



---

**Universidad de Valladolid**

**Facultad de Ciencias  
Económicas y Empresariales**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Grado en Economía**

**Evolución de la productividad  
en España**

Presentado por:

***Fernando Hernández Atienza***

*Valladolid, 12 de junio de 2019*

## RESUMEN

En la doctrina de la macroeconomía convencional se postula una relación a largo plazo entre el PIB y la productividad. El presente trabajo se centrará en demostrar empíricamente que esta relación no se verifica para el caso de España, valiéndose para ello del concepto de cointegración de la econometría. A efectos de estudiar la correlación entre ambas variables, se comparará gráficamente la evolución de ambas y se estudiarán especialmente las variables que influyen en la productividad total de los factores para el caso español bajo la idea de perfilar las particularidades de nuestro país en cuanto a esta variable que pueden sesgar la relación entre las variables PIB y productividad total de los factores.

Finalmente, ante la presencia de estas particularidades, se propondrán soluciones que conviertan la relación a largo plazo entre PIB y productividad total de los factores en más estrecha o deseable.

**Palabras clave:** Cointegración; producto interior bruto; productividad

**Clasificación:** JEL D24

## ABSTRACT

Conventional macroeconomy knowledge postulates a long-term connection between gross domestic product and total factor productivity. The present work aims to show that, empirically, this connection doesn't work for the case of Spain. This will be done by using the cointegration concept, from econometrics.

For the purposes of studying the correlation between both variables, the evolution of them will be compared graphically and the variables which have an influence on the total factor productivity will be studied thoroughly, looking for particularities that could possibly skew the link between GDP and PTF for Spain.

Finally, having found those particularities some solutions will be proposed in order to make the relation between GDP and PTF narrower in the long term and better and more desirable for the Spain's economic growth.

**Keywords:** Cointegration, gross domestic product, productivity

**Classification:** JEL D24

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Introducción .....	1
2.	Definición de las variables PIB y productividad total de los factores y vinculación entre ambas a largo plazo.....	2
3.	Definición del concepto de cointegración.....	3
4.	Análisis econométrico... ..	5
4.1.	Análisis de la serie temporales de la productividad total de los factores (PTF) para España.....	5
4.2.	Análisis de la serie temporales del PIB para España.....	12
4.3.	Análisis de la cointegración.....	16
4.4.	Análisis de la cointegración introduciendo variables ficticias .....	17
4.5.	Regresión final, en diferencias.....	20
5.	Conclusiones análisis econométrico... ..	21
6.	Correlación entre ambas estudiada gráficamente.....	22
7.	Comparación con el contexto europeo y mundial... ..	27
7.1.	Análisis del producto interior bruto y el producto interior bruto per cápita.....	27
7.2.	Análisis de la productividad total de los factores.....	29
7.3.	Análisis de la productividad del trabajo.....	31
7.4.	Análisis de la productividad del capital y formación bruta de capital.....	33
8.	Resumen de las particularidades para el caso español.....	38
8.1.	Posibles causas de los modestos incrementos en las dos productividades.....	39
8.2.	Posibles soluciones.....	40
9.	Conclusiones... ..	42
10.	Referencias bibliográficas .....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.-Evolución de la serie temporal de la PTF para España...	6
Gráfico 2.-Residuos y valores esperados de la PTF para España...	7
Gráfico 3.-Correlograma de la PTF para España...	7
Gráfico 4.-Evolución de la serie temporal de la GDP para España.....	12
Gráfico 5.-Residuos y valores esperados de la GDP para España.....	13
Gráfico 6.-Correlograma de la GDP para España.....	14
Gráfico 7.-Tasas de variación del PIB, PIB pc y la PTF.....	22
Gráfico 8.-Evolución de la productividad total de los factores, la productividad laboral y la productividad del capital en números índice.....	23
Gráfico 9.-Evolución del PIB español en millones de euros...	24
Gráfico 10.-PIB frente a PTF mediante el ajuste a una función lineal.....	26
Gráfico 11.-PIB frente a PTF mediante el ajuste a una función exponencial...	26
Gráfico 12.-Comparación de las tasas de variación del PIB de la zona euro y la española.....	27
Gráfico 13.-Comparación de las tasas de variación del PIB per cápita de la zona euro y la española...	28
Gráfico 14.-Comparación de la evolución de la PTF de EEUU con la de España, ambas en números índice.....	29
Gráfico 15.-Comparación de la evolución de la PTF de la zona euro con la de España, ambas en números índice...	30
Gráfico 16.-Comparación de las tasas de variación la PTF de España con la de la zona euro.....	30
Gráfico 17.-Comparación de las tasas de variación la productividad del trabajo de España con la de la zona euro...	31
Gráfico 18.-Gráfico de barras acumulativo con los estudios de la población española...	32
Gráfico 19.-Productividad del trabajo en números índice (1980=100) una vez se incorporan los incrementos salariales y sin incorporarlos...	33
Gráfico 20.-Inversión en formación bruta de capital como % del PIB para España y para la media de la zona euro a lo largo del tiempo.....	34
Gráfico 21.-Ajuste lineal de la productividad del capital para España...	35
Gráfico 22.-Evolución de la productividad total de los factores, la productividad laboral y productividad del capital para la Eurozona en números índice...	36
Gráfico 23.-Evolución de la productividad total de los factores, la productividad laboral y productividad del capital para EE. UU. en números índice...	37
Gráfico 24.-Ajuste lineal de la productividad del capital para EE. UU.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.-Regresión de la PTF frente a la tendencia... ..	6
Tabla 2.-Test aumentado de Dickey-Fuller de la PTF para España... ..	8
Tabla 3.-Test aumentado de Dickey-Fuller de la PTF para España con un retardo menos que los que da por defecto el programa Eviews... ..	10
Tabla 4.-Test aumentado de Dickey-Fuller de las primeras diferencias de la PTF para España con un retardo menos que los que da por defecto.....	11
Tabla 5.-Regresión de la GDP frente a la tendencia... ..	12
Tabla 6.-Test aumentado de Dickey-Fuller de la GDP para España... ..	14
Tabla 7.-Test aumentado de Dickey-Fuller de las primeras diferencias del GDP para España con un retardo más que los que da por defecto el programa Eviews... ..	15
Tabla 8.-Regresión que relaciona PIB y PTF a niveles (relación a largo plazo). .....	16
Tabla 9.-Test aumentado de Dickey-Fuller del residuo de la regresión que relaciona PIB y PTF a niveles (comprobación de cointegración). .....	16
Tabla 10.-Regresión que relaciona PIB y PTF a niveles con las correspondientes correcciones de los cambios estructurales... ..	18
Tabla 11.-Test aumentado de Dickey-Fuller del residuo de la regresión que relaciona PIB y PTF a niveles con la corrección de los cambios estructurales... ..	19
Tabla 12.-Regresión que relaciona las diferencias del PIB y de la PTF (relación a corto plazo).....	20
Tabla 13.-Regresión que relaciona las diferencias del PIB y de la PTF (relación a corto plazo), corregido el problema de autocorrelación, modelo final... ..	21

## 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico medido por incrementos en los niveles de PIB de un país son una de las variables más relevantes a tener en cuenta a la hora de dar cuenta del progreso y bienestar de una nación.

La vinculación del crecimiento del PIB sostenido en el tiempo con mejoras en la productividad y avances tecnológicos, cuantificado esto mediante la PTF (productividad total de los factores) ha sido un tema indiscutible dentro de la doctrina macroeconómica convencional.

En este trabajo se probará si ambas magnitudes PIB y PTF están estrechamente relacionadas hasta el punto de haber una relación causal entre ambas. Dado que ambas variables son series temporales no estacionarias esto lo comprobaremos viendo si las variables cointegran o no. De no cointegrar y no darse esta relación a largo plazo entre ambas se estudiará cada variable por separado para llegar a una conclusión del porqué no cointegran o porque la relación entre ambas no es tan estrecha como cabría desear para el caso de España y qué particularidades presenta su economía con respecto a otros países de su entorno que hacen la relación entre ambas variables menos estrecha.

Finalmente, se propondrán soluciones que garanticen que el crecimiento del PIB se sustenta en mayor medida en la PTF ya que tal y como sostiene la doctrina económica esto lleva a un crecimiento más sostenido y a largo plazo y menos coyuntural y a corto y es por ende deseable.

## **2. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES PIB Y PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES Y VINCULACIÓN ENTRE AMBAS A LARGO PLAZO**

El Producto Interior Bruto, concepto desarrollado por el economista Simon Kuznets (Kuznets, 1934, pp.5) de acuerdo con la OCDE es “la medida estándar del valor de los bienes y servicios finales producidos por un país durante un período de tiempo menos las importaciones” (Glosario OCDE)

Para su medición se emplean diferentes enfoques, se puede medir mediante la oferta, mediante un enfoque basado en gastos, un enfoque basado en los ingresos o de la distribución o un enfoque basado en la oferta o el valor agregado.

Hay un cierto consenso en que constituye, entre otros, un buen indicador del nivel de desarrollo de un país y, sobre todo, de su crecimiento económico.

Entendemos por productividad total de los factores (PTF) la diferencia entre la tasa de crecimiento de la producción y la tasa ponderada de incremento de los factores (trabajo y capital). La productividad total de los factores constituye una medida de constatación de las llamadas economías de escala, en las que la producción crece en mayor proporción que la media ponderada de los factores productivos.

Por tanto, esta medida vendría a recoger la eficiencia en el aprovechamiento de los factores trabajo y capital y factores tales como

una mejora tecnológica o en la educación vendrían recogidos mediante un aumento en esta variable.

Partiendo de la común presunción de que la función de producción adopta la forma de Cobb-Douglas<sup>1</sup> (Cobb & Douglas, 1928, pp.152) podemos deducir la expresión de la PTF:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} \rightarrow \frac{\Delta Y}{Y} \approx \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1-\alpha) \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta A}{A} \quad (1)$$

Donde  $\Delta A/A$  sería la productividad total de los factores y por tanto todo factor que modifique A en la función de producción de Cobb-Douglas tendrá su efecto modificando la PTF.

Es generalmente asumido que la única manera de garantizar un crecimiento a largo plazo en la economía es mediante incrementos en este factor; sin embargo, dada la tradicional evolución de la economía española, basada en precarios crecimientos a nivel de productividad y una evolución nada desdeñable a niveles de PIB o PIB per cápita si extendemos el análisis al largo plazo (como veremos en el quinto y sexto apartado, con el análisis gráfico), el análisis de los factores que determinan la productividad así como la forma en que este afecta al crecimiento del PIB revestirá un interés añadido.

### 3. DEFINICIÓN DEL CONCEPTO DE COINTEGRACIÓN

Se define la cointegración como una propiedad estadística que verifican n series temporales  $(X_1, X_2, \dots, X_k)$  de tal forma que cada serie es integrada de orden d y existe una combinación lineal  $a_1 * X_1 + a_2 * X_2, \dots, + a_k * X_k$

<sup>1</sup> La función de producción de Cobb-Douglas fue propuesta por Knut Wicksell (1851-1926) e investigada con respecto a la evidencia estadística concreta, por Charles Cobb y Paul Douglas en 1928.

De tal modo que esta última combinación lineal es integrada de un orden menor que  $d$ . (Engle & Granger, 1987, pp.251). En nuestro caso  $d=1$  y  $k=2$  ya que las dos series analizadas  $X_1, X_2$  serán PIB y PTF, que como veremos, son series integradas de orden 1.

