

# Monitorización de la inversión en Galicia: Una aproximación

## *Investment monitoring in Galicia: An approach*

**M<sup>a</sup> Esther López Vizcaíno**  
**Carlos L. Iglesias Patiño**  
**Instituto Galego de Estatística (IGE)**

Recibido, Enero de 2023; Versión final aceptada, Abril de 2024

PALABRAS CLAVE: Indicadores sintéticos, Coyuntura económica, Economía regional, Análisis factorial dinámico, Modelos aditivos generalizados, Componentes principales dinámicas

KEYWORDS: Synthetic indicators, Business cycle, Regional economy, Dynamic factor analysis, Generalized additive models, Dynamic principal components.

Clasificación JEL: O18, R11, C23.

### RESUMEN:

La inversión es una variable que, por un lado, determina en gran medida las posibilidades de crecimiento a largo plazo de la economía y, por otro, al ser el componente más variable de la demanda agregada, sus oscilaciones condicionan de manera decisiva las fluctuaciones cíclicas de la producción y del empleo.

El objetivo de este trabajo es construir un número reducido de indicadores sintéticos mensuales y de modelos de predicción de la inversión para Galicia, a partir de un conjunto de indicadores componentes. Los modelos propuestos permiten seguir la evolución mensual de la inversión en la economía gallega y satisfacen las necesidades de información a corto plazo del análisis económico.

### ABSTRACT:

Productive activity requires a certain level of capital so that the production processes of new goods and services can be carried out, the 'stock' of capital. The national accounting measures one of the flows that modify this level through gross capital formation (FBK), which is understood as the acquisition of machinery and buildings (Gross Fixed Capital Formation-FBKF), plus the change in inventories. Investment is a variable that, on the one hand, largely determines the long-term growth possibilities of the economy and, on the other, being the most variable component of aggregate demand, its fluctuations decisively condition cyclical fluctuations of production and employment. Therefore,

knowledge of its evolution and its determinants will make it possible to design efficient economic policies that help growth and stabilize economic fluctuations.

Investment in Galicia accounts for 17% of the GDP (IGE, 2021), which is lower than that of Spain, which stands at 21%. Investment is characterized as a variable with high volatility that amplifies fluctuations in the cyclical profile of economic activity. Despite this, it holds certain value; it can anticipate activity peaks and confirm its lows. Additionally, it plays a subsidiary role in monitoring the savings component of the GDP in a regional statistical-economic space such as Galicia.

Regarding labor factor, there are an association between the average propensity to invest and the employment rate (employed/population aged 16 and over). Both exhibit a similar profile, especially before the great recession, although the employment rate may be more seasonal. However, recently, the fraction of GDP allocated to investment is lower, more in line with more developed economies, whereas previously this fraction was higher due, in part, to Galicia starting from a less developed situation, hence the need for European funding.

In Galicia, the results of economic accounts are quarterly (IGE, 2021) and are published with a two-month delay. One month before they are released, many of the monthly indicators used to estimate the data provided by accounting would already be available. Therefore, the publication frequency may slow down the adoption of short-term measures and strategies, making it very useful to construct indicators and models that allow for monthly estimations and predictions.

Due to the difficulty of employing a theory that explains economic cycles, it is necessary to use indicators that reflect their fluctuations. Indicators allow us to approximate the behavior of a particular variable, either because it is not available, or because there is a delay or it is not available with the necessary frequency. Therefore, the objective of this work is to build a reduced number of monthly synthetic indicators and investment prediction models for Galicia, based on a set of component indicators. With this analysis, the increasingly immediate information needs required for economic analysis are satisfied. Consequently, the treatment in this article will be phenomenological, in the scientific sense, without delving deeply into economic theory issues.

The initial nine series or component indicators used to build the synthetic indicators provide a measure of some aspect of the evolution of investment. After that, we will reduce the size of the series using two statistical techniques, dynamic factor analysis (DFA) and dynamic principal component analysis (PCA). The issue with the series used is that they do not have the same timeframe; in other words, many series start too late, and some end too early. Therefore, for the estimation of the final indicators, an iterative procedure will be followed, which is partially based on the one used by Cuevas & Quilis (2012). Two investment models are proposed using the factors or components obtained from the previous procedures. We use for this purpose two generalized additive models (GAM). In order to conduct the analysis that relates the FCIS or the principal components with the FBK, it is necessary for the observation frequency of all variables involved in the analysis to be the same. The response variable is the FBK, which is published quarterly,

but the explanatory variables have a monthly frequency. Therefore, in order not to lose information, the FBK was converted into a monthly frequency.

In order to assess the predictive capacity of the two models, a simulation study has been designed in which the root of the relative mean square error (RRMSE) was calculated. A clear gain is observed in the model that uses the DFA compared to that used by the PCA, in addition to the fact that the factor is easier to interpret.

Then, this paper presents two methodologies that are used to monitor investment in Galicia on a monthly basis, one of them based on the DFA and the other on the PCA. Therefore, the novelty of this study lies in the use of available and publicly available information to characterize the monthly behavior of the investment. This allows a better approximation of the monthly evolution of investment in the Galician economy and, in addition, satisfy the short-term information needs of the economic analysis.

In terms of results, it is necessary to point out the good behavior of the FCIS when compared to the evolution of the FBK, calculated by the IGE. The high degree of coupling between the evolution of both (FCIS and FBK), with a Pearson correlation coefficient of 0.79 (95% confidence interval of (0.74; 0.82)), demonstrates their coherence. Both indicators exhibit very similar behavior in all phases of the economic cycle within the considered time frame. Ultimately, this constitutes an empirical validation of the calculated indicator.

Indeed, the FCI, together with the DFA-GAM model, serves as an indicator of investment evolution and allows for the adoption of short-term measures and strategies. Within a quarter, with one month's advance notice, it will be possible to anticipate the evolution of the FBK in the respective quarter.

Also, the FCI serves as a tool for monitoring investment evolution, which, in our opinion, remains somewhat constrained after the great recession. In the initial years following the crisis, this seems logical due to the saturation effect of the new housing market with the excess supply in preceding years, but in more recent years, there perhaps should have been a greater recovery.

Finally, a easily replicable methodology is presented, both with the information available in another region and with information at the national level or even in other countries. It should be noted that if the objective is a country, there is usually more data series related to investment available, therefore, it would be advisable to expand the initial series from which this work starts.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

---

La actividad productiva requiere de un determinado nivel de capital para que los procesos de producción de nuevos bienes y servicios puedan llevarse a cabo, el 'stock' de capital. La contabilidad nacional mide uno de los flujos que modifican este nivel mediante la formación bruta de capital (FBK), que se entiende como la adquisición de maquinaria y edificios (Formación bruta de

capital fijo-FBKF), más la variación de existencias, o variación de inventarios (Lequiller y Blades, 2018). La inversión es una variable fundamental, ya que, por un lado, determina en gran medida las posibilidades de crecimiento a largo plazo de la economía y, por otro, al ser el componente más variable de la demanda agregada, sus oscilaciones condicionan de manera decisiva las fluctuaciones cíclicas de la producción y del empleo. Esta idea, de su influencia en el ciclo, tiene mucha historia como se puede comprobar en Schumpeter (1994). Por tanto, el conocimiento de su evolución y de sus determinantes permitirá diseñar políticas económicas eficientes que ayuden al crecimiento y a estabilizar las fluctuaciones económicas (Estrada *et al.*, 1997).

La FBKF en las cuentas nacionales se define como la adquisición de activos para utilizarse, durante un período superior a un año, en el proceso de producción de otros bienes y servicios (Lequiller y Blades, 2018). Es decir, comprende las adquisiciones (menos las cesiones) de activos fijos que llevan a cabo los productores residentes durante un intervalo de tiempo determinado. Conviene aclarar que incluye aquella inversión destinada a cubrir la depreciación del stock de capital, de ahí el adjetivo de bruta, y el calificativo de fijo se debe a los activos materiales o inmateriales obtenidos a partir de procesos productivos que se utilizan, de forma repetida, en otros procesos de producción durante más de un año. La variación de existencias se calcula como la diferencia entre el valor de las entradas y salidas de existencias a lo largo de un período, una vez se han descontado las pérdidas corrientes de los bienes mantenidos en existencias.

