

El Impacto del Covid-19 en el Crecimiento y la Productividad

Covid -19 Shock, in Growth and Productivity

Ángel Francisco GUTIÉRREZ ABAD

Universidad Nacional de Educación a Distancia

agutierre1071@alumno.uned.es

Recepción: Enero 2021

Aceptación: Marzo 2021

RESUMEN

El propósito del presente documento es analizar el crecimiento económico y el modelo productivo, debido a la impactante repercusión de la pandemia Covid-19. La primera parte se refiere a los principios de la teoría neoclásica del crecimiento exógeno, como marco teórico. El estudio pone el foco en los modelos de Cobb-Douglas y Solow-Swan, incorporando las infraestructuras al modelo productivo. La segunda parte trata del análisis empírico y la contrastación del modelo explicativo, en base a series temporales de Producto Interior Bruto, Formación Bruta de Capital Fijo, y Población Activa. Una tercera y última parte, somete a discusión los resultados obtenidos y expone las conclusiones.

Palabras clave: Productividad, Crecimiento, Capital, Infraestructuras.

Clasificación JEL: E13, E23.

ABSTRACT

The purpose of this document is the analysis of the economic growth and the productive model, due to the shock of the Covid-19 pandemic. The first part refers to the principles of the neoclassical theory of exogenous growth, as theoretical framework. This framework has focused on the Solow-Swan and Cobb-Douglas models, including infrastructures in the productive model. The Second part refers to the empirical analysis for checking of the explanatory model. It is supported by time series of Gross Domestic Product, Gross Formation of Fixed Capital, and Labour Force. The third and last part debates the results obtained and presents conclusions.

Keywords: Productivity, Economic Growth, Capital, Infrastructure.

JEL Classification: E13, E23.



1. MARCO CONTEXTUAL

No resulta difícil identificar el momento histórico que atravesamos después de casi un año de la pandemia Covid-19. Una contracción de la economía mundial en torno a un 5,2% en 2020, según Ayhan Kose director del Grupo de Perspectivas, en la edición de junio de 2020 del informe Perspectivas económicas mundiales del Banco Mundial, *“la peor recesión desde la Segunda Guerra Mundial, y la primera vez desde 1870 en que tantas economías experimentarían una disminución del producto per cápita”*. Las estimaciones del último informe de la OCDE (2020) *Economic Outlook*, no son mucho más optimistas. Las tasas reales de PIB para los próximos años (susceptibles de modificación) en la Unión europea, son un -7,5% en 2020, un 3,6% en 2021 y un 3,3% en 2022, lo que significa que el rendimiento total¹ sería de -1,03% no superando el 1,3% alcanzado en 2019. La propia Comisión Europea advierte según el vicepresidente ejecutivo del Colegio de Comisarios, Valdis Dombrovskis, *“la pandemia está desatando una incertidumbre aún mayor, truncando nuestras esperanzas de un rápido repunte. La producción económica de la EU no volverá a los niveles anteriores a la pandemia de aquí a 2022”*. La tasa de desempleo en la Unión Europea es previsible aumente hasta el 8,6% en 2021, y solo en 2022 será posible una reducción hasta el 8,0% (8,9% en la zona euro). La recuperación hasta alcanzar niveles previos a la crisis sanitaria será lenta hasta el año 2023 y la pérdida de empleos, seguirá aumentando durante 2021, hasta poder recuperar la actividad económica, conforme se levanten las restricciones impuestas. En este contexto la Unión Europea ha adoptado en sus propias palabras *“el mayor paquete de estímulo jamás financiado”, mediante un instrumento temporal, por importe de 1,8 billones para contribuir a la recuperación europea²*.

121

La influencia del crecimiento en el bienestar social y la creación de riqueza es incuestionable, ya la vista de esta realidad cabe preguntarse cómo se verá afectado nuestro crecimiento futuro. Estos interrogantes que debemos hacernos, ¿por qué algunas economías se recuperan con mayor facilidad que otras?, ¿cómo impulsar el crecimiento económico?, ¿es posible transformar una economía en otra distinta?, infieren una variedad de respuestas, como pueden ser el desarrollo tecnológico, la cualificación laboral, el entorno político, la seguridad jurídica, las infraestructuras, etc., que nos muestran en definitiva la complejidad del análisis y la necesidad algunas simplificaciones y abstracciones que llamaremos modelo. En consecuencia, el propósito del documento es comprender la naturaleza del shock económico, sus causas y su devastador efecto sobre la actividad económica. Utilizando las palabras de Robert Lucas Jr. (Lucas, 1988): *“Las consecuencias que este tipo de cuestiones entrañan para el bienestar humano son sencillamente estremecedoras y una vez que uno comienza a pensar en ellas resulta difícil pensar en cualquier otra cosa”*.