Debemos entender asimismo que una serie es integrada de orden  $d, I(d)$  si y sólo si al diferenciar esta serie  $d$  veces, la serie resultante se convierte en estacionaria; esto es, con media y variabilidad constante y ergodicidad.

En la práctica, muchas series temporales de variables macroeconómicas cumplen esta propiedad o, al menos al ser integradas del mismo orden son susceptibles de cumplir esta propiedad. Tal es el caso del PIB y la productividad total de los factores, como demostraremos más adelante. De no cumplir esta propiedad, cualquier regresión que relacione ambas a largo plazo es espuria, esto es, la relación entre ambas variables, por más que tener un  $R^2$  alto tendrá un valor explicativo y predictivo nulo, debido a que la relación entre ambas no es producto de la causalidad sino de la casualidad.

El que se verifique la cointegración equivale a decir que existe una cierta relación a largo plazo y que por ende la relación entre ambas no es espuria y tendrá un cierto valor predictivo y un valor explicativo fiable.

Cuando se da la cointegración entre dos series temporales su residuo es estacionario y en ello nos basaremos para comprobar si las variables PIB y PTF cointegran entre sí, con anterioridad a esto realizaremos un análisis de las dos series para comprobar que son ambas integradas de orden 1 o al menos del mismo orden (es este otro requisito para que se dé la cointegración).

#### 4. ANÁLISIS ECONÓMÉTRICO

A partir de la obtención de datos sobre el Producto Interior Bruto (en adelante PIB) y la Productividad Total de los Factores (en adelante PTF) de España para el periodo 1960- 2018, obtenidos de [http://ec.europa.eu/economy\\_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm](http://ec.europa.eu/economy_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm) (ver bibliografía), se va a realizar un análisis de cointegración con el objetivo de descubrir si estas variables presentan una situación de equilibrio a largo plazo hacia el cual convergen.

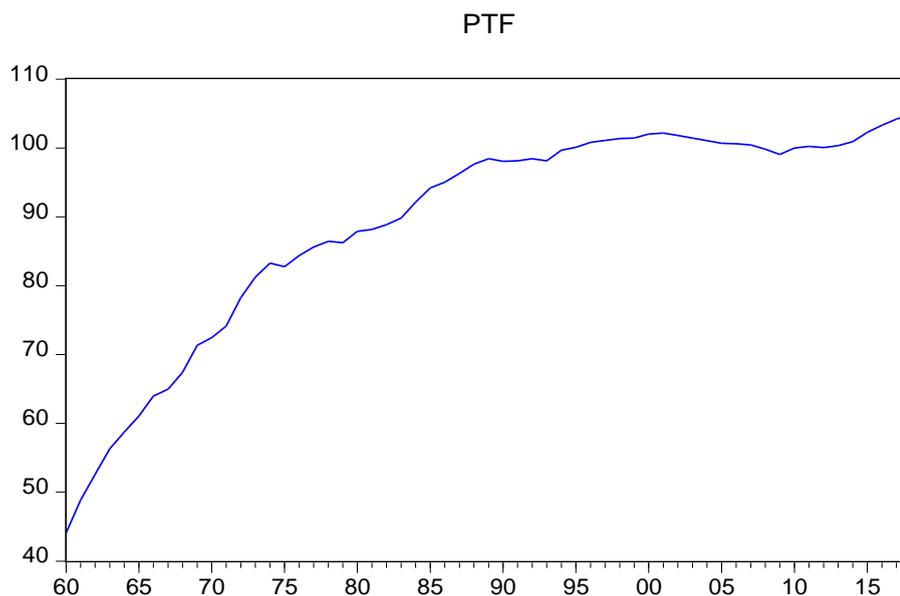
El trabajo se estructura en tres partes principales:

- Análisis de la variable PTF
- Análisis de la variable PIB
- Análisis de Cointegración

Para la PTF y el PIB analizaremos la tendencia determinista y la estocástica, así como la ergodicidad y mediante el test de Dickey-Fuller llegaremos a la conclusión de que ambas son series no estacionarias, integradas de orden (1) y por tanto se prestan a cumplir la cointegración (y deberían cumplirlo de acuerdo con la doctrina macroeconómica clásica) y de no darse propondremos un modelo alternativo a corto plazo en vez de a largo (ya que como hemos afirmado con anterioridad este sería espurio) formado por las primeras diferencias, que serán estacionarias y por tanto no habrá problema con que la regresión pueda ser espuria.

##### 4.1. Análisis de la serie temporales de la productividad total de los factores (PTF) para España

En el gráfico de la variable (gráfico 1) se observa presencia de tendencia determinista positiva, por lo que la serie es, tal y como habíamos anticipado, no estacionaria:



*Gráfico 1.-Evolución de la serie temporal de la PTF para España.*

Dependent Variable: PTF  
 Method: Least Squares  
 Date: 04/11/19 Time: 13:40  
 Sample: 1960 2018  
 Included observations: 59

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
T	0.824776	0.057581	14.32371	0.0000
C	64.32617	1.986342	32.38424	0.0000
R-squared	0.782583	Mean dependent var		89.06944
Adjusted R-squared	0.778768	S.D. dependent var		16.01334
S.E. of regression	7.531917	Akaike info criterion		6.909487
Sum squared resid	3233.597	Schwarz criterion		6.979912
Log likelihood	-201.8299	Hannan-Quinn criter.		6.936978
F-statistic	205.1685	Durbin-Watson stat		0.031048
Prob(F-statistic)	0.000000			

*Tabla 1.-Regresión de la PTF frente a la tendencia.*

La tendencia es significativa. Además, el  $R^2$  es 0.782583, por tanto, la tendencia explica el 78.26% de los cambios en la variable. Se puede comprobar que, como se dijo previamente, la tendencia determinista es creciente, al fijarnos en el coeficiente de la variable T (Tabla 1).

Con el objetivo de comprobar si también existe tendencia estocástica, creamos el gráfico de los residuos y los valores esperados.

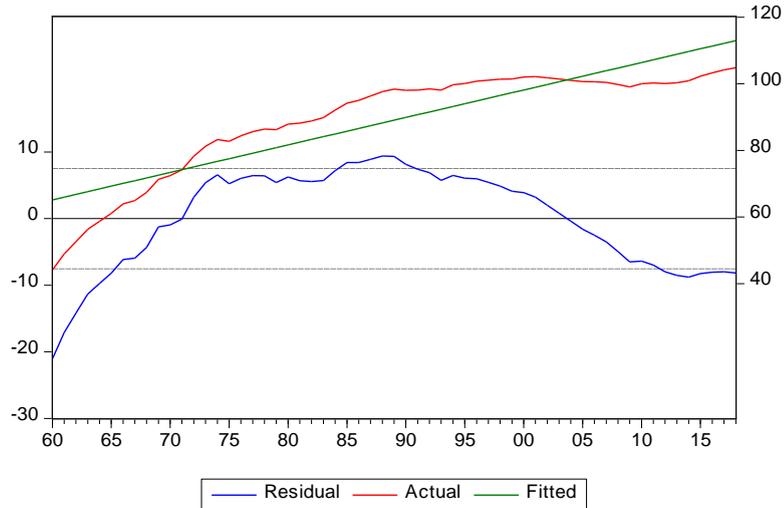


Gráfico 2.-Residuos y valores esperados de la PTF para España.

Al observar el gráfico (gráfico 2) podemos constatar que existe tanto tendencia determinista como estocástica, ya que la media (línea de verde en el gráfico 2) no es constante al tener pendiente no nula. La variabilidad, analizada en el gráfico de los residuos, tampoco parece ser constante.

A continuación, y a partir de los correlogramas, observamos si las series son ergódicas.

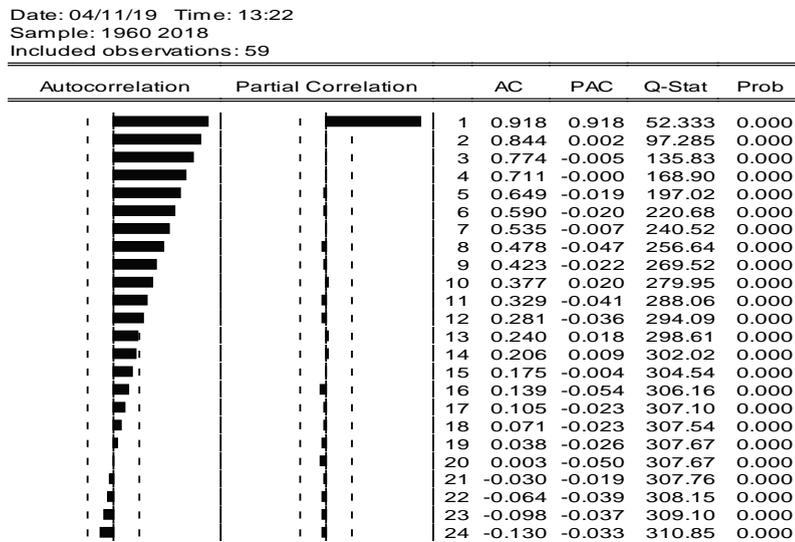


Gráfico 3.-Correlograma de la PTF para España.

La serie no es ergódica ya que el coeficiente de correlación simple no decrece rápidamente (gráfico 3). Se hace 0 en el coeficiente número 13 y además, la autocorrelación sigue un esquema AR (1).

A continuación, realizamos el contraste de Dickey-Fuller (gráfico 3), para comprobar si la variable tiene una raíz unitaria:

- $H_0: \beta = 1; \gamma = 0; PTF \rightarrow I(1); PTF$  tiene una Raíz Unitaria; no estacionaria.
- $H_1: \beta < 1; \gamma \neq 0; PTF \rightarrow I(0); PTF$  no tiene Raíz Unitaria; estacionaria.

Null Hypothesis: PTF has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.203351	0.0941
Test critical values:		
1% level	-4.127338	
5% level	-3.490662	
10% level	-3.173943	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(PTF)  
Method: Least Squares  
Date: 04/11/19 Time: 13:44  
Sample (adjusted): 1962 2018  
Included observations: 57 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PTF(-1)	-0.055085	0.017196	-3.203351	0.0023
D(PTF(-1))	0.176574	0.125579	1.406080	0.1655
C	5.581077	1.333667	4.184762	0.0001
@TREND("1960")	0.004963	0.013899	0.357093	0.7224
R-squared	0.595858	Mean dependent var		0.981452
Adjusted R-squared	0.572982	S.D. dependent var		1.222039
S.E. of regression	0.798561	Akaike info criterion		2.455582
Sum squared resid	33.79811	Schwarz criterion		2.598954
Log likelihood	-65.98408	Hannan-Quinn criter.		2.511301
F-statistic	26.04734	Durbin-Watson stat		1.964178
Prob(F-statistic)	0.000000			

*Tabla 2.-Test aumentado de Dickey-Fuller de la PTF para España.*

El valor de la d de Durbin es 1,96 por lo que no hay autocorrelación (hay autocorrelación cuando el valor de la d de Durbin se encuentra fuera de las bandas de incorrelación [1.85, 2.15]), aunque el último retardo no sea significativo. Probamos a quitarlo, para ver si se puede mejorar más el test.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PTF)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/06/19 Time: 17:50  
 Sample (adjusted): 1961 2018  
 Included observations: 58 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PTF(-1)	-0.071716	0.014323	-5.007214	0.0000
C	7.200915	0.941767	7.646175	0.0000
@TREND("1960")	0.007242	0.013584	0.533172	0.5961
R-squared	0.634265	Mean dependent var		1.046338
Adjusted R-squared	0.620965	S.D. dependent var		1.308194
S.E. of regression	0.805400	Akaike info criterion		2.455382
Sum squared resid	35.67678	Schwarz criterion		2.561957
Log likelihood	-68.20609	Hannan-Quinn criter.		2.496895
F-statistic	47.69104	Durbin-Watson stat		1.595938
Prob(F-statistic)	0.000000			

*Tabla 3.-Test aumentado de Dickey-Fuller de la PTF para España con un retardo menos que los que da por defecto el programa Eviews.*

Ahora el estadístico D-W nos muestra que aparece autocorrelación (Tabla 3). Por tanto, es preferible la estimación anterior.