El seguimiento de la inversión es esencial en la situación actual de transición de una economía lineal hipercarbónica hacia una economía circular hipocarbónica. Esta descarbonización no se va a conseguir si no se reduce el consumo de bienes no duraderos y no se invierte en equipos de generación, transformación, almacenamiento y distribución de energías renovables o en rehabilitación del patrimonio construido, entre otros nichos, por citar uno poco intensivo en mano de obra y otro mucho. Para profundizar en el marco normativo en que se desenvuelve Galicia junto con los residuos como recurso y la tecnología como coadyuvante de su gestión puede consultarse Fernandes de Faria (2019).

Con respecto al factor trabajo, la inversión mantiene, actualiza o aumenta el capital con el consiguiente incremento de la productividad de aquel factor. Tampoco debe despreciarse la importancia que tiene en el proceso

de difusión de la tecnología, la mejora del capital humano (aprendizaje por la experiencia) o el proceso de innovación (ingeniería inversa).

En Galicia los resultados de las cuentas económicas son trimestrales (IGE, 2021) y se publican con dos meses de desfase. Un mes antes de que se difundan, ya estarían disponibles muchos de los indicadores mensuales que se utilizan para estimar el dato proporcionado por la contabilidad. Por tanto, la frecuencia de publicación puede ralentizar la adopción de medidas y estrategias a corto plazo, siendo de gran utilidad la construcción de indicadores y modelos que permitan obtener estimaciones mensuales y realizar predicciones.

Estos indicadores tienen su precedente a mediados del siglo XX, en los indicadores cíclicos de Burns & Mitchell (1946), que fueron continuados más recientemente por Stock & Watson (1991) aunque también conviene mencionar como pioneros, los barómetros económicos de entreguerras de los institutos de coyuntura con sus éxitos y fracasos (Gabisch & Lorenz, 2013). Desde entonces, hay que destacar los trabajos para la zona euro de Marcellino *et al.* (2003) y Angelini *et al.* (2008), para la economía EE.UU. de Evans *et al.* (2002), Giannone *et al.* (2008) y Aruoba *et al.* (2009) y para la economía argentina de Muñoz y Trombetta (2015). Para el caso español destacan las propuestas de Camacho & Pérez-Quirós (2009), que es ampliada para el contexto europeo, y las de Cuevas & Quilis (2010, 2015) y Camacho & Doménech (2011).

Con respecto al estudio de la inversión circunscribiéndose a Galicia, mencionaremos dos referencias, IGE (2010) y Costa Pinho (2001). La primera introduce en la modelización trimestral una identidad de acumulación de capital, utilizando el método de inventario permanente y suponiendo una tasa de depreciación constante. La segunda, desde otra perspectiva más teórica y con datos anuales, aborda los efectos de la formación de capital público sobre la producción de su economía.

Debido a la dificultad de emplear una teoría que explique los ciclos económicos es necesario emplear indicadores que reflejen sus fluctuaciones. Los indicadores permiten aproximar el comportamiento de una determinada variable, bien porque esta no está disponible, o bien porque existe retraso o no se dispone con la frecuencia necesaria. Por tanto, el objetivo de este trabajo es construir un número reducido de indicadores sintéticos mensuales y de modelos de predicción de la inversión para Galicia, a partir de un conjunto de indicadores componentes. Con esto se satisface las

necesidades de información cada vez más inmediatas que precisa el análisis económico. Por consiguiente, el tratamiento en este artículo será de tipo fenomenológico, en el sentido científico, sin entrar en profundidad en cuestiones de teoría económica.

Lo que resta de artículo se estructurará de la siguiente manera: en la sección 2 se hace una pequeña referencia a la importancia de la inversión en Galicia, en la sección 3, se desarrolla la metodología empleada en este trabajo, especialmente la relacionada con el cálculo del factor común mediante el análisis factorial dinámico y de las componentes principales dinámicas. A continuación, se exponen los resultados de la aplicación práctica con los datos de Galicia y, por último, se presentan las conclusiones más relevantes del estudio realizado.

---

## 2. LA INVERSIÓN EN GALICIA

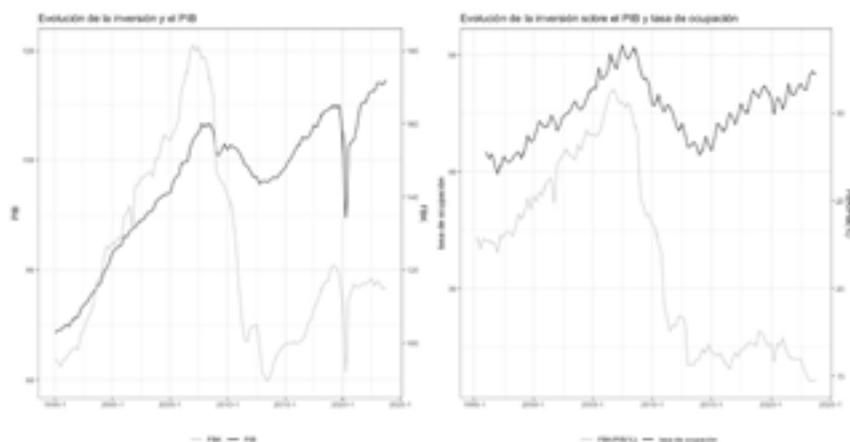
---

La inversión en Galicia supone el 17% del PIB (IGE, 2021), inferior a la de España que se sitúa en el 21%. La evolución en Galicia desde el año 1995, en comparación con el PIB, se presenta en el gráfico 1 (izquierda). La inversión se caracteriza por ser una variable con una elevada volatilidad que amplifica las fluctuaciones en el perfil cíclico del nivel de actividad. A pesar de ello tiene cierto valor, puede anticipar los máximos de actividad y confirmar sus mínimos, tal y como se puede observar en el gráfico 1 (izquierda). Así como, desempeñar un papel subsidiario en el seguimiento de la componente del ahorro del PIB en un espacio estadístico-económico de carácter regional como es el gallego.

Con respecto al factor trabajo, en la Figura 1 (derecha) se observa la asociación de la propensión media a invertir y la tasa de ocupación (ocupados/población de 16 y más años). Ambas tienen un perfil semejante, sobre todo antes de la gran recesión, aunque quizás es más estacional la tasa de ocupación. Sin embargo, recientemente la fracción del PIB destinada a la inversión es menor, más en línea con economías más desarrolladas, mientras que anteriormente esta fracción era mayor debido, en parte, a que Galicia partía de una situación menos desarrollada, de ahí la necesidad de financiación europea. Con la mejora de esta situación socioeconómica se produce un cambio cualitativo y cuantitativo de Galicia respecto de los fondos europeos. La oscilación de la propensión media es mayor [15,31] que la

de la tasa de ocupación [40-50], esta tiene más inercia. Como indicadores, están correlacionados positivamente y podrían considerarse coincidentes.

FIGURA 1  
**EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN Y EL PIB EN ÍNDICES DE VOLUMEN (IZQUIERDA) Y DETALLE DE LA EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN SOBRE EL PIB Y LA TASA DE OCUPACIÓN EN GALICIA (DERECHA)**



Fuente: IGE-INE

Por otra parte, podemos construir sendos indicadores de las propensiones marginales a consumir e invertir mediante discretización empleando la fórmula 1 (Figura 2). La primera toma valores más altos que la segunda en los periodos anterior y posterior a la gran recesión. Ambas señales permiten reconocer el periodo de la gran recesión, muestran una mayor volatilidad y toman valores anormales en él, fruto de la falta de suavidad de las macro-magnitudes componentes en ese periodo. Junto con la Figura 1 derecha, confirman una baja propensión a invertir en Galicia tras la gran recesión.