2. MARCO CONCEPTUAL

El estudio del crecimiento económico no es algo nuevo, es sin duda una de las disciplinas más estudiadas a lo largo de la historia. Desde que Adam Smith (Smith, 1776) publicara su obra, *La riqueza de las naciones*, investigadores y pensadores han prestado especial dedicación e interés por este ámbito del conocimiento. Alcanzó un notable desarrollo con la formulación sencilla y práctica de Paul Douglas y Charles Cobb (Cobb-Douglas, 1928). Esto permitió el desarrollo de las nuevas teorías neoclásicas, en la segunda mitad del siglo XX, en particular el modelo de Solow–Swan (Solow, 1956). A partir de ese momento se generó una extraordinaria complejidad matemática de los modelos desarrollados, induciendo un sin fin de sofismas, alejados de la realidad observada.

2.1 Los factores de producción

Empezaremos por mostrar los principios, en los que se sustenta la mayor parte de la economía clásica. En la teoría económica clásica, se consideran tres factores fundamentales, Tierra, Capital y Trabajo. La Tierra hace referencia a las rentas generadas del derecho de propiedad o recursos naturales incluidos sobre ella. Este factor, no será aquí, objeto de este estudio, pero en su lugar introduciremos otro factor, el tecnológico, en línea con la teoría neoclásica.

El factor trabajo, representa las horas trabajadas, por una cantidad de trabajadores durante un periodo temporal. Este enfoque permite, considerar la capacidad productiva, durante un periodo, aunque una parte de ella incluso, empleada, pudiera estar inactiva.

El factor Capital se refiere a la cantidad de recursos materiales destinados a producir. Este término es tan extenso como controvertido, y aunque algunos autores lo consideran en sentido amplio, (Económico, Humano, Tecnológico, etc.) aquí lo utilizaremos, solo referido a los bienes materiales, públicos o privados, acumulables en un stock, bien sea por nueva adquisición, sustitución, o reparación. Autores como Barro (Barro, 1990) consideran el gasto público como parte del flujo productivo, que, aun afectando directamente en un instante a la producción, no son acumulables. Para no complicar la exposición consideraremos el Capital solo en la forma señalada, como un stock material independiente de la tecnología aplicada y del trabajo.

El factor tecnológico, está basado en el conocimiento o tecnología empleada, es un intangible y tiene una dependencia temporal. Un claro ejemplo fue el desarrollo computacional, el cual se tradujo en un notable aumento de la producción, permitiendo un cambio en la producción y automatización de la industria. Este progreso tecnológico varía con el tiempo, pero en periodos relativamente cortos, podemos considerarlo constante sin demasiado error. La diferencia principal entre este factor y los anteriores, consiste en la posibilidad de utilizar la misma tecnología para producir de forma simultánea. Este concepto determina la forma en que se aplican los factores en términos



de rivalidad, al ser utilizado en procesos de producción simultáneos (Sala-i-Martin, 2000). No obstante, este factor es considerado un punto débil en el modelo, porque precisamente el modelo trata de explicar el crecimiento, a través de un factor que no es explicado por el propio modelo (exógeno). Es decir, la renta que se genera se distribuye entre Capital y Trabajo, pero no remunera la tecnología. A pesar de esta crítica, es una métrica de alto valor, porque permite comparar la producción total de los factores.