Una vez elegida la estimación sin autocorrelación, podemos fijarnos en el valor del estadístico de contraste. El p-valor es superior a 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis de estacionariedad. La serie es, de este modo y tal y como habíamos anticipado integrada de orden 1 (tiene una raíz unitaria).

En este punto, procedemos a analizar las primeras diferencias de la variable en cuestión, para asegurarnos de que es I (0).

Null Hypothesis: D(PTF) has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.292728	0.0003
Test critical values:		
1% level	-4.127338	
5% level	-3.490662	
10% level	-3.173943	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PTF,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 04/11/19 Time: 14:04  
 Sample (adjusted): 1962 2018  
 Included observations: 57 after adjustments

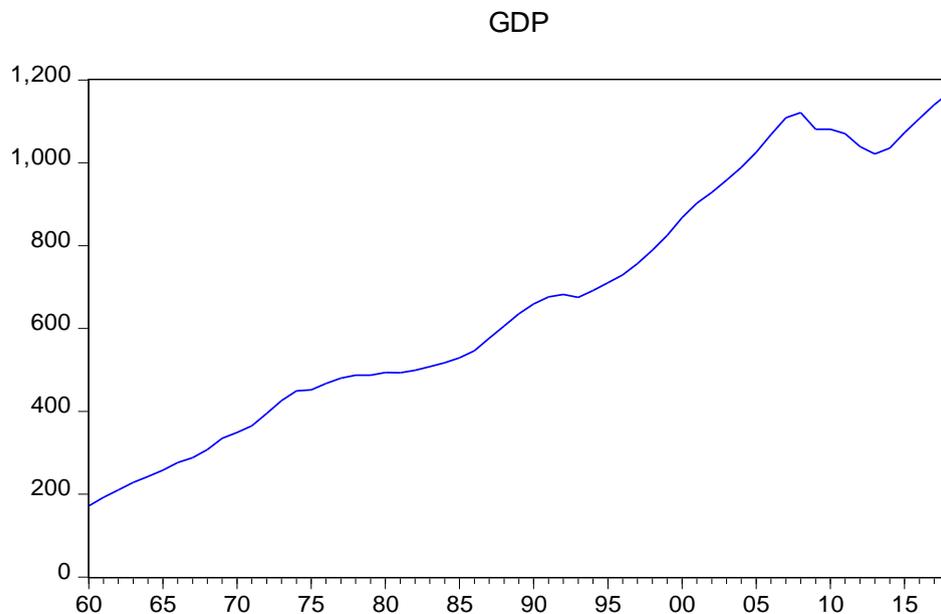
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PTF(-1))	-0.642802	0.121450	-5.292728	0.0000
C	1.481063	0.405685	3.650767	0.0006
@TREND("1960")	-0.029198	0.009649	-3.026119	0.0038
R-squared	0.347835	Mean dependent var		-0.072112
Adjusted R-squared	0.323681	S.D. dependent var		1.051006
S.E. of regression	0.864333	Akaike info criterion		2.597478
Sum squared resid	40.34184	Schwarz criterion		2.705007
Log likelihood	-71.02813	Hannan-Quinn criter.		2.639268
F-statistic	14.40057	Durbin-Watson stat		2.082367
Prob(F-statistic)	0.000010			

*Tabla 4.-Test aumentado de Dickey-Fuller de las primeras diferencias de la PTF para España con un retardo menos que los que da por defecto*

El valor de la d de Durbin es de 2.08 (tabla 4), por lo que no existe autocorrelación, al encontrarse dentro de las bandas de incorrelación. Además, el último retardo es significativo. Una vez hecho esto, nos fijamos en el p-valor del test. El p-valor es cercano a 0, por lo que se rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad. De esta forma, las primeras diferencias de la variable PTF son integradas de orden 0 y, debido a eso, estacionarias.

## 4.2. Análisis de la serie temporales del PIB para España

A continuación, realizaremos el mismo análisis para la serie temporal del PIB:



*Gráfico 4.-Evolución de la serie temporal de la GDP para España.*

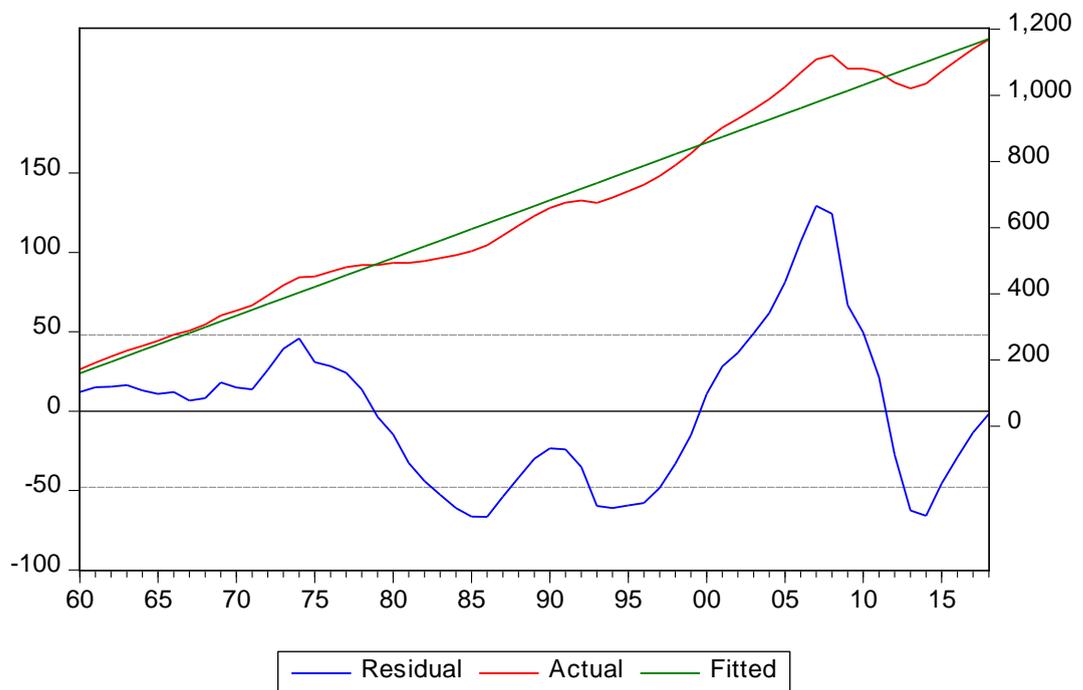
Dependent Variable: GDP  
 Method: Least Squares  
 Date: 04/11/19 Time: 13:40  
 Sample: 1960 2018  
 Included observations: 59

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
T	17.43384	0.367109	47.48956	0.0000
C	142.2210	12.66393	11.23040	0.0000
R-squared	0.975349	Mean dependent var		665.2362
Adjusted R-squared	0.974916	S.D. dependent var		303.1965
S.E. of regression	48.01975	Akaike info criterion		10.61441
Sum squared resid	131436.1	Schwarz criterion		10.68484
Log likelihood	-311.1252	Hannan-Quinn criter.		10.64190
F-statistic	2255.259	Durbin-Watson stat		0.120503
Prob(F-statistic)	0.000000			

*Tabla 5.-Regresión de la GDP frente a la tendencia.*

No hay duda de la significatividad de la variable T. Además, con la ayuda del  $R^2$  podemos aventurarnos a decir que la tendencia explica el 97,53 % de los cambios en el PIB (Tabla 5).

Acto seguido, procedemos a crear el gráfico de los residuos (línea azul en el gráfico de el gráfico 5) y valores estimados (línea verde en el gráfico 5), con el objetivo de identificar la posible existencia de tendencia estocástica.



*Gráfico 5.-Residuos y valores esperados de la GDP para España.*

Observamos la presencia tanto de tendencia determinista como de tendencia estocástica (gráfico 5); la media reflejada en la línea verde con pendiente nula no es constante y la variabilidad reflejada en la línea azul de los residuos, tampoco es constante.

A continuación, obtendremos el correlograma de la variable para ver si la serie es ergódica.

Date: 06/13/19 Time: 17:37  
 Sample: 1960 2018  
 Included observations: 59

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
██████████     ██████████	1	0.950	0.950	56.033	0.000
██████████     ██████████	2	0.900	-0.030	107.18	0.000
██████████     ██████████	3	0.851	-0.018	153.69	0.000
██████████     ██████████	4	0.803	-0.011	195.86	0.000
██████████     ██████████	5	0.757	-0.004	234.06	0.000
██████████     ██████████	6	0.712	-0.019	268.49	0.000
██████████     ██████████	7	0.665	-0.043	299.14	0.000
██████████     ██████████	8	0.615	-0.067	325.83	0.000
██████████     ██████████	9	0.563	-0.046	348.64	0.000
██████████     ██████████	10	0.511	-0.031	367.83	0.000
██████████     ██████████	11	0.454	-0.091	383.30	0.000
██████████     ██████████	12	0.397	-0.042	395.38	0.000
██████████     ██████████	13	0.344	-0.000	404.65	0.000
██████████     ██████████	14	0.296	0.008	411.66	0.000
██████████     ██████████	15	0.251	-0.002	416.81	0.000
██████████     ██████████	16	0.206	-0.029	420.38	0.000
██████████     ██████████	17	0.163	-0.018	422.66	0.000
██████████     ██████████	18	0.121	-0.020	423.95	0.000

Gráfico 6.-Correlograma de la GDP para España.

No podemos concluir que la serie sea ergódica, debido a que el coeficiente de correlación simple no decrece lentamente. Se hace cero en el coeficiente número 16.

A continuación, vamos a proceder con la elaboración del test de Dickey-Fuller para analizar la estacionariedad.

Null Hypothesis: GDP has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-3.165935</b>	<b>0.1017</b>
Test critical values:		
1% level	-4.127338	
5% level	-3.490662	
10% level	-3.173943	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(GDP)  
 Method: Least Squares  
 Date: 04/11/19 Time: 13:41  
 Sample (adjusted): 1962 2018  
 Included observations: 57 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP(-1)	-0.104567	0.033029	-3.165935	0.0026
D(GDP(-1))	0.723251	0.095539	7.570215	0.0000
C	18.79782	5.686000	3.305983	0.0017
@TREND("1960")	1.853357	0.584476	3.170974	0.0025

Tabla 6.-Test aumentado de Dickey-Fuller de la GDP para España.