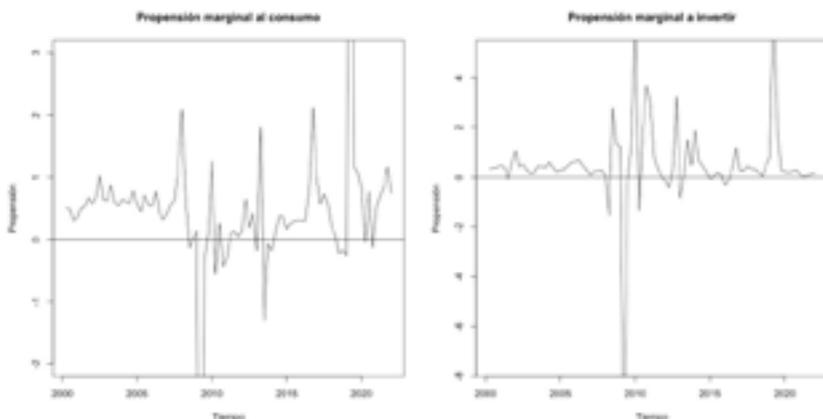
Fórmula 1:

$$\dot{C}_t = \frac{C_{t+1} - C_{t-1}}{PIB_{t+1} - PIB_{t-1}}$$

$$\dot{I}_t = \frac{FBK_{t+1} - FBK_{t-1}}{PIB_{t+1} - PIB_{t-1}}$$

donde  $C_t$  es el consumo en el período  $t$ .

FIGURA 2  
**DETALLE DE LA EVOLUCIÓN DE LAS PROPENSIONES MARGINALES A CONSUMIR (IZQUIERDA) Y A INVERTIR (DERECHA)**



Fuente: Elaboración propia a partir de IGE.

### 3. DESARROLLO METODOLÓGICO

Como se ha avanzado en la introducción, el objetivo de este trabajo es construir un número reducido de indicadores sintéticos mensuales y de modelos de predicción de la inversión para Galicia, a partir de un conjunto de indicadores componentes.

Las series iniciales o indicadores componentes de los que se parte para la construcción de los indicadores sintéticos se encuentran recogidas en el Cuadro 1. Todas ellas proporcionan una medida de algún aspecto de la evolución de la inversión. En general en la mayor parte de las series se eligió como periodo de inicio el mes de enero del año 1990. De todos modos, en algunas de ellas el período de inicio disponible en las fuentes de información es posterior.

Como hemos resaltado en la sección 1, la FBK se subdivide en dos grandes agregados, la FBKF y la variación de existencias. Es necesario aclarar que en este trabajo el comportamiento de la FBK vendrá determinada completamente por la FBKF, ya que debido a la naturaleza de las series disponibles no tenemos modo alguno de determinar el comportamiento de la variación de existencias. En todo caso, el porcentaje que representa la variación de existencias y objetos valiosos es residual, un 3,4 % del total de la FBK en Galicia en el año 2019 (IGE, 2020).

Se tomaron logaritmos en las series originales, con el objetivo de emplear en el análisis series estacionarias. Además, las series empleadas en este trabajo están sujetas a variaciones estacionales. Como el objetivo es crear indicadores que funcionen como una *proxy* de la FBK, es necesario eliminar esta estacionalidad y también el efecto calendario. Esto se hace utilizando el paquete RJDemetra del software libre R (Quartier-la-Tente *et al.*, 2020), recomendado por el Sistema Estadístico Europeo y de uso habitual en la literatura.

Para que la participación de las series originales en los indicadores creados tenga sentido económico, todas las series se expresan en términos reales. Por tanto, las variables que vienen expresadas en precios corrientes se deflactan por su correspondiente índice de precios para que queden expresadas en términos reales.

A continuación, reduciremos la dimensión de las series del Cuadro 1 utilizando para ello dos técnicas estadísticas, el análisis factorial dinámico y el análisis de componentes principales dinámico.

**CUADRO 1**  
**SERIES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS<sup>1</sup>**

Variable	Abrev.	Fuente	Año de inicio	Unidad
Inscripción de maquinaria agrícola	MA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	2007	Número
Superficie a crear de edificación residencial	EDR-SUP	IGE	1990	Metros cuadrados
Superficie a crear de edificación no residencial	EDNR-SUP	IGE	1990	Metros cuadrados
Nº de viviendas a crear de nueva planta	EDTVIV	IGE	1990	Número
Matriculación de vehículos de carga	MAT	DGT	1990	Número
Licitación oficial	LICOF	SEOPAN	1996	Miles de euros
Superficie de edificios visados en edificación no residencial	SVION-NR	MTMAU	2000	Metros cuadrados
Importación de bienes de capital deflactados por los IVUS de bienes de capital	IMPBK	AEAT/IGE	1993	Euros del 2010
Índice de Producción Industrial de bienes de equipo deflactado por el Índice de precios industriales (IPRI) (serie enlazada)	IPIBE	INE/IGE	1994	Índice deflactado

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1 Análisis factorial dinámico

El objetivo en este apartado es tratar de explicar un conjunto de  $n$  series observadas usando una combinación lineal de  $m$  paseos aleatorios desconocidos, donde  $m \ll n$ . Por tanto, el modelo de análisis factorial dinámico (DFA) empleado tiene la siguiente estructura:

1 Nota: IGE: Instituto Galego de Estatística, AEAT: Agencia Española de Administración Tributaria, MTMAU: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, DGT: Dirección General de Tráfico, INE: Instituto Nacional de Estadística

Fórmula 2:

$$z_t = Cx_t + v_t, v_t \in MVN(0,R)$$

$$x_t = x_{t-1} + w_t, w_t \in MVN(0, I)$$

donde *MVN* denota la distribución normal multivariante

La idea general es que las observaciones (*z*) se modelen como una combinación lineal de tendencias desconocidas (*x*) de dimensión *m* y de cargas factoriales (*C*) de dimensión *n* x *m*. Por tanto, la estructura dinámica viene reflejada a través de los factores comunes *x* y *w* se refiere a la dinámica particular de cada serie. El elemento *C<sub>ij</sub>* representa el peso del *j*-ésimo factor sobre la *i*-ésima serie observada. Al igual que en el análisis factorial clásico la primera ecuación de la fórmula 2 no está determinada de manera unívoca, pues para cualquier matriz invertible de tamaño *m* x *m*, *H*, si se define *C'=CH* y *x<sub>t</sub>'=H<sup>-1</sup>x<sub>t</sub>* se tiene que *y<sub>t</sub>=C'x<sub>t</sub>' + w<sub>t</sub>* y se logra la misma representación con nuevos parámetros. Para evitar este problema de identificación se toma *C'C=I* y la matriz *R* se asume con valores desconocidos.

**CUADRO 2**  
**EJEMPLO DE DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN EN LAS SERIES**

Observaciones	1	2	3	4	...	...	...	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
Series									
Z <sub>1</sub>	..	..	d	d	d	d	d	d	..
Z <sub>2</sub>	..	..	d	d	d	d	d	..	..
Z <sub>3</sub>	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Z <sub>4</sub>	d	d	d	d	d	d	d	d	..
Z <sub>5</sub>	d	d	d	d	d	d	d	d	d
...	..	d	d	d	d	d	d	..	..
Z <sub>n</sub>	..	d	d	d	d	d	d	d	d

Nota: d dato disponible, .. dato no disponible. Fuente: Elaboración propia.

El problema de las series empleadas es que no tienen el mismo recorrido, es decir, muchas series empiezan demasiado tarde y algunas series fina-

lizan demasiado pronto. Así, por ejemplo, mientras el Índice de Producción Industrial está disponible desde enero de 1994, la inscripción de maquinaria agrícola sólo está disponible desde enero del año 2000. Un posible ejemplo de la disponibilidad de la información se encuentra en el Cuadro 2.

La zona en gris es el panel transversal (o común) para el que se dispone de información completa para todas las series y la zona marcada en cuadrados es el panel longitudinal para el cual en las series señaladas se dispone de información desde  $t=1$  hasta  $t=T_1$ .

