (1990): «Metodología para realizar el análisis de coyuntura de un fenómeno económico». *Documento de Trabajo 9003*. Banco de España.
- Espasa, A. y Cancelo, J.R. (1993): *Métodos cuantitativos para el análisis de coyuntura económica*, Alianza Economía, Madrid.
- Fernández, F.J. (1991): «Indicadores sintéticos de aceleraciones y desaceleraciones en la actividad económica». *Revista de Economía*, 8, n.º 1.
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M. y Reichlin, L. (2000): «The Generalized Dynamic Factor Model: Identification and Estimation». *Review of Economics and Statistics*, 82 (4), pp. 540-554.

³² Son muchos los trabajos que usan indicadores sintéticos para predecir la evolución económica a corto plazo. El ejemplo más representativo lo encontramos en los trabajos de la OCDE.

- Forni, M.; Hallin, M.; Lippi, M. y Reichlin, L. (2001): «Coincident and Leading Indicators for the EURO area». *Economic Journal*, 111, pp. 62-85.
- Gadea, M.D.; Montañés, A. y Pérez, D. (2003): «Índice FUNDEAR: un sistema de indicadores cíclicos para la economía aragonesa». *Documento de Trabajo nº 2*. Fundación economía aragonesa.
- Geweke, J. (1977) «The Dynamic Factor Analysis of Economic Time Series». En: D.J. Aigner, y A. S. Goldberg (eds.) *Latent Variables in Socio-Economic Models*. North-Holland. Amsterdam.
- Gómez, V. y Maravall, A. (1996): «Programs TRAMO (Time series Regression with ARIMA noise, Missing observations, and Outliers) and SEATS (Signal Extraction in ARIMA Time Series). Instructions for the User». *Working Paper 9628*. Servicio de Estudios, Banco de España.
- IECM (1998): «ISAIAS: Indicador Sintético de Actividad Industrial y de Actividades de Servicios para la Comunidad de Madrid». Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.
- Instituto Klein (varios años): *Modelización regional integrada*. Hispalink.
- INE (1994): *Sistema de Indicadores Cíclicos de la Economía Española. Metodología e Índices Sintéticos de Adelanto, Coincidencia y Retraso*. Instituto Nacional de Estadística.
- INE (1991): «Un sistema de indicadores cíclicos para la economía española». *Boletín Trimestral de Coyuntura*, 39. Instituto Nacional de Estadística.
- Karmakar, N. (1984): «A New Polynomial-time Algorithm for Linear programming». *Combinatoria*, 4, pp. 373-396.
- Léonard, D. y Van Long, N. (1992): *Optimal Control Theory and Static Optimization in Economics*. Ed. Cambridge University Press. NY.
- López, A. y Montejo, Y. (2000): *Diseño de un modelo de aproximación trimestral para la economía de Madrid*. Instituto L. R. Klein.
- Marcos, C. (1984): «Análisis cíclico y previsión a corto plazo. Indicadores sintéticos y su aplicación en España». *Economía Industrial*, 239, pp. 131-163.
- Márquez, M. A. y Ramajo, J. (2001): *Indicadores sintéticos de actividad económica: el caso de Extremadura*. Análisis regional: El proyecto Hispalink, pp. (301-312). Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- MEH (1983): *Indicadores cíclicos: Elaboración y aplicación al análisis de la economía española*. Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Previsión y Coyuntura.
- MEH (1993a): «Indicador Sintético del consumo privado: un instrumento para el análisis coyuntural». *Síntesis de Indicadores Económicos. (febrero)*. Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Previsión y Coyuntura.
- MEH (1993b): «Indicador Sintético de la inversión en bienes de equipo». *Síntesis de Indicadores Económicos. (julio)*. Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Previsión y Coyuntura.
- MEH (1994): «Indicador Sintético de la FBCF en construcción». *Síntesis de Indicadores Económicos. (marzo)*. Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Previsión y Coyuntura.
- MEH (1999): *Indicadores Sintéticos de la economía española: Metodología y resultados*. Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Política Económica y Defensa de la Competencia.
- Melis, F. (1988): *La extracción del componente ciclo mediante filtros de paso bajo*. MIMEO, Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Melis, F. (1989): «Sobre la hipótesis de componentes y extracción de señal sin previa desestacionalización». *Revista Española de Economía*, 6, nº 1 y 2.
- Melis, F. (1991): «La estimación del ritmo de variación de las series económicas». *Estadística Española*, 33, nº 126.
- Morales, E.; Espasa, A.; Font, A. y Izquierdo, J.F. (1992): «Estimación del crecimiento del VAB no agrario de Baleares a partir de un indicador sintético». *Butlletí Balear d'Economia*, 1, 1992, pp. 31-38.
- Morales, E.; Parra, F.J.; García, M.J.; Hernangómez, M. y Beltran, M. (1994): «Estimación del crecimiento del VAB de Castilla y León a partir de un indicador sintético y su utilización con fines de análisis coyuntural». Comunicación presentada en el *IV Congreso de Economía Regional de Castilla y León*, Burgos, noviembre 1994; publicada en las actas del Congreso, vol. 3, pp. 1.534-1.548.
- OECD (1998): *OECD Composite Leading Indicators: a tool for short-term analysis*. Statistics Directorate.
- Parra, F.J. (1993): «Aproximación al ciclo económico de Castilla y León. Comparación con los ciclos español y europeo». *Revista de Estudios Europeos*, 5:95-107.