Dado que el valor de la  $d$  de Durbin es 1.95 (tabla 6), no hay autocorrelación. Además, el último retardo es significativo y el p-valor es  $0,1017 > 0,05$  por lo que no se rechaza  $H_0$  de no estacionariedad, luego es  $I(1)$ .

Haciendo lo propio con las primeras diferencias del PIB:

Null Hypothesis: D(GDP) has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-3.266569</b>	<b>0.0212</b>
Test critical values: 1% level	-3.550396	
5% level	-2.913549	
10% level	-2.594521	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(GDP,2)  
Method: Least Squares  
Date: 04/11/19 Time: 14:03  
Sample (adjusted): 1962 2018  
Included observations: 57 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(GDP(-1))	-0.329237	0.100790	-3.266569	0.0019
C	5.747218	2.393134	2.401545	0.0197
R-squared	0.162485	Mean dependent var		0.154895
Adjusted R-squared	0.147258	S.D. dependent var		13.67137
S.E. of regression	12.62469	Akaike info criterion		7.943644
Sum squared resid	8766.060	Schwarz criterion		8.015330
Log likelihood	-224.3939	Hannan-Quinn criter.		7.971504
F-statistic	10.67047	Durbin-Watson stat		1.747229
Prob(F-statistic)	0.001878			

*Tabla 7.-Test aumentado de Dickey-Fuller de las primeras diferencias del GDP para España con un retardo más que los que da por defecto el programa Eviews.*

Hemos tenido que añadir un retardo a la serie original para que desapareciera la autocorrelación, una vez hecho esto y fijándonos tanto en el valor de estadístico de contraste como en el p-valor podemos concluir que se rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad (tabla 7), por lo que las primeras diferencias del PIB son integradas de orden 0 y, el PIB, integrada de orden 1.

### 4.3. Análisis de la cointegración

#### ETAPA 1: ESTIMACIÓN POR MCO

Para comenzar, realizamos un análisis de regresión con el PIB como variable dependiente y la PTF y T como explicativas (tabla 8).

Dependent Variable: GDP  
Method: Least Squares  
Date: 04/30/19 Time: 13:29  
Sample: 1960 2018  
Included observations: 59

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PTF	-1.954567	0.810937	-2.410256	0.0193
T	19.04592	0.756063	25.19091	0.0000
C	267.9508	53.56334	5.002504	0.0000
R-squared	0.977666	Mean dependent var		665.2362
Adjusted R-squared	0.976868	S.D. dependent var		303.1965
S.E. of regression	46.11374	Akaike info criterion		10.54961
Sum squared resid	119082.7	Schwarz criterion		10.65525
Log likelihood	-308.2134	Hannan-Quinn criter.		10.59084
F-statistic	1225.677	Durbin-Watson stat		0.143065
Prob(F-statistic)	0.000000			

Tabla 8.-Regresión que relaciona PIB y PTF a niveles (relación a largo plazo).

A partir de este modelo, que es el que queremos analizar si es espurio o no generamos los residuos y con ellos y el test de Dickey-Fuller(tabla 9) veremos si las variables cointegran o no:

#### ETAPA 2: TEST DE RAÍZ UNITARIA

Null Hypothesis: RESID01 has a unit root  
Exogenous: None  
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-3.308506</b>	<b>0.0013</b>
Test critical values:		
1% level	-2.606163	
5% level	-1.946654	
10% level	-1.613122	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(RESID01)  
Method: Least Squares  
Date: 04/11/19 Time: 14:10  
Sample (adjusted): 1962 2018  
Included observations: 57 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID01(-1)	-0.121660	0.036772	-3.308506	0.0017
D(RESID01(-1))	0.694384	0.097115	7.150146	0.0000
R-squared	0.500395	Mean dependent var		0.013008
Adjusted R-squared	0.491311	S.D. dependent var		17.38487
S.E. of regression	12.39931	Akaike info criterion		7.907616
Sum squared resid	8455.860	Schwarz criterion		7.979302
Log likelihood	-223.3671	Hannan-Quinn criter.		7.935476
Durbin-Watson stat	2.020449			

Tabla 9.-Test aumentado de Dickey-Fuller del residuo de la regresión que relaciona PIB y PTF a niveles (comprobación de cointegración)

Hemos tenido que introducir 1 retardo adicional para solucionar el problema de autocorrelación y las variables son todas individualmente significativas, pero el p-valor no es válido al aplicarse el test a un residuo, (Mackinnon, 1990, pp.9). Por tanto, utilizamos la tabla de Davidson y Mackinnon para ver si hay o no cointegración. Introduciendo  $m=2$ , nivel de significación= 5% e indicando que ambas series tienen tendencia obtenemos un valor crítico igual a -3.78. El estadístico t está a la derecha de -3,78, por lo que no rechazamos la  $H_0$  de no estacionariedad, por lo que podemos confirmar que los residuos tienen una raíz unitaria y que, entonces, no son estacionarios.

Podemos concluir, pues, que las series de PIB y PTF para España de los años 1960-2018 no cointegran y que, por lo tanto, no existe una relación de equilibrio a largo plazo entre éstas o relación de causalidad entre sendas variables.

No obstante, esta conclusión puede deberse a errores que sería necesario subsanar. En primer lugar, es posible que haya que recoger en los modelos posibles cambios estructurales que tienen lugar en las series (como la bajada en la pendiente de la PTF a partir de los años 90 o la reducción del PIB resultado de la crisis acaecida en 2008).

#### **4.4. Análisis de la cointegración introduciendo variables ficticias**

Para solucionar este problema vamos a introducir en el modelo de los residuos variables ficticias.

En primer lugar, generamos una variable ficticia para reflejar el cambio en la pendiente de la PTF que comienza alrededor de los años 90 y la introducimos en el modelo que relaciona PIB y PTF a niveles (regresión de la tabla 8) tanto de forma aditiva como multiplicativa.

Una vez hecho esto, podemos intentar introducir otra variable ficticia que recoja los cambios en el PIB a partir de 2008. Por lo que generamos un modelo en el que como variable dependiente se encuentre el PIB y como explicativas C, T, PTF, FICTICIA, FICTICIA\*PTF, FICTICIA2 Y FICTICIA2\*PIB (tabla 10).

T recoge la tendencia determinista de la media de PTF y PIB.

Dependent Variable: GDP  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/01/19 Time: 08:39  
 Sample: 1960 2018  
 Included observations: 59

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
FICTICIA	1583.066	720.7010	2.196564	0.0325
FICTICIA2	-1126.122	393.2862	-2.863365	0.0060
FICTICIA2*GDP	0.964743	0.356620	2.705242	0.0092
FICTICIA*PTF	-16.15712	7.331979	-2.203651	0.0320
PTF	-4.903671	1.341969	-3.654088	0.0006
T	24.04538	2.243399	10.71828	0.0000
C	417.5995	73.88153	5.652285	0.0000

R-squared	0.981917	Mean dependent var	665.2362
Adjusted R-squared	0.979830	S.D. dependent var	303.1965
S.E. of regression	43.05994	Akaike info criterion	10.47406
Sum squared resid	96416.22	Schwarz criterion	10.72054
Log likelihood	-301.9847	Hannan-Quinn criter.	10.57028
F-statistic	470.6011	Durbin-Watson stat	0.143578
Prob(F-statistic)	0.000000		

*Tabla 10.-Regresión que relaciona PIB y PTF a niveles con las correspondientes correcciones de los cambios estructurales.*

Con este modelo, encontramos que las variables ficticias son significativas. Una vez obtenido el modelo, obtenemos los residuos y realizamos nuevamente el análisis de cointegración (tabla 11).

Null Hypothesis: RESID03 has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 2 (Fixed)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-2.313035</b>	<b>0.0213</b>
Test critical values: 1% level	-2.606911	
5% level	-1.946764	
10% level	-1.613062	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(RESID03)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/06/19 Time: 18:12  
 Sample (adjusted): 1963 2018  
 Included observations: 56 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID03(-1)	-0.114238	0.049389	-2.313035	0.0246
D(RESID03(-1))	0.311552	0.130397	2.389252	0.0205
D(RESID03(-2))	0.221318	0.132263	1.673322	0.1002
R-squared	0.208020	Mean dependent var		-0.402258
Adjusted R-squared	0.178134	S.D. dependent var		15.55434
S.E. of regression	14.10107	Akaike info criterion		8.182462
Sum squared resid	10538.53	Schwarz criterion		8.290963
Log likelihood	-226.1089	Hannan-Quinn criter.		8.224528
Durbin-Watson stat	2.034685			

*Tabla 11.-Test aumentado de Dickey-Fuller del residuo de la regresión que relaciona PIB y PTF a niveles con la corrección de los cambios estructurales.*

Una vez solucionado el problema de autocorrelación, nuevamente mediante la introducción de un retardo adicional, observamos que el último retardo introducido no es significativo, lo que nos resulta indiferente ya que es preferible resolver la autocorrelación. Una vez dicho esto, podemos fijarnos en el estadístico de contraste. Buscamos el valor crítico en las tablas de Davinson y Mackinnon. (Mackinnon, 1990, pp.9). Introducimos  $m=2$ , nivel de significación = 5% e indicamos que ambas series tienen tendencia y que la regresión inicial tiene término constante. Obtenemos como valor crítico -3.78, por lo que nuestro estadístico de contraste se encontraría a la derecha, por lo que no rechazamos la hipótesis nula de no estacionariedad y por tanto podemos afirmar que los residuos tienen una raíz unitaria y no son estacionarios.

#### 4.5. Regresión final, en diferencias

A pesar de la introducción de variables ficticias, las series de PIB y PTF no cointegran por lo que concluimos que no se puede analizar su relación a largo plazo ya que no existe una situación de equilibrio hacia la que converjan. Por ello, vamos a analizar la relación a corto plazo de las diferencias de las variables, que son integradas de orden 0.

Dependent Variable: D(GDP)  
 Method: Least Squares  
 Date: 04/30/19 Time: 13:24  
 Sample (adjusted): 1961 2018  
 Included observations: 58 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PTF)	2.167639	1.677757	1.291986	0.2017
C	14.92752	2.795714	5.339430	0.0000
R-squared	0.028945	Mean dependent var		17.19560
Adjusted R-squared	0.011605	S.D. dependent var		16.66761
S.E. of regression	16.57062	Akaike info criterion		8.487013
Sum squared resid	15376.78	Schwarz criterion		8.558063
Log likelihood	-244.1234	Hannan-Quinn criter.		8.514689
F-statistic	1.669228	Durbin-Watson stat		0.576889
Prob(F-statistic)	0.201668			

*Tabla 12.-Regresión que relaciona las diferencias del PIB y de la PTF (relación a corto plazo).*

Esta regresión (tabla 12) no es espuria ya que ambas variables son integradas de orden 0. Debido a que el modelo presenta autocorrelación, y que esta sigue un esquema autorregresivo de orden 1, como podemos ver en su correlograma (o alternativamente en el test de Breusch Godfrey), introducimos un AR (1) en el modelo con el objetivo de solucionar el problema. Al no llegarse a corregir la autocorrelación introducimos retardos adicionales tanto en la variable dependiente como en la independiente con lo que finalmente llegaríamos al modelo final, sin autocorrelación (tabla 13):

Dependent Variable: D(GDP)  
 Method: ARMA Conditional Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)  
 Date: 04/30/19 Time: 13:23  
 Sample (adjusted): 1963 2018  
 Included observations: 56 after adjustments  
 Convergence achieved after 12 iterations  
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DGDP(-1)	0.289171	0.244876	1.180884	0.2431
D(PTF)	7.533973	1.707256	4.412913	0.0001
DPTF(-1)	-0.509808	2.644633	-0.192771	0.8479
C	6.798881	5.953423	1.142012	0.2588
AR(1)	0.678376	0.191428	3.543763	0.0009
R-squared	0.615268	Mean dependent var		17.12757
Adjusted R-squared	0.585093	S.D. dependent var		16.96230
S.E. of regression	10.92598	Akaike info criterion		7.705210
Sum squared resid	6088.230	Schwarz criterion		7.886044
Log likelihood	-210.7459	Hannan-Quinn criter.		7.775319
F-statistic	20.38992	Durbin-Watson stat		1.930471
Prob(F-statistic)	0.000000			

*Tabla 13.-Regresión que relaciona las diferencias del PIB y de la PTF (relación a corto plazo), corregido el problema de autocorrelación, modelo final.*

En este caso, la d de Durbin indica que el problema de autocorrelación se ha solucionado, por lo que este sería el modelo adecuado. Como vemos, la variable D(PTF) es significativa y el  $R^2$  es de 0.615, por lo que el modelo explica un 61.5 % de la variabilidad de la variable dependiente.