Por tanto, para la estimación del indicador final se seguirá un procedimiento iterativo que está basado parcialmente en el empleado por Cuevas & Quilis (2012), aunque el modelo factorial dinámico empleado (2) es más sencillo. Los pasos que se siguen en el procedimiento iterativo son los siguientes:

1. Se estima el modelo factorial dinámico (1) para las series del panel longitudinal. En estas series se dispone de datos desde el año 1990 ( $t=1, \dots, t=T_1$ ), y son 4. El uso de estas 4 series implica una pérdida de información que se compensará en los siguientes pasos.
2. Del paso anterior se obtienen los factores desde el periodo  $t=1$  hasta  $t=T_1$ . Con estos factores se hacen regresiones lineales utilizando como variable respuesta cada una de las series no consideradas en el paso anterior, y como variable explicativa los factores. Los parámetros estimados de la regresión se usan para retroproyectar las series que no formaban parte del panel longitudinal desde  $t=1$ .
3. Se calculan, de nuevo, los factores usando las series retroproyectadas del paso 2 y utilizando el mismo procedimiento que en el paso 1.
4. Se proyectan los factores obtenidos en el paso anterior desde  $t=T_1$  hasta  $t=T_2$  utilizando la metodología ARIMA.
5. Se utilizan los factores obtenidos en el paso anterior como regresores en aquellas series en las que no se dispone de información para el periodo más reciente y se proyecta este periodo empleando los parámetros de la regresión. Se vuelve a calcular los factores mediante el DFA. Los pasos 2 a 5 se repiten hasta la convergencia. La convergencia se determina por los cambios en el Criterio de Información de Akaike (AIC).

Para la estimación del modelo DFA se utiliza el paquete MARSS de R (Holmes *et al.*, 2014). Las funciones del paquete estiman los parámetros del

modelo ( $C$  y  $R$ ) por máxima verosimilitud utilizando el algoritmo de Expectation Maximization (EM). El algoritmo EM de Dempster *et al.* (1977) fue utilizado para este tipo de modelos por Shumway & Stoffer (1982) y Watson & Engle (1983). Para la estimación de los factores se emplea el filtro de Kalman una vez que el modelo se representa en el espacio de estados.

Uno de los principales problemas que se plantean al hacer el DFA es la decisión del número de factores que es necesario considerar. En este caso para tomar esta decisión se utilizan las matrices de autocovarianzas muestrales de las series observadas (Cov), mediante la observación de los valores propios.

Fórmula 3:

$$C\hat{\sigma}v(h) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{n-h} (z_{t+h} - \bar{z})(z_t - \bar{z})' \quad h = 1, 2, 3, 4 \dots$$

El problema de las matrices de autocovarianzas muestrales es que no son simétricas y por tanto los valores propios pueden tomar valores negativos e, incluso, complejos. Se puede resolver calculando el número de valores singulares no nulos de las matrices de autocovarianzas muestrales, tal y como se muestra en Zhang (2010). Los valores singulares de la matriz se corresponden con las raíces cuadradas de los valores propios asociados a .

### 3.2. Análisis de componentes principales dinámicas

Cuando se quiere reducir la dimensión de un conjunto de series temporales,  $\{z_1, \dots, z_R\}$ , el uso del análisis tradicional de componentes principales no es el más adecuado, pues asume que las variables están incorreladas en el tiempo. Para resolver este problema se usan las componentes principales dinámicas (PCA).

Uno de los primeros en dar una solución a este problema fue Brillinger (2001), quien propuso lo siguiente: supongamos un proceso estacionario  $\{z_t\}$ ,  $-\infty < t < \infty$ , con vector de media,  $m$ -dimensional, cero, la primera componente principal se define mediante la búsqueda de un vector  $c_h$ ,  $-\infty < h < \infty$  y otro vector  $\beta_j$ ,  $-\infty < j < \infty$ , ambos de dimensión  $m \times 1$ , tal que si consideramos como primera componente principal dinámica la combinación lineal:

Fórmula 4:

$$f_t = \sum_{h=-\infty}^{\infty} c'_h z_{t-h}$$

Entonces

Fórmula 5:

$$E \left( z_t - \sum_{j=-\infty}^{\infty} \beta_j f_{t+j} \right)' \left( z_t - \sum_{j=-\infty}^{\infty} \beta_j f_{t+j} \right)$$

es mínimo. La resolución de este problema se puede consultar en Brillinger (2001).

Para el cálculo de las componentes principales dinámicas, en este trabajo se utiliza el paquete `gdpc` de R creado por Peña *et al.* (2018). El proceso para la obtención de las componentes principales dinámicas propuesto por estos autores presenta algunas ventajas respecto al de Brillinger, (Peña & Yohai, 2016): las componentes principales dinámicas no necesitan ser una combinación lineal de las observaciones, pueden estar basadas en una variedad de funciones de pérdida, incluyendo las robustas, y las series pueden ser no estacionarias.

Supongamos que se observan  $m$  series temporales  $z_{j,t}$ ,  $1 \leq j \leq m$ ,  $1 \leq t \leq T$ , y se consideran dos números enteros  $k_1 \geq 0$  y  $k_2 \geq 0$ . Se define la primera componente principal dinámica, con  $k_1$  retardos y  $k_2$  adelantos, como un vector  $f = f_t$ ,  $-k_1 + 1 \leq t \leq T + k_2$ .

Ahora se reconstruyen las series originales  $z_{j,t}$ ,  $1 \leq j \leq m$ ,  $1 \leq t \leq T$ . Para ello, se puede suponer que dicha reconstrucción se obtiene como una combinación lineal de  $f$ , siendo esta óptima mediante el criterio de error cuadrático medio (MSE). Es decir, dado un posible factor  $f$ , una matriz  $\gamma = \gamma_{j,t}$  de dimensión  $m \times (k_1 + k_2)$  con  $1 \leq j \leq m$ ,  $-k_1 \leq i \leq k_2$  y un vector  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)$ , la reconstrucción de  $z_{j,t}$  es:

Fórmula 6:

$$\hat{z}_{j,t} = \sum_{i=-k_1}^{k_2} \gamma_{j,i} f_{t+i} + \alpha_j$$

Dado  $K = k_1 + k_2$ , definimos:

Fórmula 7:

$$f_t^a = f_{t-k} \quad 1 \leq t \leq T+K$$

$$\beta_{j,i} = \gamma_{j,i-1-k_1} \quad 1 \leq i \leq K+1$$

$$\beta_{j,h}^a = \gamma_{j,h-k_1-1} \quad 1 \leq h \leq K+1$$

$$f_t^{aa} = f_{t+K} \quad 1-K \leq t \leq T \quad \beta_{j,h}^{aa} = \beta_{j,K+2-h}^a \quad 1 \leq h \leq K+1$$

Entonces, la reconstrucción de la serie se puede obtener como:

Fórmula 8:

$$\hat{z}_{j,t} = \sum_{i=1}^{K+1} \beta_{j,i} f_{t+i-k_1} + \alpha_j = \sum_{i=0}^K \beta_{j,h+1}^a f_{t+h+1}^a + \alpha_j = \sum_{h=0}^k \beta_{j,h+1}^{aa} f_{t-h}^{aa} + \alpha_j$$

Por tanto podemos usar, indistintamente,  $K$  retardos o  $K$  adelantos de las componentes principales para reconstruir la serie. Aunque la reconstrucción de la serie con  $K$  retardos es la más intuitiva, se obtendría la solución óptima usando  $K$  adelantos.

Dado  $f = (f_1, \dots, f_{T+K})$ ,  $0$ ,  $\beta = \beta_{j,i}$  con  $1 \leq j \leq m$ ,  $1 \leq i \leq K+1$  y  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)$ , la función del MSE cuando reconstruimos las  $m$  series utilizando  $K$  adelantos es:

Fórmula 9:

$$MSE(f, \beta, \alpha) = 1/(Tm) \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^T (Z_{j,t} - \hat{z}_{j,t}(f, \beta_j, \alpha_j))^2$$

La elección óptima de  $f = (f_1, \dots, f_{T+K})$ ,  $\beta = \beta_{j,i}$  con  $1 \leq j \leq m$ ,  $1 \leq i \leq K+1$  y  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)$  es aquella que verifica

Fórmula 10:

$$(\hat{f}, \hat{\beta}, \hat{\alpha}) = \operatorname{argmin}_{f, \beta, \alpha} \operatorname{MSE}(f, \beta, \alpha)$$

Si  $f$  es una solución óptima, entonces  $\gamma\phi+\delta$  también sería una solución óptima, por lo que se tendrían infinitas soluciones. Así que se elige  $f$  tal que

Fórmula 11:

$$\sum_{t=1}^{T+K} f_t = 0 \quad \text{y} \quad 1/(T+K) \sum_{t=1}^{T+K} f_t^2 = 1$$

Al igual que ocurría con el DFA, las series que se están empleando no tienen el mismo recorrido, es decir, muchas series empiezan tarde y algunas series finalizan demasiado pronto. Para solucionar este problema en el caso del PCA se utiliza un algoritmo similar al empleado en el DFA.