2.2 La función de Producción

Una función de producción, es una relación entre un conjunto de factores productivos (inputs), y un conjunto de productos (outputs), que en lenguaje matemático lo podemos expresar de la siguiente manera $(Y_1, Y_2, \dots, Y_i) = F(X_1, X_2, \dots, X_i)$. En el caso particular de que el producto tenga una única dimensión, como es nuestro caso, representada por Y , la función de un número determinado de factores X , es tal que $Y = F(X_1, X_2, \dots, X_i)$. Aunque existe una gran variedad de funciones que relacionan factores y producción, algunas de extraordinaria complejidad matemática, no por ello aportan mayor validez al modelo, así que centraremos el estudio en una función sencilla tal que,

$$F(K, L) = A \cdot K^\alpha \cdot L^\phi, \text{ donde } \phi = (1 - \alpha).$$

123

Esta función de producción solo depende de los tres factores principales mencionados, Capital (K), Trabajo (L), y tecnología (A). La función ϕ , relaciona la participación del Trabajo con el capital, en un periodo temporal. La definición de la función ϕ es compleja y requiere de una línea de investigación específica que excede el presente estudio. Debido a lo anterior, adoptamos el caso particular presentado por Cobb-Douglas (Cobb-Douglas, 1928) más sencillo, pero más intuitivo, donde supone que la participación del capital α , es constante en un periodo de tiempo, siendo $0 < \alpha < 1$. La participación del trabajo se relaciona según $(\phi) = 1 - \alpha$, permitiendo obtener otro coeficiente constante. La restricción impuesta, establece una complementariedad, de forma que una variación en uno de ellos se equilibra con el otro y viceversa. Además, implica rendimientos marginales³ decrecientes, como uno de los principios en los que se sustenta la teoría neoclásica, estableciendo el agotamiento del factor al llegar a su límite de acumulación (bastante lógico e intuitivo si tenemos en cuenta que los recursos son finitos). En términos de productividad por unidad de trabajo, la ecuación anterior podemos expresarla “per cápita”, de la siguiente manera (notación de letras minúsculas):

$$f(k) = A \cdot k^\alpha$$

Esta función cumple los siguientes principios⁴:

- i) Rendimientos constantes a escala.
- ii) Productividad de los factores positiva pero decreciente.
- iii) Cumple las condiciones Inada.

El coeficiente α es sumamente relevante para nosotros, al mantener una relación estable en el tiempo, entre los factores y la producción, pero al mismo tiempo nos permite la cuantificación del porcentaje de output, en relación al porcentaje de input, también denominado elasticidad⁵. Esta métrica denominada elasticidad resulta especialmente útil, para analizar el efecto sobre la producción debido a cambio porcentuales en los factores, por ejemplo un aumento del 1% del capital, “ceteris paribus”, tendría un impacto en la producción, del citado porcentaje multiplicado por la elasticidad, esto es $\alpha\%$.

2.2.1 La importancia de las infraestructuras

La mayoría de los estudios, consideran las infraestructuras de forma agregada como una parte del stock de capital. Una alternativa a ese enfoque, es considerarlo como un factor adicional de producción independiente de los anteriores. Esta consideración es debida a que las infraestructuras son bienes “no excluibles” en el proceso productivo, es decir son bienes necesarios, aunque no suficientes ya que por sí mismos no producen. La motivación de estudiar su impacto en la producción surge precisamente de que no sería posible llevar a cabo la producción sin su existencia. Esta importancia justifica diferenciar este tipo capital, carreteras, aeropuertos, suministros, comunicaciones, etc., en la formulación. Para ello es necesario transformar la función de producción explicitando su participación. Una línea de pensamiento, entre ellos Barro (Barro, 1990), considera los bienes públicos como un servicio a modo de input del flujo productivo. Otro camino alternativo, es considerarlo como un bien de capital acumulable al stock, producido por activos fijos tangibles, no financieros, tales como edificios no residenciales y otras estructuras, como obras de ingeniería civil. Desagregando este capital K_g ⁶ del resto de capital privado K_p , en la fórmula inicial obtenemos la siguiente expresión.

$$f(k_p, k_g) = A \cdot k_p^{\alpha_1} \cdot k_g^{\alpha_2}$$

Esta identificación de factores implica otros interrogantes como cuál debe ser la participación del Estado, tamaño óptimo o su grado de intervención. Debido a su extensión, no es objeto entrar en estas cuestiones, por tanto, una simplificación, más o menos realista, sería suponer que existe un Estado cuya función es proveer de bienes y servicios a la sociedad y que toda la inversión en infraestructuras, K_g proviene de impuestos. En la práctica sabemos que no es del todo cierto porque existe la participación público-privada (PPP) y además existe financiación, pero complicaríamos el análisis de forma innecesaria, y volveríamos a suponer que la deuda (incluso a perpetuidad) se financia con impuestos. En consecuencia asumiremos que una parte de la renta generada soporta la inversión pública por medio de los impuestos tal que $K_g = \tau \cdot F(k_p, k_g, L)$, donde τ es la tasa impositiva. Aunque en muchos casos no es posible la observación directa k_p y k_g , y requiere de investigación especializada, analizando los escasos datos disponibles (existe sesgo en el análisis) observamos que esta relación entre k_g/k_p es constante y más o menos estable en el tiempo.