## 5. CONCLUSIONES ANÁLISIS ECONÓMÉRICO

El modelo final resultante es el de corto plazo, que relaciona las primeras diferencias del PIB con las primeras diferencias de la productividad total de los factores. Esto es así pese a lo predicho por la teoría de la macroeconomía convencional que postula una relación entre sendas variables a largo plazo, relación que empíricamente para el periodo de tiempo considerado y pese a haber añadido los cambios estructurales que han tenido lugar mediante la incorporación de variables ficticias demuestra ser finalmente espuria. Esto puede deberse a varios factores entre los que cabe mencionar alguna especificidad para la PTF en el caso de España y en su vinculación de esta con el PIB. Por ello, los crecimientos del PIB de España se deben a otros factores y este crecimiento es más cortoplacista y menos sostenible.

A continuación, analizaremos la evolución de la PTF y las variables que la determinan (productividad de los factores y del capital), comparándola con la de otros países con objeto de conocer de forma clara la particularidad a la que cabe atribuírsele la no cointegración entre PIB y PTF para el caso español. Esto lo haremos mediante un análisis gráfico y comparativo con otros países. Los datos los hemos obtenido de <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> y [http://ec.europa.eu/economy\\_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm](http://ec.europa.eu/economy_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm) (ver bibliografía).

## 6. CORRELACIÓN ENTRE AMBAS ESTUDIADA GRÁFICAMENTE

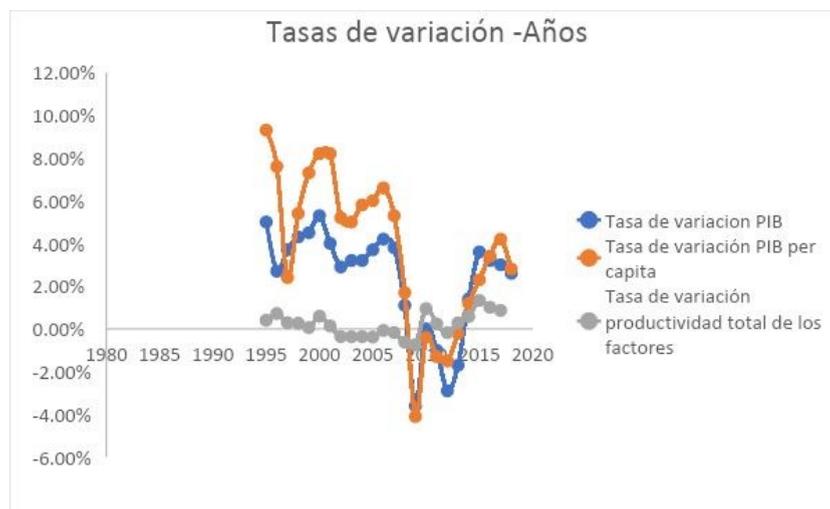


Gráfico 7.-Tasas de variación del PIB, PIB pc y la PTF.

En este gráfico (gráfico 6) observamos que las tasas de variación interanual de PIB y PIB pc se distancian entre 2000 y 2009 como fruto de un crecimiento demográfico derivado de la inmigración. A raíz de la crisis financiera sendas tasas experimentaron fuertes caídas a partir de 2007 y se puede inferir un cierto proceso de convergencia entre las tasas de crecimiento de PIB y PIB pc como consecuencia de la evolución demográfica y la emigración. Si bien el PIB pc no reviste un especial interés para nuestro análisis y solo se incluye debido a que las dinámicas poblacionales podrían desempeñar cierto papel en la evolución del PTF; sin embargo, no parece ser este el caso y por tanto la relación entre PIB y PIB pc con la PTF será análoga.

Es de rigor, sin embargo, señalar que el coeficiente de correlación entre PIB pc y PTF es ligeramente superior al que se da entre PIB y PTF (ver pág. 25). Esto, sin embargo, puede deberse al sesgo de utilizar series relativamente cortas (utilizamos para su cálculo datos desde el 1980) y no estrictamente a que haya una relación entre población y PTF.

En lo concerniente a la tasa de variación interanual de la productividad total de los factores observamos que presenta incrementos muy discretos, llegando a máximos de un 1,33% de incremento (del año 2014 al 2015) y una disminución máxima de un 0,74% (del año 2008 al 2009). Teniendo en cuenta los procesos de capitalización que ha experimentado la economía española (ver gráfico 18) en el período considerado estas tasas de incremento son bastante pobres.

En cuanto a la correlación entre el PIB (o PIB per cápita) y PTF observamos que en periodos de crecimiento el PIB crece porcentualmente mucho más que la PTF, lo que nos reafirmará en la idea de la no causalidad de ambas en el largo plazo, con incluso periodos con tasa de variación interanual del PIB positiva para una tasa de variación interanual de la PTF negativa.

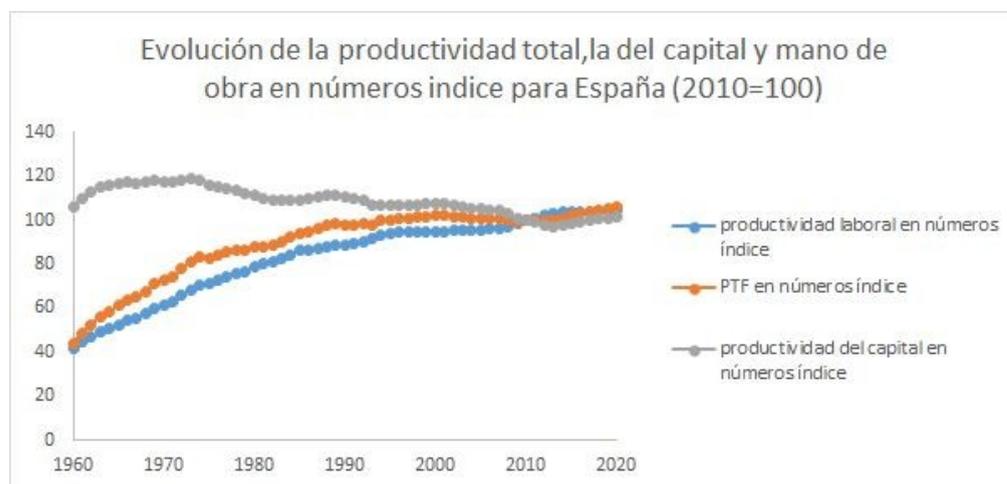


Gráfico 8.-Evolución de la productividad total de los factores, la productividad laboral y la productividad del capital en números índice.

A efectos de comprender la evolución de la productividad total de los factores conviene estudiar los dos factores de los que se compone; productividad laboral y del capital y si alguno de éstos presenta especificidades endémicas de España por las que la PTF pueda no cointegrar con el PIB.

Si bien la productividad total y la laboral aumentan tendencialmente en el periodo considerado la productividad del capital apenas lo hace para el caso español (gráfico 7) e incluso tiene una tendencia a disminuir lo que lastra considerablemente a la PTF, que resulta reseñable y si constituye una especificidad ya que no cumple la hipótesis de neutralidad de Harrod, de la que hablaremos posteriormente, en el apartado 7.4 del trabajo (Roy Harrod, 1939, pp.14-33).

Con respecto a la productividad total de los factores vemos que su crecimiento se aminora en buena medida al llegar a la década de los 90 y a partir de ahí apenas crece, mientras que el crecimiento del PIB no se atenúa hasta la crisis en 2008 (ver gráfico 8). Esto nos puede dar una idea de la no correlación entre ambas variables. Sin embargo, estos cambios estructurales los recogimos con sendas variables ficticias así que no deberían constituir un óbice para la no cointegración entre las dos variables.



Gráfico 9.-Evolución del PIB español en millones de euros.

Tal y como podemos ver en el gráfico 8, efectivamente el PIB español ha experimentado un crecimiento constante cuya tendencia prácticamente solo se ha visto cortada por sendas crisis; la crisis del 1993, a raíz del estallido de la burbuja inmobiliaria japonesa y las tensiones en el mercado petrolífero (aun así, no constituye este un cambio importante como para que afecte a la relación entre PIB y PTF) y la reciente crisis financiera del 2008, a raíz de la llamada crisis de las hipotecas subprime en EE. UU.

A continuación, calculamos el coeficiente de correlación entre sendas variables, relacionándolas con números índice y graficamos la relación entre ambas. Cabe destacar que, aunque el coeficiente de correlación fuera de 1 (relación perfecta) y el  $R^2$  fuera también de la unidad, dado que no cointegran ambas variables la relación entre ambas no sería consecuencia de una relación causal si no casual. De tal forma, el coeficiente de correlación y los gráficos se deben tomar a título meramente descriptivo de la relación entre ambas variables. El coeficiente en cuestión es:

$$\rho = 0,744$$

Vemos que el coeficiente de correlación de Pearson entre PIB y PTF es relativamente alto (cercano a uno) lo que implica que, aunque no haya relación causal entre ambas, la evolución de sendas variables es, hasta cierto punto, pareja.

En cuanto al coeficiente de correlación entre el PIB per cápita y la PTF es ligeramente mayor, aunque esto podría ser debido al sesgo de utilizar series relativamente cortas;

$$\rho = 0,784$$

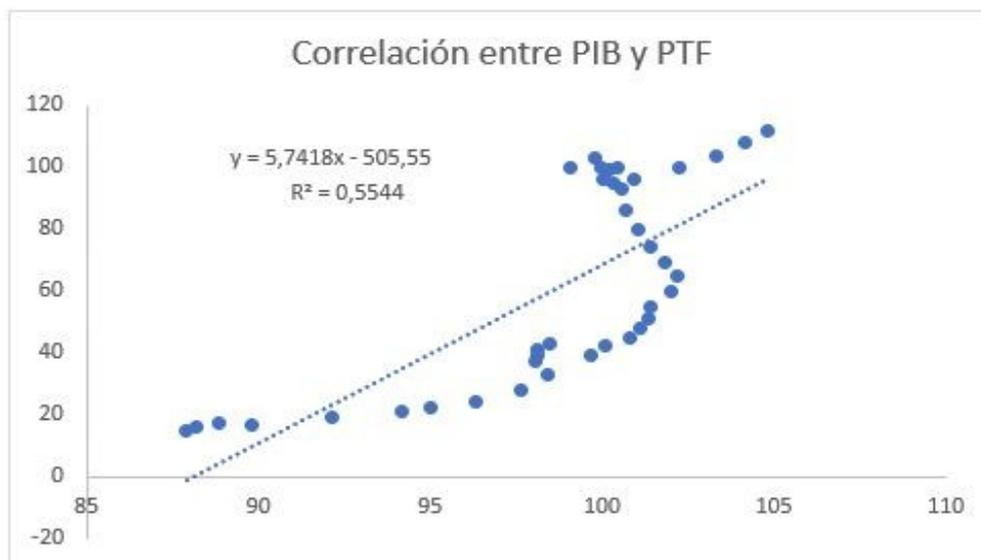


Gráfico 10.-PIB frente a PTF mediante el ajuste a una función lineal.