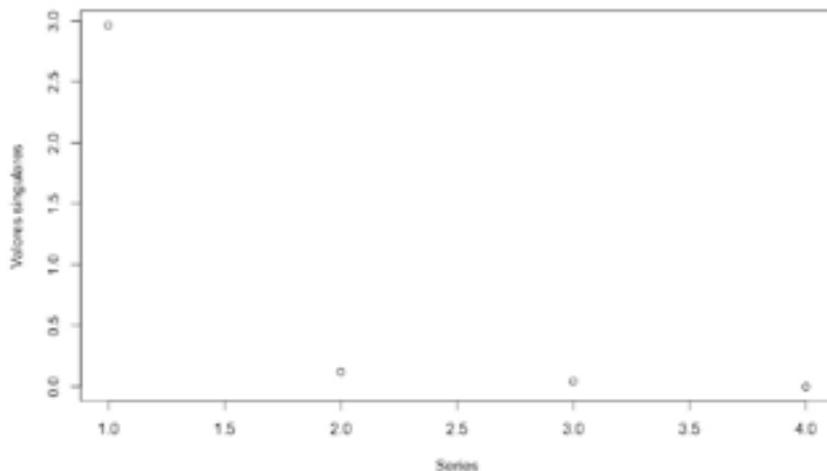
## 4. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la aplicación del DFA y el PCA a las series descritas en el Cuadro 1.

### 4.1 Resultados DFA

El primer paso es determinar el número de factores comunes que se necesitan en el DFA para representar la mayor parte de la variabilidad de las series originales. Para determinarlos, se calculan los valores propios de las matrices de autocovarianzas muestrales. Estos valores propios son complejos y por tanto, es necesario calcular los valores singulares. En la Figura 3 se presentan los valores singulares de la matriz de autocovarianzas muestrales de retardo 1 de las series, para el panel transversal común. Este gráfico indica que es necesario considerar un factor.

**FIGURA 3**  
**VALORES SINGULARES ASOCIADOS A CADA UNA DE LAS SERIES**



Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 3**  
**CARGAS FACTORIALES**

Variables	Cargas factoriales
LICOF	1,51
SVIONNR	1,40
IMPBK	1,41
EDTVIV	0,88
MAT	0,89
MA	0,69
EDRSUP	0,67
IPIBE	0,68
EDNRSUP	0,47

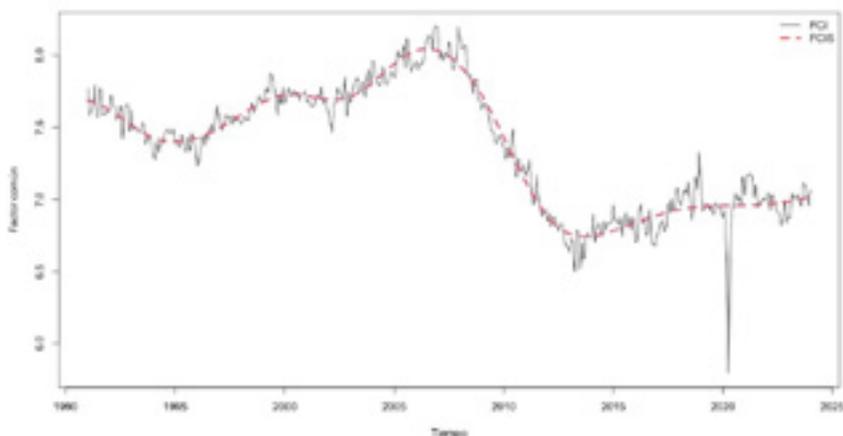
Fuente: Elaboración propia.

Basándonos en los resultados anteriores, se decidió tomar un solo factor, que será el factor común de inversión (FCI). Teniendo en cuenta esto y una vez aplicado el modelo factorial dinámico, siguiendo los pasos 1-5 expuestos en la sección anterior, se obtienen las cargas factoriales del Cuadro 3 en las series empleadas.

Las cargas factoriales estimadas para cada una de las series originales miden el grado de correlación dinámica entre el FCI y cada una de ellas. Como se puede observar en el Cuadro 3, todos ellos son positivos. En este sentido se puede considerar a todos los indicadores utilizados en el modelo como procíclicos. Aunque todas las series contienen información sobre la evolución de la inversión de Galicia, hay algunas diferencias en las cargas factoriales. Así, estas estimaciones muestran que la Licitación oficial presenta el mayor valor de las cargas factoriales, seguidas de la Superficie visada en edificación no residencial, las Importaciones de bienes de capital, la Edificación de viviendas y la Matriculación de vehículos de carga

Con estas cargas factoriales se obtiene el factor común que se presenta en la Figura 4 con su versión suavizada, que denotaremos por FCIS.

**FIGURA 4**  
**FACTOR COMÚN DE INVERSIÓN Y SUAVIZACIÓN**



Fuente: Elaboración propia

Obsérvese que el FCIS anticipa la crisis de 1993-94, refleja la ralentización derivada de la crisis externa de las “punto com” y también anticipa la gran recesión. Quizás estaba avisando de una crisis en ciernes agravada por el COVID-19.

#### 4.2. Resultados del PCA

Para la obtención de las componentes principales dinámicas se siguió la metodología expuesta en Peña & Yohai (2016) y se aplicó a las nueve series del Cuadro 1, mediante el paquete de R *gdpc*. Se obtuvo la información que se presenta en el Cuadro 4 sobre las componentes principales dinámicas.

CUADRO 4  
**COMPONENTES PRINCIPALES DINÁMICAS**

	N.º de retardos	AIC	MSE	Varianza explicada acumulada
Componente 1	3	353,98	0,216	0,784
Componente 2	1	136,130	0,137	0,863
Componente 3	2	-34,647	0,085	0,915

Fuente: Elaboración propia.

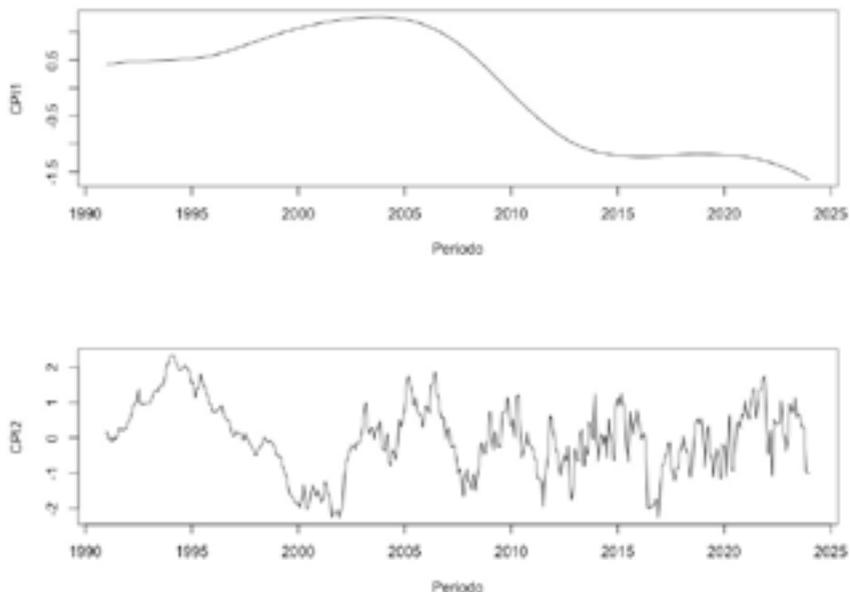
La primera componente principal explica el 78% de la varianza y las dos primeras explican el 86%. Nos quedaremos, por tanto, con las 2 primeras componentes principales que denotaremos por CPI1 y CPI2. Estas dos componentes se representan en la Figura 5.