2.3 La formación del Capital

La identidad fundamental del PNB (valor monetario de los bienes y servicios) se basa en un enfoque del producto como agregación de, gasto privado de Consumo en bienes y servicios, Inversión privada interior bruta, gasto público en bienes y servicios y exportaciones netas, es decir las importaciones menos las exportaciones. Una alternativa del producto nacional es la que adoptaremos en el presente artículo el Producto Interior Bruto (PIB), o producto total que se produce dentro de un país en un determinado año. El modelo de Solow (Solow, 1956), incorpora algunas simplificaciones, si prescindimos del estado y suponemos una economía cerrada la parte invertida es la no consumida, al mismo tiempo en términos de Renta Disponible y prescindiendo de nuevo del estado y sector exterior, el ahorro es la parte del Producto Interior Bruto que no se gasta en bienes y servicios, es decir la inversión, del ahorro. Samuelson y Nordhaus (Samuelson & Nordhaus, 1993) consideran que esta identidad es fundamental, y de acuerdo a las reglas contables, el ahorro medio es exactamente igual a la inversión medida, por definición. El modelo asume que la inversión bruta, proviene del ahorro y supone la cantidad de output adquirido por empresas, aumentando de stock disponible para la futura producción.

Hay dos maneras de estudiar el stock de Capital, una es bajo la consideración de un Stock Bruto en donde los activos no pierden su capacidad productiva hasta que termina su vida útil, momento en el cual carecen de valor por el elevado coste de reparación o reposición y son retirados. Otra manera alternativa a la anterior es considerar un Stock Neto en el cual el capital es invertido, desinvertido y se deprecia llegando a ser obsoleto (depreciación). Para mantener el stock de capital es necesaria la reposición de parte del mismo y con un Método de Inventarios Perpetuos (MIP), la acumulación de capital sería equivalente a la inversión Bruta sobre el stock inicial, disminuida en la depreciación, es decir, $\dot{K}_t = I - D_t$. Conviene tener en cuenta que los capitales alejados en el tiempo con esta formulación tienen un reducido impacto. Con las modificaciones pertinentes podemos transformar lo anterior en términos per cápita⁷ llegando a la siguiente expresión:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) - (n + \delta) \cdot k$$

La ecuación anterior nos ayuda a entender que la parte no consumida (ahorro) compensa la depreciación del capital por un lado y el crecimiento poblacional por otro, permitiendo acumular o disminuir capital. Hay que hacer notar que debido a los rendimientos marginales decrecientes no es posible aumentar este capital de forma indefinida, y por la condición Inada en el límite sería negativo. La ecuación de la formación de Capital podemos transformarla en dos ecuaciones en función, del tipo de Capital:

$$\begin{aligned} \dot{k}_p &= (1 - \tau) \cdot s \cdot f(k_p, k_g) - (n + \delta) \cdot k_p \\ \dot{k}_g &= \tau \cdot f(k_p, k_g) - (n + \delta) \cdot k_g \end{aligned}$$

La inversión desde el punto de vista del Estado requiere impuestos en línea con lo mencionado anteriormente, pero estos a su vez disminuyen la renta disponible, afectando a la formación del resto de capital. De esta manera, si alguno de ellos, aumentara de forma desproporcionada hasta un extremo en detrimento del otro, por ejemplo, K_g , sería equivalente a un estado que se apropia de toda la producción impidiendo la producción privada. En el otro extremo si el capital K_p monopolizara todos los recursos sin proveer de infraestructuras, carreteras, comunicaciones, energía, saneamiento etc. la producción no sería posible.

La conclusión es que es necesario mantener un equilibrio de los capitales⁸ invertidos, evitando transferencias de renta, que generen excesos de capacidad en uno y otro lado, en definitiva, provocando ineficiencias del capital invertido.