Tal y como se puede observar en el gráfico 9, la relación lineal entre ambas variables tiene un  $R^2$  muy bajo y parece ajustarse más a un esquema exponencial (gráfico 10)

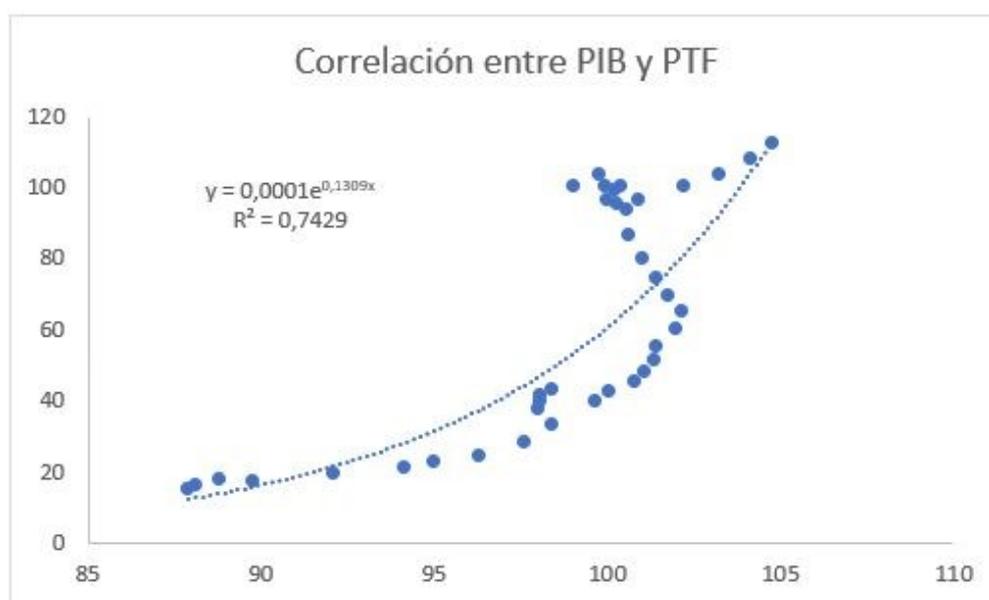


Gráfico 11.-PIB frente a PTF mediante el ajuste a una función exponencial.

A pesar de que tiene un  $R^2$  relativamente alto, la relación entre ambas variables es espuria a largo plazo por lo que no cabe atribuirle ninguna capacidad de predicción o relación causal. Cabe reseñar también ciertas secciones en las que pese a disminuir la PTF (variable en las abscisas) aumenta el PIB (variable en ordenadas).

## 7. COMPARACIÓN CON EL CONTEXTO EUROPEO Y MUNDIAL

Como habíamos anticipado ahora compararemos la evolución del PIB y la PTF, así como las variables que la determinan (tanto productividad del trabajo como del capital) a efectos de encontrar particularidades para el caso español que justifiquen la no cointegración entre sendas variables.

### 7.1. Análisis del producto interior bruto y el producto interior bruto per cápita



Gráfico 12.-Comparación de las tasas de variación del PIB de la zona euro y la española.



Gráfico 13.-Comparación de las tasas de variación del PIB per cápita de la zona euro y la española.

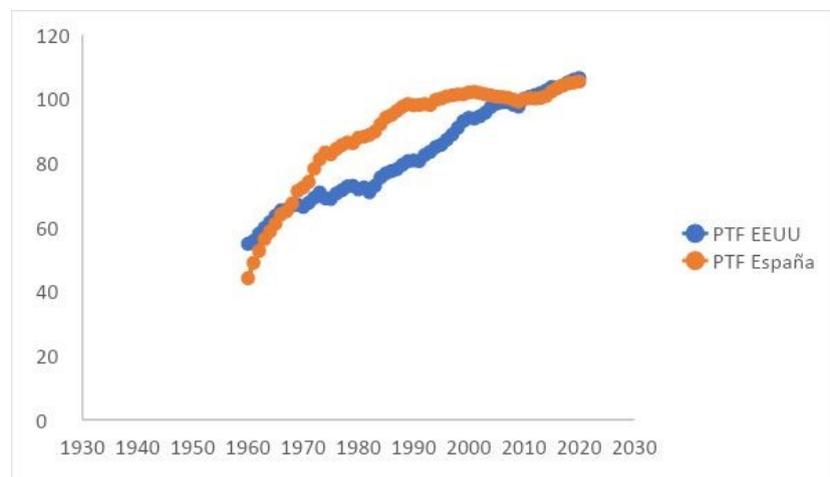
En estos dos gráficos (gráficos 11 y 12) podemos ver las tasas de crecimiento interanual del PIB pc y del PIB comparativamente con las tasas de la zona euro; España estaba en un proceso de convergencia con respecto a la zona Euro acreditado por unas tasas de crecimiento interanual más alto.

La crisis, sin embargo, pone freno a esta tendencia; de lo que podemos deducir, que afectó en mayor medida a la economía española que a la media de las economías de la zona euro. En los últimos años, a partir de 2015 este proceso de convergencia parece haberse retomado, si bien no con la fuerza de anteriores periodos.

Esta convergencia se daría a un ritmo superior de no ser por los pobres incrementos en productividad durante todo el periodo considerado, que contrastan con los elevados niveles de formación bruta de capital, como veremos en los gráficos a continuación (apartado 7.4)

Por tanto, podemos decir que, en líneas generales ni el PIB ni el PIB pc evoluciona de una forma anómala con respecto a su contexto europeo (evoluciona de hecho a tasas de variación interanuales mayores que la media) y por tanto no encontramos aquí una particularidad como si encontráramos en la evolución de la productividad total de los factores, tanto en la productividad del trabajo (apartado 7.3) como en la productividad del capital (apartado 7.4).

## 7.2. Análisis de la productividad total de los factores



*Gráfico 14.-Comparación de la evolución de la PTF de EE. UU. con la de España, ambas en números índice.*

Si comparamos la evolución de las PTF de España y EE. UU. en números índice (gráfico 13) observamos un cierto proceso de convergencia (habida cuenta de que ambos valores están referenciados sobre su respectivo valor en 2010, que en el caso de EE. UU. es mayor), que se ve atenuado progresivamente hasta que a partir de 1990 apenas si progresa mientras que la tendencia para el caso de EE. UU. es más o menos constante.

EE. UU. tiene una forma lineal mientras que otro se aproxima más a una tendencia logarítmica para el caso de España.

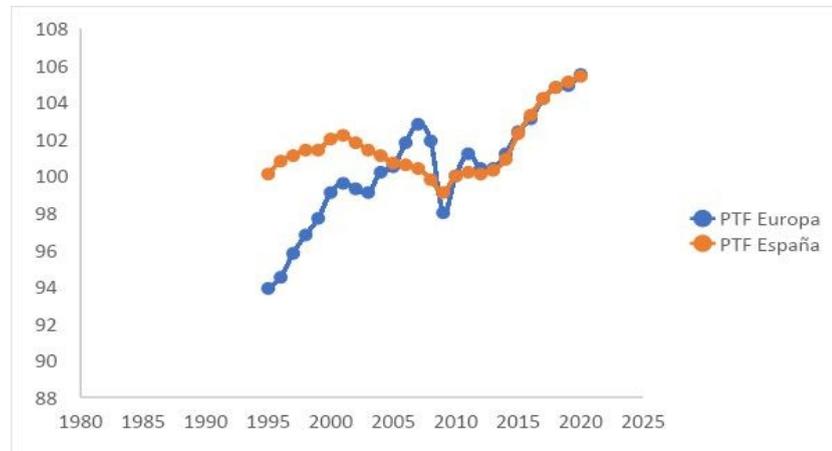


Gráfico 15.-Comparación de la evolución de la PTF de la zona euro con la de España, ambas en números índice.

En el gráfico 14 observamos que también presenta discrepancias con respecto a la zona euro que, si bien a raíz de la crisis ambas tendencias se igualan, con anterioridad a ésta la PTF de la zona Euro creció a un ritmo notablemente mayor.



Gráfico 16.-Comparación de las tasas de variación la PTF de España con la de la zona euro.

Para profundizar en la comparación podemos, también en este caso comparar las tasas de variación interanuales.

De este gráfico (gráfico 15) se infiere que, en general las tasas de incremento de la productividad total de los factores en España son menores que las de la zona euro. Si bien la crisis (sobre todo en sus primeros compases) afectó en mayor medida a la zona euro, llegando incluso a tasas del -3,86% entre el año 2008 y el 2009, mientras que para España esa tasa interanual fue del -0,74%; pese a padecer España en mayor medida la crisis que su entorno, esto no debería sorprendernos demasiado, ya que muchas veces la productividad se incrementa como una consecuencia de la destrucción de empleo.

Así pues, para el caso de España tenemos tasas de variaciones interanuales del PIB y el PIB pc que están por encima de la media, pero sin embargo tasas de variación de la PTF por debajo de la media de la zona euro. Lo que nos podría llevar a pensar que el crecimiento del PIB podría no sustentarse en gran medida en crecimientos sostenidos de la productividad total de los factores se basaría en mayor medida en otros factores, tales como las exportaciones realizadas.

A continuación, estudiaremos la productividad del trabajo y del capital para comprender en mayor medida estas particularidades de la PTF.

### 7.3. Análisis de la productividad del trabajo



Gráfico 17.-Comparación de las tasas de variación la productividad del trabajo de España con la de la zona euro.

El gráfico de las tasas de variación de la productividad del trabajo para España y la Zona Euro (gráfico 16) arroja conclusiones similares al anterior (apartado 7.2), estando la productividad del trabajo de España por debajo de la de la zona Euro para todo el periodo considerado salvo el inicio de la crisis, entre 2007 y 2008 la productividad del trabajo disminuye en un 2,7% mientras que para España aumenta en un 2,83%.

Para el caso de la productividad laboral y la forma en la que ésta afecta a la PTF para el caso español si tenemos una cierta particularidad. Esta es, que los incrementos en la productividad laboral pueden no verse traducidos en incrementos tan agudos de la PTF debido a un cambio en la composición del capital humano muy acusado para el caso de España.