Obsérvese que la primera componente es más suave que el factor, no anticipa la crisis de 1993-94, ni refleja la ralentización derivada de las “punto com”. No obstante anticipa la gran recesión, antes que el factor, y quizás también esté avisando de una crisis en ciernes. La segunda componente refleja las consecuencias de la crisis de 1993-94 y la gran recesión y muestra un régimen diferente antes y después de esta.

#### 4.3. Relación de FCIS y CPI1 y CPI2 con la FBK

Por último, se relacionará el FCIS y las CPI1 y CPI2 obtenidas en los dos procedimientos anteriores con la FBK, utilizando para ello dos modelos generalizados aditivos (GAM) (Wood, 2006).

FIGURA 5  
**COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INVERSIÓN CPI1 Y CPI2**



Fuente: Elaboración propia.

Para poder llevar a cabo un análisis que relacione el FCIS o las componentes principales con la FBK, es necesario que la frecuencia de observación de todas las variables implicadas en el análisis sea la misma. La variable respuesta es la FBK, cuya frecuencia de publicación es trimestral, pero las variables explicativas tienen frecuencia mensual. Por tanto, con el fin de no perder información se mensualizó la FBK.

Para la mensualización de la FBK se utilizó el paquete `tempdisagg` (Sax & Steiner, 2016) de R y un procedimiento similar al empleado en Figueroa (2019). En concreto, se utilizó la función `td()` que permite desagregar o interpolar una serie de baja frecuencia a una serie de tiempo de frecuencia mayor, teniendo en cuenta, que el promedio de la serie de alta frecuencia resultante es consistente con la serie de baja frecuencia. La función `td()` tiene implementados varios procedimientos, en particular en este trabajo se ha utilizado el método “chow-lin-minrss-ecotrim”.

En este caso, mediante la función  $td()$  se establece que la serie de baja frecuencia (FBK) vendrá determinada por un modelo de regresión, en donde la variable explicativa será una variable con mayor frecuencia. Las series candidatas para mensualizar la FBK en base a sus componentes son:

- Superficie a crear de edificación residencial
- Superficie a crear de edificación no residencial
- Índice de Producción Industrial de bienes de equipo deflactado por el IPRI (serie enlazada)

Por tanto, mediante la función  $ta()$  se transforma la frecuencia de las series candidatas suavizadas a trimestral. A continuación, se ajusta un modelo de regresión lineal, uno por cada serie candidata, y se elige aquella con mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) como serie que nos permita realizar la mensualización. La serie elegida para hacer la mensualización es el Índice de Producción Industrial de bienes de equipo deflactado por el IPRI con un  $R^2$  de 0,74.

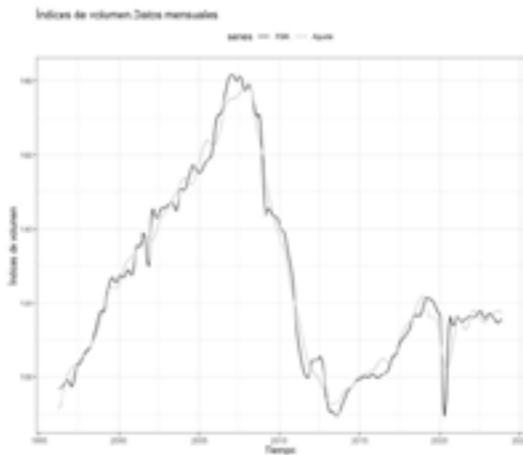
Finalmente, se relaciona la serie mensualizada de la FBK y el FCIS, obtenida a partir de DFA, a través de un modelo GAM (GAM-DFA). Este modelo emplea como covariables el FCIS y el PIB retrasado tres y quince meses, respectivamente, con la idea de que se pueda recoger la influencia del producto y de su variación en un año, y como variable respuesta la FBK. El PIB tiene frecuencia trimestral, por tanto, para ajustar este modelo es necesario mensualizar la serie. Para mensualizar la serie del PIB se utilizó un procedimiento similar al empleado para la FBK (Amado, 2018). El modelo GAM ajustado tiene un  $R^2$  de 0,96.

En la Figura 6 se presenta la FBK y su predicción empleando el modelo GAM. Se puede observar una buena predicción a lo largo de toda la serie, excepto en la época post-COVID donde se observa más volatilidad.

Finalmente, se relaciona la serie mensualizada de la FBK y las componentes principales CPI1 y CPI2, obtenidas a partir del modelo de Peña & Yohai (2016), a través de un modelo GAM (GAM-PCA). Este modelo emplea como covariables las componentes principales y el PIB retrasado tres y quince períodos, respectivamente, y como variable respuesta la FBK. El modelo GAM ajustado tiene un  $R^2$  de 0,99.

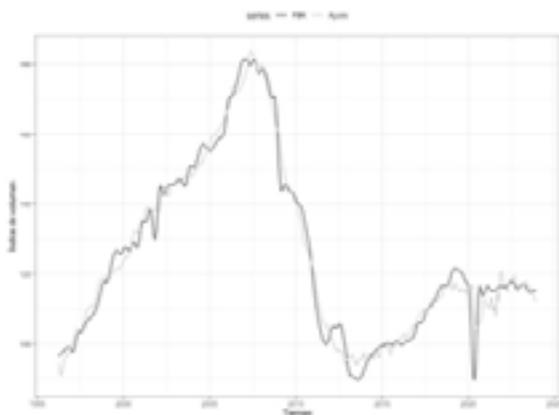
En la Figura 7 se presenta la FBK y su ajuste empleando el modelo GAM. Se puede observar una buena predicción a lo largo de toda la serie.

FIGURA 6  
**EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN Y EL AJUSTE MEDIANTE EL  
MODELO GAM-DFA**



Fuente: Elaboración propia e IGE.

FIGURA 7  
**EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN Y EL AJUSTE MEDIANTE EL  
MODELO GAM-PCA**



Fonte: Elaboración propia e IGE.

---

## 5. ESTUDIO DE SIMULACIÓN

---

En este trabajo se proponen dos modelos que sirven para monitorizar la evolución de la inversión en Galicia, GAM-DFA y GAM-PCA. En la actualidad la periodicidad de la FBK es trimestral, por lo que se podrá predecir cuál va a ser la evolución del FBK en un trimestre cualquiera, con un mes de antelación tras el cálculo de los factores o componentes y el establecimiento de la función de relación entre la FBK y los indicadores, mediante los modelos GAM propuestos. Tiene sentido, por tanto, en este momento hacerse la pregunta de cual es el mejor modelo de los propuestos.

Para valorar la capacidad predictiva de los dos modelos presentados en la sección anterior (GAM-DFA y GAM-PCA), respecto de la FBK, se ha diseñado un estudio de simulación en el que se calculó la raíz del error cuadrático medio relativo (RRMSE) de la predicción del FBK con los dos modelos, en comparación con el verdadero valor de la FBK, obtenido a partir de la Contabilidad Trimestral de Galicia, mensualizado. Además, como en los dos modelos considerados se han incluido las variables del PIB retrasadas tres y quince meses, en el estudio de simulación se han considerado dos situaciones: modelos con una variable (PIB retrasado tres meses) y con las dos (PIB retrasado tres y quince meses). Por último, todas estas valoraciones se han hecho para dos escenarios del horizonte de predicción, comprendido entre el cuarto trimestre del 2015 y el cuarto trimestre del 2019:

- Escenario 1: se ha ejecutado todo el procedimiento en los meses de enero para el cuarto trimestre del año anterior, en abril, para el primer trimestre, julio, para el segundo trimestre y octubre, para el tercer trimestre (dentro del horizonte de predicción)
- Escenario 2: se ha ejecutado todo el procedimiento en los meses de febrero, para el cuarto trimestre del año anterior, mayo para el primer trimestre, agosto, para el segundo trimestre, noviembre, para el tercer trimestre.