- Parra, F.J. (1995): «Experiencia del área estadística de la Junta de Castilla y León en la construcción de índices cíclicos y en la construcción de índices cíclicos y en la estimación del VABNA». Documento interno, Consejería de Economía y Hacienda, Junta de Castilla y León, Valladolid, noviembre, 1995.
- Phillips, K.R. (1994). «Regional Indexes of Leading Economic Indicators». Niemira, M.P. y P.Q. Lein (eds). *Forecasting Financial and Economic Cycles*. John Wiley.
- Pons, J. (1996): *Un sistema d'indicadors cíclics per a l'economia catalana*. Ed. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- Sánchez, P. y Sastre, T. (2004): «Un indicador sintético para el consumo privado». *Boletín económico*, octubre de 2004, pp. 111-118. Banco de España.
- Revuelta, M. J y Lorenzo, F. (1996): «TRAMO y SEATS. Un marco completo para el análisis univariante y extracción de señales de series temporales». *Revista de Economía Aplicada*, 11, pp. 201-214.
- Rodríguez, J. (1976): *Una aproximación al ciclo de referencia de la economía española: 1965-1975*. Servicios de Estudios, Banco de España.
- Rodríguez, J. (1977): *Un ciclo de referencia para la economía española: primeras aproximaciones*. Servicios de Estudios, Banco de España.
- Sanz, R. (1984): «Análisis cíclico y su aplicación al ciclo industrial español». *Economía Industrial*, 239, pp. 87-103.
- Sargent, T. y Sims, C. (1977): «Business Cycle Modelling without Pretending to Have Too Much a Priori Economic Theory». En: Sims C.A. (ed) *New Methods in Business Research*. Minneapolis. Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- Sur, A. y Barriga, L. (2000): «Indicadores sintéticos de actividad». Instituto L. R. Klein.
- Stock, J.H. y Watson, M.W.: (1989): *New indexes of coincident and leading indicator*. NBER Macroeconomics Annual, Blanchard and Fisher Ed. MIT Press, Cambridge.
- Stock, J.H. y Watson, M.W. (1998): «Diffusion Indexes», *NBER Working Paper*, n° 6702, National Bureau of Economic Research.
- Stock, J.H. y Watson, M.W. (1999): «Forecasting Inflation». *Journal of Monetary Economics*, 44, pp. 293-335.
- Stock, J.H. y Watson, M.W. (2002): «Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes». *Journal of Business and Economic Statistics*, n° 20, pp. 147-162.
- Trujillo, F.; Benítez, M.D. y López, P. (1999): «Indicadores sintéticos trimestrales de la actividad económica no agraria en Andalucía». *Revista de Estudios Regionales*, 53, pp. 97-128.
- Trujillo, F.; Benítez, M.D. y López, P. (2001): *Indicadores sintéticos de la actividad económica no agraria en Andalucía*. Análisis regional: El proyecto Hispalink, pp. 277-289. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Zarnowitz, V. (1992): «Business cycles: Theory, history, indicators and forecasting». *National Bureau of Economic Research. Studies in Business Cycles*, n.º 27. Ballinger Publishing Company, Cambridge.