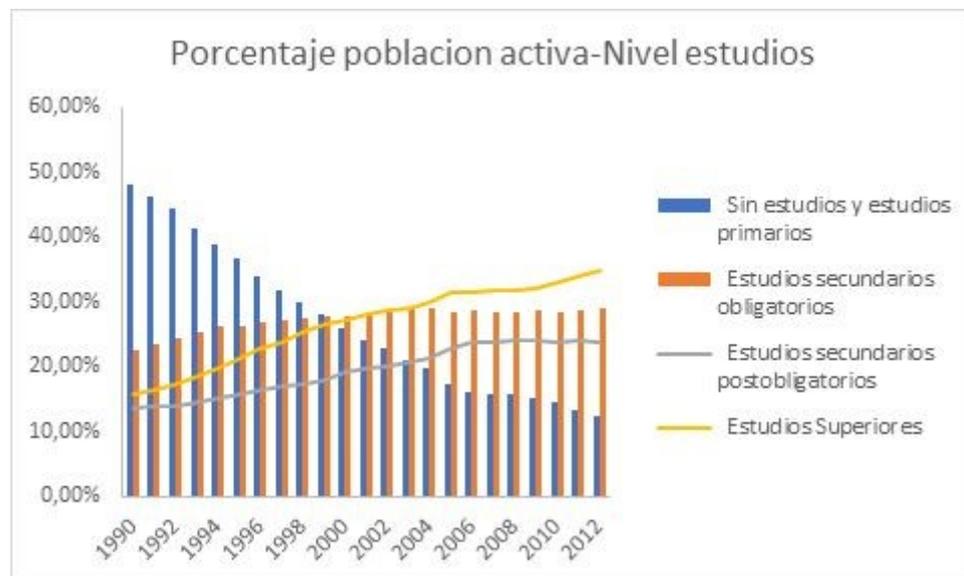


Gráfico 18.-Gráfico de barras acumulativo con los estudios de la población española.

Tal y como podemos ver en el gráfico de 17, a lo largo de los últimos 15 años la composición de la mano de obra ha experimentado un cambio ostensible, disminuyendo drásticamente el porcentaje de población sin estudios y con estudios primarios en favor de estudios secundarios y superiores (especialmente estos últimos, incrementándose notablemente el porcentaje de población activa con un título universitario).

Una vez incorporamos el incremento en la productividad ligado al incremento en los salarios debidos a un mayor nivel de estudios, los aumentos en la productividad sufren un menoscabo, llegando incluso al estancamiento en el caso de la productividad por trabajador si se pasa a considerar el incremento en la calidad por horas de trabajo, tal y como podemos comprobar en el gráfico 18.

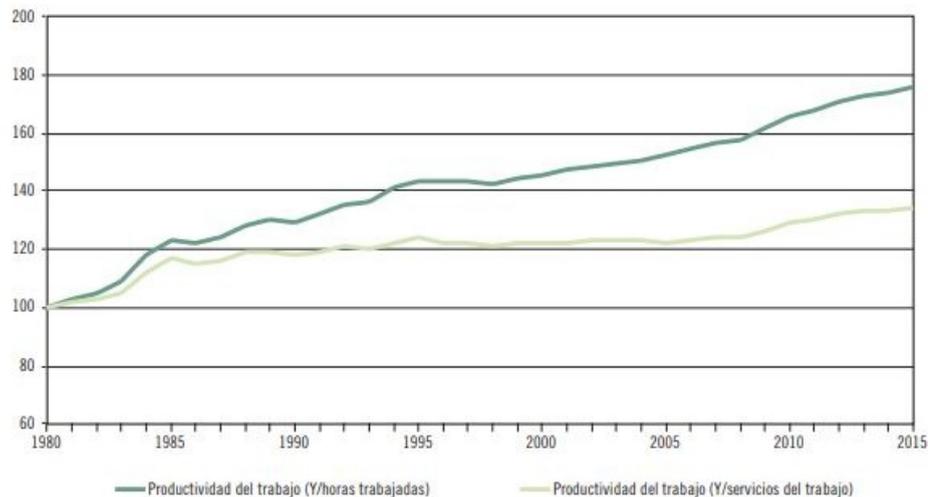
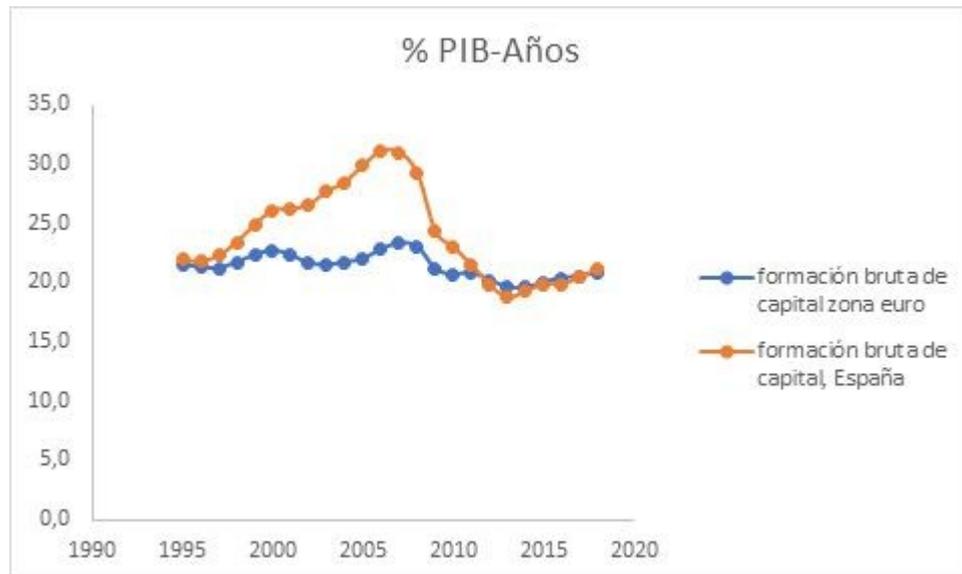


Gráfico 19.-Productividad del trabajo en números índice (1980=100) una vez se incorporan los incrementos salariales y sin incorporarlos.

Fuente del gráfico→ (Serrano Martínez, Pérez García & Mas Ivars, 2017, pp.71).

#### 7.4. Análisis de la productividad del capital y formación bruta de capital

De acuerdo con los conocimientos de economía ortodoxa, avalados por el modelo de crecimiento de Solow (Robert Solow & Trevor Swan, 1956, pp.65) que utiliza para su desarrollo la mencionada función de producción de Cobb-Douglas, estos elevados niveles de formación bruta de capital deberían traducirse en una mayor dotación de capital por trabajador lo que a su vez debería conllevar una mayor productividad de la que figura en los datos (cuyos incrementos parecen demasiado exiguos en comparación con la inversión en formación bruta de capital, que sobrepasa por mucho la media de la zona euro tal y como podemos observar en el gráfico 19).



*Gráfico 20.-Inversión en formación bruta de capital como % del PIB para España y para la media de la zona euro a lo largo del tiempo.*

Esta discrepancia podemos explicarla mediante una menor eficiencia en el uso de los recursos disponibles de la que sería deseable o mediante otro factor, como podría ser un cambio en la composición del capital o del trabajo, que hace que, en la función de Cobb-Douglas que hemos mencionado con anterioridad, el progreso técnico se incorpore a los factores, en vez de al progreso técnico no incorporado. De esta forma, el progreso técnico no incorporado que viene recogido por este factor y consecuentemente, la PTF se reduciría; este sería el caso de los cambios en la composición del capital humano que hemos estudiado en el apartado 7.3. Así mismo podría ser que los incrementos en la productividad laboral se vieran compensados, en parte, por disminuciones en la productividad del capital (como veremos qué es también el caso de España)



*Gráfico 21.-Ajuste lineal de la productividad del capital para España.*

En cuanto a la productividad del capital, vemos que su evolución deja bastante que desear, siendo tendencialmente decreciente (tal y como se verifica la recta de ajuste del gráfico del gráfico 20). Este comportamiento difiere del que vaticina la hipótesis del progreso técnico neutral de Harrod, según la cual la productividad del capital debería ser constante (Roy Harrod, 1939, pp.14-33). La línea de ajuste por tanto no debería tener pendiente para series largas como la del gráfico 20. Es esta tendencia decreciente de la productividad del capital la que hace que la evolución de la productividad total de los factores y la de la productividad del trabajo difieran tal y como observamos en el gráfico.

De la expresión de la función de producción de Cobb-Douglas, la PTF puede expresarse equivalentemente como el producto de las productividades del trabajo y del capital elevadas a sus respectivas participaciones en la renta, a partir de ahí tomando logaritmos y derivando:

$$Y = AK^\alpha L^\beta \rightarrow A = \left(\frac{Y}{L}\right)^\alpha \left(\frac{Y}{K}\right)^\beta \rightarrow \Delta \ln A = \alpha \Delta \ln \frac{Y}{L} + \beta \Delta \ln \frac{Y}{K} \quad (2)$$

De tal forma que, si la productividad del capital resulta ser constante a lo largo del tiempo, la evolución de la productividad total de los factores  $\Delta \ln(A)$  dependerá únicamente de la evolución de la productividad de la mano de obra a lo largo del tiempo, recogida en este término  $\alpha * \Delta \ln(A)$ .

De ser constante, tal y como predice la hipótesis de neutralidad de Harrod la evolución de la productividad total de los factores se superpondría a la de la evolución de la productividad del trabajo.

Esto es lo que sucede para la media de la eurozona, lo que nos da idea de que es éste un comportamiento anómalo de España con respecto a su entorno, que podría ser una de las causas de la no cointegración y de la baja productividad total de los factores.

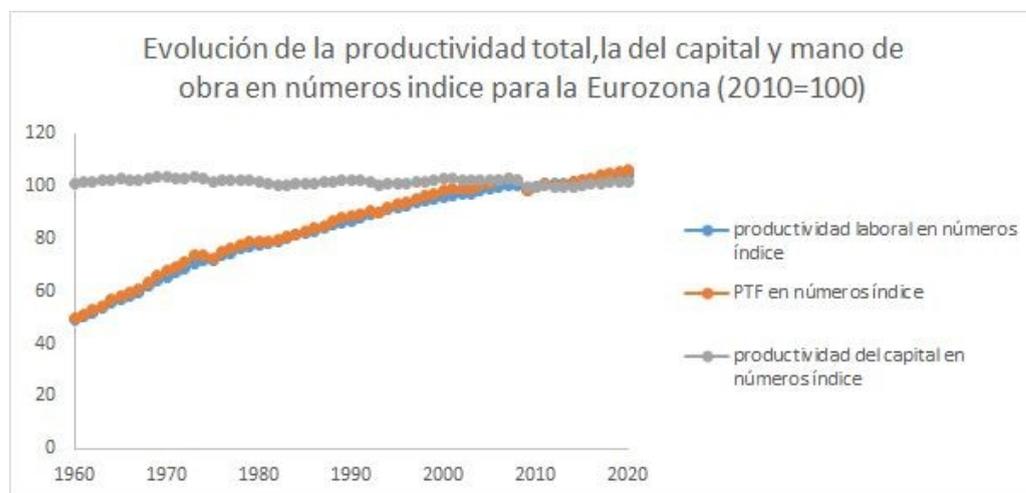


Gráfico 22.-Evolución de la productividad total de los factores, la productividad laboral y productividad del capital para la Eurozona en números índice.

Tal y como podemos ver en el gráfico del gráfico 21, efectivamente, la evolución de la productividad total prácticamente se superpone a la evolución de la productividad de la mano de obra, en contraposición con el caso de España (ver gráfico en el gráfico 7).