La diferencia entre los dos escenarios radica en que en el segundo se dispone de más información para los indicadores parciales.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del RRMSE para los dos escenarios, las dos situaciones (con 1 y 2 variables), y los dos métodos propuestos (GAM-DFA y GAM-PCA). Se observa una ganancia clara del

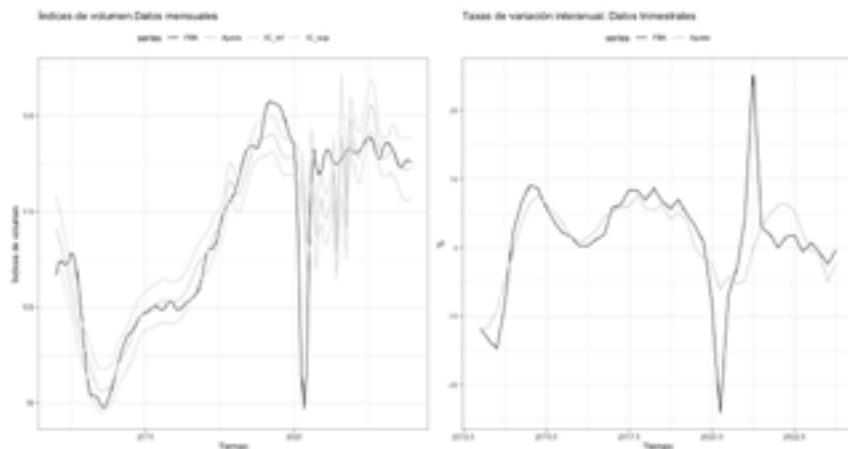
modelo que utiliza el DFA respecto al que usa el PCA, además de que el factor resulta más fácil de interpretar.

**CUADRO 5**  
**RRMSE PARA EL ESCENARIO 1 Y 2 Y LOS MODELOS GAM-DFA Y GAM-PCA**

	GAM-DFA		GAM-PCA	
	1 variable	2 variables	1 variable	2 variables
Escenario 1	5,17 %	4,68 %	8,85 %	8,39 %
Escenario 2	5,17 %	4,71 %	10,03 %	7,21 %

Fonte: Elaboración propia e IGE.

**FIGURA 8**  
**EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE VOLUMEN Y DE LA TASA DE VARIACIÓN INTERANUAL DE LA INVERSIÓN Y EL AJUSTE MEDIANTE EL MODELO GAM-DFA**



Fonte: Elaboración propia e IGE

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por la simulación, en la Figura 8 se presenta la evolución del índice de volumen y de la tasa de variación interanual de la FBK de la economía gallega y el ajuste proporcionado por el modelo GAM-DFA con dos variables desde el año 2012 (el último dato

se corresponde con la predicción del modelo para el 4º trimestre del 2023). El índice de volumen se representa junto con su intervalo de predicción del 95%. Se puede observar un buen ajuste, en la mayor parte de los casos la FBK real está en el intervalo de predicción calculado.

---

## 6. CONCLUSIONES

---

En este trabajo se presentan dos metodologías que sirven para la monitorización de la inversión en Galicia con periodicidad mensual, una de ellas basada en el DFA y la otra en el PCA. Por tanto, la novedad de este estudio, frente a otros realizados con anterioridad en España (Estrada *et al.*, 1996, Posada *et al.*, 2014 y Figueroa, 2019), reside en la utilización de información disponible y de uso público para caracterizar el comportamiento mensual de la inversión. Esto permite aproximar mejor la evolución cíclica de la economía y, además, se satisfacen las necesidades de información cada vez más inmediatas que precisa el análisis económico.

El estudio de simulación realizado permitió confirmar que para monitorizar la inversión en Galicia se comporta mejor el indicador obtenido a partir del DFA, respecto al que usa las componentes principales dinámicas, además de que el factor resulta más fácil de interpretar.

Por tanto, una vez decidido cual es el mejor modelo, las ventajas que presenta este estudio son cuatro. En primer lugar, y como principal rasgo diferencial del procedimiento metodológico de este trabajo, hay que señalar el buen comportamiento del FCIS cuando se compara con la evolución del FBK, calculado por el IGE. El buen grado de acoplamiento entre la evolución de ambas (FCIS y FBK), con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,79 (intervalo de confianza al 95% de (0,74; 0,82)), evidencian su coherencia. Ambos indicadores tienen un comportamiento muy similar en todas las fases del ciclo económico de la ventana temporal considerada. Se trata en definitiva de una validación empírica del indicador calculado.

En segundo lugar, el FCI junto con el modelo DFA-GAM sirve como indicador de la evolución de la inversión y permite la adopción de medidas y estrategias a corto plazo. En un trimestre, con un mes de antelación, se podrá anticipar cual va a ser la evolución de la FBK en el trimestre en cuestión.

En tercer lugar, y en cuanto a los resultados, el FCI constituye un instrumento para monitorizar la evolución de la inversión, que resulta en nuestra

opinión, un tanto reducida después de la gran recesión. En los primeros años posteriores a la crisis parece lógico, por el efecto de saturación del mercado de vivienda nueva con el exceso de oferta en los años precedentes, pero en los años más recientes quizás debería haber una recuperación mayor.

En cuarto lugar, se presenta una metodología fácilmente replicable, tanto con la información disponible en otra región como con la información a nivel nacional o incluso en otros países. Hay que tener en cuenta, que, si el objetivo es un país, normalmente se dispone de más series relacionadas con la inversión, por tanto, convendría ampliar las series iniciales de las que se parte en este trabajo.

En cuanto a nuevas oportunidades de inversión en Galicia que contribuyan a mejorar la cifra del 15,4% del PIB, podemos decir que la economía de la salud constituye un campo importante, y más si cabe por la pirámide envejecida. En este ámbito, además de abrirse una oportunidad de generar nuevos puestos de trabajo, son necesarias inversiones para atender a las personas de más edad, tanto las que están en buen estado de salud como las que no. Este colectivo presenta mayor morbilidad, por tanto, mayor gasto sanitario. Todo esfuerzo bien encaminado en este campo, clínico u organizativo de los centros sanitarios, puede suponer un ahorro de recursos futuros para la administración regional. Recientemente hemos visto las consecuencias de la globalización en la salud pública con especial énfasis en las personas de más edad, más vulnerables a enfermedades infecciosas con la sobrecarga del sistema sanitario.

Conviene seguir también la evolución de las cargas factoriales en el FCI sin suavizar. Es indudable la importancia del incremento de capital público en la buena marcha de la economía (Costa Pinho, 2001), pero se debe tener en cuenta que Galicia debe seguir la máxima “menos cemento, más conocimiento” de la planificación europea, por lo que sin duda resultará interesante ver si, permanentemente, sigue siendo la licitación oficial la que más cargue en el FCI.

Esta máxima, junto con el ya mencionado tránsito a una economía circular hipocarbónica, que pueden implicar una reorientación futura de algunos elementos de ese capital destinados a la infancia hacia la vejez (López-Vizcaíno *et al.*, 2020 y Fernández, 2020), debe conducir a una reflexión. Quizás convenga desplegar más el abanico de fuentes estadísticas, desde diferenciar la rehabilitación de la vivienda, a la que habría que añadir la obra menor, de la edificación de nueva planta. También sería interesante

disponer de resultados, con frecuencia superior a la anual, de inversión en otro tipo de inmovilizado material e inmaterial, al menos para el sector público, pasando por desagregar el consumo para poder ver si el de bienes duraderos también se incrementa. Obsérvese que los indicadores del gráfico 2 muestran que la propensión marginal a consumir se incrementó tras la gran recesión mientras que la correspondiente a invertir se redujo.

Aunque la fracción que supone la inversión en el PIB es mucho menor que la del consumo (81%) (IGE, 2021), el entorno institucional en que se desenvuelve la actividad económica de Galicia debe implicar cambios cuantitativos y, sobre todo, cualitativos en el patrón de consumo, aunque estos últimos no se reflejen parcialmente en aquella macromagnitud.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMADO, S. (2018): *Previsión de variables de negocio y generación de escenarios macroeconómicos con modelos estadísticos*. Trabajo Fin de Máster. [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto\\_1561.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_1561.pdf)
- ANGELINI, E., CAMBA-MÉNDEZ, G., GIANNONE, D., REICHLIN, L. and RUNSTLER, G. (2008): *Short-term forecasts of Euro area GDP growth*, CEPR Discussion Paper N° 6746.
- ARUOBA, S. B., DIEBOLD, F. X., and SCOTTI, C. (2009): "Real-time measurement of business conditions". *Journal of Business & Economic Statistics*, 27(4).
- ARTÍS, M., PONS, J., SIERRA, M. Á. y SURIÑACH, J. (1997). "Nivel de actividad mediante indicadores de coyuntura". *Revista de economía aplicada*, 13, 129-147.
- BRILLINGER, D.R. (2001): *Time series: Data Analysis and theory*. SIAM, San Francisco.
- BURNS, A. and MITCHELL, W. (1946): *Measuring business cycles*. National Bureau of Economic Research.
- CAMACHO, M. and PEREZ-QUIROS, G. (2009): *Ñ-Sting: España Short Term Indicator of Growth*, Banco de España, Working Paper N° 0912.
- CAMACHO, M. and DOMÉNECH, R. (2011): MICA-BBVA: "A Factor Model of Economic and Financial Indicators for Short-term GDP Forecasting". *Journal of the Spanish Economic Association*.
- COSTA, J.C. da (2001): "Impacto do investimento público na producao". *Novos escenarios para a economía galega. Actas do II Congreso de Economía de Galicia*. Universidade de Santiago de Compostela.
- CUEVAS, A. and QUILIS, E. M. (2012): "A factor analysis for the Spanish economy". *SERIEs*, 3(3), 311-338.
- CUEVAS, A., QUILIS, E. M. and ESPASA, A. (2015): "Quarterly Regional GDP Flash Estimates by Means of Benchmarking and Chain Linking". *Journal of Official Statistics*, 31(4), 627-647.
- DEMPSTER, A.P., LAIRD, N. M. and RUBIN, D.B. (1977): "Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm". *Journal of the Royal Statistical Society*, B, 39, 1-38
- ESTRADA, A., de CASTRO, F., HERNANDO, I. y VALLÉS, J. (1996): *La inversión en España*. Servicio de Estudios del Banco de España.
- EVANS, C. L., LIU, C. T. and PHAM-KANTER, G. (2002): "The 2001 recession and the Chicago Fed National Activity Index: Identifying business cycle turning points". *Economic Perspectives-Federal Reserve Bank of Chicago*, 26(3), 26-43.
- FERNÁNDEZ, M. (2020): "Efectos de la evolución de la población sobre las infraestructuras y la prestación de servicios del estado del bienestar. El caso de Galicia". Ponencia presentada en la reunión del Foro Económico de Galicia "Galicia 2040: o reto demográfico" del 6/3/2020.
- FERNANDES DE FARIA, R. (2019): "Os desafíos das novas formas de lidar com os residuos nos territorios inteligentes sob uma perspectiva europeia". *Revista galega de administración pública (REGAP)* Vol. 1 Núm. 58
- FIGUEROA, A. (2019): *Modelización de la serie temporal de la inversión privada en bienes y servicios en Galicia sobre la base de variables internas de ABANCA*. Trabajo Fin de Máster. [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto\\_1658.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_1658.pdf)
- GABISCH, G. and LORENZ, H. (2013): *Business Cycle Theory: A Survey of Methods and Concepts*. Springer Science & Business Media.
- GIANNONE, D., REICHLIN, L. and SMALL, D. (2008): "Nowcasting: The real-time informational content of macroeconomic data". *Journal of Monetary Economics*, vol. 55, p. 665-676

- HOLMES, E.E., WARD, E. J. and SCHEUERRELL, M.D. (2014): *Analysis of multivariate time series using the MARSS package*. <http://cran.r-project.org/web/packages/MARSS/vignettes/UserGuide.pdf>
- IGE (2010): *Un modelo trimestral de simulación dos principais agregados macroeconómicos de Galicia*. Documento técnico nº 3
- IGE (2020): Cuentas económicas de Galicia. [http://www.ige.eu/web/mostrar\\_actividade\\_estadistica.jsp?idioma=gl&codigo=0307007001](http://www.ige.eu/web/mostrar_actividade_estadistica.jsp?idioma=gl&codigo=0307007001)
- IGE (2021): Cuentas trimestrales de Galicia. [http://www.ige.eu/web/mostrar\\_actividade\\_estadistica.jsp?idioma=gl&codigo=0307007002](http://www.ige.eu/web/mostrar_actividade_estadistica.jsp?idioma=gl&codigo=0307007002)
- LEQUILLER, F. y BLADES, D. (2018): *Comprendiendo las Cuentas Nacionales*. OECD.
- LÓPEZ-VIZCAÍNO, M.E., IGLESIAS, C.L. y CALVO, M.E. (2020): "Propuesta metodológica para la georreferenciación de la población y primeras aplicaciones en Galicia". *Revista de Estudios Regionales*, nº117, 17-53
- MARCELLINO, M., STOCK, J. H. and WATSON, M. W. (2003): "Macroeconomic forecasting in the euro area: Country specific versus area-wide information". *European Economic Review*, 47(1), 1-18.
- MUÑOZ, F. y TROMBETTA, M (2015): "Indicador Sintético de Actividad Provincial (ISAP): un Aporte al Análisis de las Economías Regionales argentinas". *Investigaciones Regionales*, 33, 71-96
- PEÑA D. and YOHAJ V.J. (2016): "Generalized Dynamic Principal Components". *Journal of the American Statistical Association*, 111, 1121-1131.
- PEÑA, D., SMUCLER, S. and YOHAJ, V. (2018): gdpc: Generalized Dynamic Principal Components. R package version 1.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=gdpc>
- POSADA, D. URTASUN, A., GONZÁLEZ, J. (2014): "Un análisis del comportamiento reciente de la inversión en equipo y de sus determinantes". *Boletín Económico del Banco de España*. <http://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/BoletinEconomico/14/Jun/Fich/be1406-art3.pdf>
- QUARTIER-LA-TENTE, A., MICHALEK, A., PALATE, J. and BAEYENS, R. (2020) : RJDemetra: Interface to 'JDemetra+' Seasonal Adjustment Software. R package version 0.1.5. <https://CRAN.R-project.org/package=RJDemetra>
- SAX, C. and STEINER, P. (2016): tempdisagg: Methods for Temporal Disaggregation and Interpolation of Time Series. R package version 0.25.0.
- SCHUMPETER, J.A. (1994): *Historia del análisis económico*. Editorial Ariel, Barcelona
- SHUMWAY, R.H. and STOFFER, D.S. (1982): "An approach to time series smoothing and forecasting using the EM algorithm". *Journal of Time Series Analysis*, 3, 4, 253-264.
- STOCK, J.H. and M.W. WATSON (1991): "A probability model of the coincident economic indicators", en K. Lahiri y G.H. Moore (eds.), *Leading economic indicators. New approaches and forecasting records*, Cambridge University Press, Cambridge.
- STOCK, J. H. and WATSON, M. W. (2002): "Macroeconomic forecasting using diffusion indexes". *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(2), 147-162.
- WATSON, M. W. and ENGLE, R.F., (1983): "Alternative algorithms for the estimation of dynamic, mimic and varying coefficient regression models". *Journal of Econometrics* 23, 3, 385-400.
- WOOD, S. (2006): *Generalized Additive Models: an introduction with R*, Chapman and Hall/CRC. <http://reseau-mexico.fr/sites/reseau-mexico.fr/files/igam.pdf>
- ZHANG, H. (2009): "Comparación entre dos métodos de reducción de dimensionalidad en series de tiempo". *Revista Colombiana de Estadística*, 32 (2), 189-212.