Asimismo, la pendiente ajustada de la evolución de la productividad del capital es prácticamente nula, esto es así debido al comportamiento de algunas economías fuertes en el seno del marco europeo.

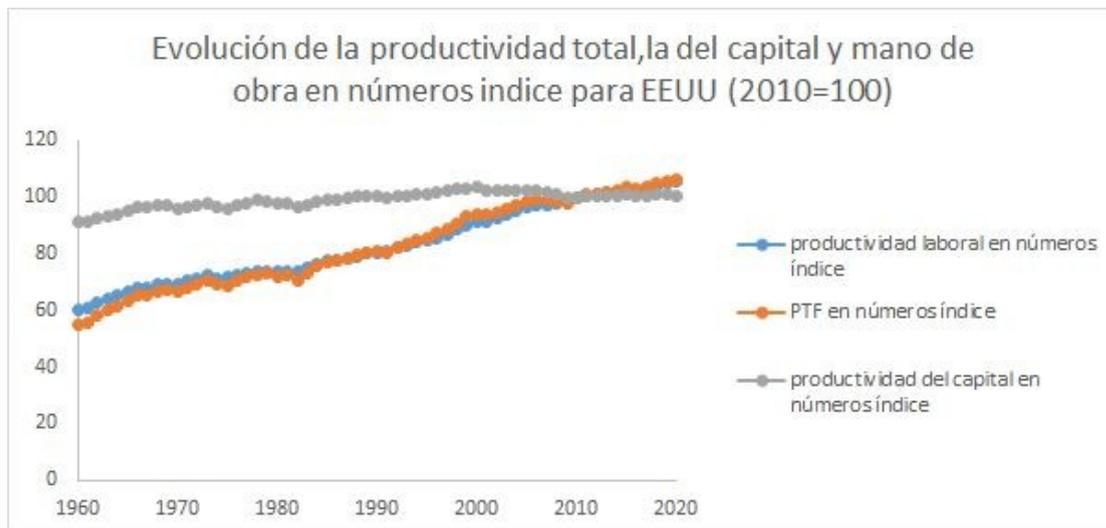


Gráfico 23.-Evolución de la productividad total de los factores, la productividad laboral y productividad del capital para EE. UU. en números índice.

Similar es el caso de EE. UU. (gráfico 22), en el que la productividad total de los factores no difiere mucho de la productividad laboral.



Gráfico 24.-Ajuste lineal de la productividad del capital para EE. UU.

En este caso, la productividad del capital sigue una evolución creciente con una pendiente ligeramente positiva de la recta de ajuste (gráfico 23), lo que implica que tampoco cumple la hipótesis del progreso técnico neutral de Harrod, pero es favorable para su economía ya que se traduce en mayores incrementos en la productividad total de los factores, más allá de aquellos que son debidos a incrementos en la productividad laboral.

Por tanto, esto también constituye una particularidad para el caso español que podría justificar la no cointegración entre PTF y PIB y los bajos incrementos de la PTF para el caso español ya que la productividad del capital perjudica a su PTF en mayor medida que al resto de países de su entorno.

## **8. RESUMEN DE LAS PARTICULARIDADES PARA EL CASO ESPAÑOL**

Acerca de las particularidades del modelo de crecimiento español y teniendo estas por posible causa de la no cointegración entre el PIB y la PTF, como sí sucede en otros países podríamos apuntar a los escasos incrementos en la PTF en comparación con otros países y comparándolo con su propio crecimiento del PIB del que cabría esperar una evolución de la PTF más acorde.

Sobre los factores que influyen en la evolución de la PTF tendríamos por particularidad una evolución decreciente de la productividad del capital (que contraviene la hipótesis de neutralidad del progreso técnico de Harrod), así mismo la productividad laboral no se traduce en mayores incrementos de la PTF debido a los cambios que ha experimentado el país en materia de formación del capital humano.

En definitiva, podemos apuntar, entre otras causas, a los modestos incrementos en la productividad del capital y del trabajo y conjuntamente en la productividad total de los factores como razón de que la PTF y el PIB español no estén más estrechamente correlacionadas y no cointegren o haya una relación a largo plazo entre sendas variables.

También podría deberse a razones estructurales que hacen que el crecimiento del PIB se cimiente más en otros factores obviando la PTF, pero la razón última de esto sería nuevamente los modestos incrementos en las productividades que no permiten un crecimiento a largo plazo en el PIB.

### **8.1. Posibles causas de los modestos incrementos en las dos productividades**

Ahora bien, cabría preguntarse cuáles son los factores que afectan a la productividad del capital y de la mano de obra, a efectos de entender mejor este estancamiento en la PTF.

Entre las causas que están detrás de los moderados incrementos en la productividad del trabajo puede estar o bien el sistema educativo, o las empresas contratantes de capital humano o el mercado laboral en sí.

En cuanto a la tendencia a la disminución en la productividad del capital para la economía española cabe atribuirse a:

- “H.1: La productividad del capital descende porque la intensidad de la inversión inmobiliaria (en particular residencial) ha reducido la inversión en otros activos y su peso en el capital productivo.”
- H.2: La productividad del capital descende porque ha existido sobreinversión improductiva en activos inmobiliarios no residenciales (naves, locales comerciales, infraestructuras) en muchos sectores, a consecuencia de que los procesos de acumulación en estos activos han estado guiados con frecuencia por la rentabilidad a corto y no por la productividad.

- H.3: La productividad de los capitales es baja porque la composición del tejido productivo no favorece su aprovechamiento, debido al excesivo peso de los sectores tradicionales, el escaso peso de las empresas de tamaño grande, la importancia de las microempresas y la baja inversión en activos.”

(Serrano Martínez, Pérez García & Mas Ivars, 2017, pp.81).

## **8.2. Posibles soluciones**

Posibles soluciones a la baja productividad total de los factores, incidiendo tanto en el estancamiento en la productividad del trabajo como en la tendencia a la disminución en la productividad del capital podrían tomarse medidas centradas en mejorar la asignación de las inversiones que efectúan las empresas, como, por ejemplo:

- Mejorar la gestión de las empresas, tratando de incentivar una perspectiva más a largo plazo que la actual y no la rentabilidad a corto que puede incidir negativamente sobre la productividad de los capitales.
- Mejorar la información disponible para la ejecución de las diferentes decisiones de inversión, premiando las buenas prácticas en este ámbito de forma que se dé un proceso de retroalimentación positivo entre ellas.

En cuanto al incremento en la productividad laboral, estas medidas de ser implementadas contribuirían a incrementar la calidad del capital humano:

- Tratar de disminuir las tasas de abandono escolar en fases tempranas mediante el establecimiento de incentivos adecuados

para cada uno de los participantes en el proceso educativo; aumentar la alerta temprana de estos estudiantes, susceptibles de abandonar los estudios; e incrementar en líneas generales el atractivo de los estudios (sobre todo los vocacionales) así como fomentar la competencia entre diferentes centros educativos.

- Reforma de la educación universitaria, vinculándola más con el sector productivo y revisando el número de titulaciones existentes y la duración de estas.
- Dotar de un mayor presupuesto a los programas que están ya vigentes para el apoyo educativo en fases tempranas y una mayor efectividad y eficacia en sus acciones sobre los diferentes colectivos
- Incrementar la calidad de la educación aumentando el gasto por estudiante y mejorar la formación del profesorado implementando un sistema de formación continuo que les permita satisfacer las necesidades de las empresas y del mercado de trabajo y asimismo la impartición de materias con más interés para las empresas contratantes.

Si estas soluciones se llevaran a cabo con gran probabilidad la productividad total de los factores, así como la laboral y la del capital se verían incrementados y eso garantizaría incrementos mayores en el PIB, así como una relación más estrecha entre PIB y PTF, que podrían llegar a cointegrar y por la misma razón un crecimiento más sostenido en el tiempo y menos coyuntural.

## 9. CONCLUSIONES

1. Pese a lo predicho por la macroeconomía convencional y que a priori podría preverse lo contrario PIB y PTF no cointegran para el caso español, eso equivale a decir que no se puede establecer una relación causal entre ambas a largo plazo. Pese a ello mediante un análisis econométrico llegamos a la conclusión de que un modelo que relacione las diferencias de ambas variables sí tiene un buen poder descriptivo y predictivo.
2. Las razones de la no cointegración pueden ser la diferencia entre el crecimiento del PIB para el caso español comparativamente con su PTF. Esto es así para el mismo país y comparando sendas medidas con otros países de su entorno, por esa razón el crecimiento en el PIB se cimienta en otras razones al margen de la PTF, como pueden ser las exportaciones.
3. Esto constituye en sí un factor negativo ya que el crecimiento que no se sustenta en incrementos sostenidos de la PTF (como es el caso de EEUU, por ejemplo) tiende a ser más coyuntural y más cortoplacista. Por tanto, sería de interés tomar las medidas listadas en 8.2(posibles soluciones) para atajar los bajos incrementos en las productividades para el caso español.
4. A su vez estos escasos incrementos en la PTF se fundamentan, entre otras razones, en una productividad del capital decreciente para el caso español, que contrasta con la del resto de países de su entorno y en una productividad laboral en buen grado deficiente y que lo es en mayor medida debido a los cambios en la formación del capital humano que han tenido lugar las últimas décadas.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cobb, C.W. and P.H. Douglas (1928). A Theory of Production. American Economic Review 18 (supplement): 139-165.

Database-Eurostat. (2019). Disponible en <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> [consulta:29/05/2019].

Dornbusch, R., Fischer, S., & Startz, R. (2010). Macroeconomía. Milano: McGraw-Hill.

Engle, R., & Granger, C. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251. doi: 10.2307/1913236

EUROPA - Economic and Financial Affairs - Indicators -AMECO database. (2019). Disponible en [http://ec.europa.eu/economy\\_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm](http://ec.europa.eu/economy_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm) [consulta: 29/05/2019].

Glossary-OECD. (2019). Disponible en <http://www.oecd.org/governance/publicationsdocuments/glossary/> [consulta:29/05/2019].

Granger, C. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal Of Econometrics*, 16(1), 121-130. doi: 10.1016/0304-4076(81)90079-8

Granger, C., & Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal Of Econometrics*, 2(2), 111-120. doi: 10.1016/0304-4076(74)90034-7

Harrod, R. (1939). An Essay in Dynamic Theory. *The Economic Journal*, 49(193), 14. doi: 10.2307/2225181

INEbase / Lista completa de operaciones. (2019). Disponible en <https://www.ine.es/dyngs/INEbase/listaoperaciones.htm> [consulta: 29/05/2019]

Kuznets, S. (1934). National Income, 1929-1932 | FRASER | St. Louis Fed. Disponible en <https://fraser.stlouisfed.org/title/971> [consulta: 29/05/2019]

Mackinnon, J. (1990). Critical values for cointegration tests. La Jolla, Calif.: Department of Economics, University of California.

Nelson, C., & Plosser, C. (1982). Trends and random walks in macroeconomic time series. *Journal Of Monetary Economics*, 10(2), 139-162. doi: 10.1016/0304-3932(82)90012-5

Schreyer, P. (2001). *Measuring productivity*. Paris: OECD.

Serrano Martínez, L., Pérez García, F., & Mas Ivars, M. (2017). *Acumulación y productividad del capital en España y sus comunidades autónomas en el siglo XXI*. Bilbao: Fundación BBVA.

Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal Of Economics*, 70(1), 65. doi: 10.2307/1884513