2.4 El modelo de crecimiento

El propósito de nuestro modelo no es otro, que analizar las magnitudes principales con el mejor acierto posible y su comportamiento en relación al resto de magnitudes. Introduciremos en el estudio, un nuevo concepto de eficiencia (financiera) del Capital representado por β , y que definimos como un cociente entre el Capital y el Producto obtenido en un año, lógicamente cuanto menor sea la ratio para un mismo ingreso, tendremos una mayor eficiencia en el consumo de Capital. En otras palabras, β representa la cantidad de Capital productivo necesario para obtener una unidad de ingreso. Este coeficiente, se relaciona con la elasticidad α mencionada anteriormente por medio del rendimiento del Capital (r). Ambas magnitudes β y r , son directamente observables a diferencia del coeficiente α que requiere un ajuste estadístico. Bajo la hipótesis formulada de un coeficiente α constante, podremos deducir, que cuando un Capital resulta muy eficiente (valores bajos de β) es porque el rendimiento de ese Capital es alto (suponiendo constante la proporcionalidad) y al contrario rendimientos bajos de Capital, resultan intensivos en su consumo de Capital (valores altos de β), para mantener el mismo producto. Expresando lo anterior en términos matemáticos obtenemos la siguiente relación,

$$r=(\alpha/\beta)$$

Realizando de nuevo la abstracción, de suponer una economía cerrada en ausencia del Estado, en un periodo limitado de tiempo, el equilibrio macroeconómico se produce cuando la inversión proviene de la propensión marginal a ahorrar, y es equivalente al ahorro medio de la economía. Si al mismo tiempo mantenemos, constante el factor trabajo, y consideramos las magnitudes netas, podemos deducir la ecuación del crecimiento económico basado en Capital⁹.

$$\gamma=(\alpha/\beta).s$$



Esta ecuación o modelo fundamental, lo podemos interpretar de la siguiente manera, el crecimiento económico γ es proporcional a la propensión marginal al ahorro y al cociente, entre la participación α del Capital en el modelo productivo y la eficiencia β de la utilización del Capital invertido. La propensión marginal al ahorro no tiene por qué ser constante, en cuyo caso aumentaría (o disminuiría), dependiendo la renta disponible y de la depreciación que consideremos. Otra forma de interpretar el modelo sería que el crecimiento económico basado en el Capital es el producto de remunerar el ahorro neto (parte no consumida de la renta nacional) a la tasa de rendimiento del Capital, es decir,

$$\gamma = r.s$$

El crecimiento γ de una economía, en conclusión, depende del tipo de modelo productivo, con un reparto de fuerzas entre Trabajo y Capital, la eficiencia en la utilización de ese Capital para obtener el máximo rendimiento y la capacidad de inversión para generar nuevo capital. Hay que resaltar que el coeficiente α no aporta valor por sí mismo, tan solo equilibra los factores, dependiendo del tipo de modelo productivo, más o menos intensivo en mano de obra, pero el coeficiente β si señala cuanto de eficiente es el modelo, para conseguir una mayor remuneración del capital invertido.

127

Por su relevancia e interés, expondremos el enfoque complementario propuesto por Samuelson y Nordhaus (Samuelson & Nordhaus, 1993: 571-600) *Economics* donde la inversión, los impuestos, y el gasto público representan corrientes de gasto autónomas que con el gasto de consumo inducido determinan el nivel de equilibrio de la producción nacional. Establecen un paralelismo entre la inversión y la política fiscal apuntando a que está también produce efectos multiplicadores en la producción, determinando que es un gasto de alta potencia muy parecido a la inversión. La compra inicial de estado de un bien o servicio pone en marcha una cadena de gasto secundario. El modelo es sencillo, una inversión en infraestructuras genera renta que se destina a consumo, el cual genera renta a su vez que vuelve a gastarse. Esto quiere decir que el multiplicador del gasto público es el mismo que el de la inversión. Este concepto es de particular importancia porque el gasto público en bienes y servicios influye significativamente en la determinación de la producción y el empleo. En el modelo aumentar el gasto público supone aumentar la producción en la cantidad que aumenta el gasto por su multiplicador, pero esta capacidad actúa en una doble dirección, para estabilizar y desestabilizar la producción a lo largo del ciclo económico. P. Samuelson considera que es lógico pensar que un aumento de la inversión eleve el nivel de producción y empleo, ya que una variación de Producción sería equivalente a una Variación Inversión multiplicada por un multiplicador en función de la propensión marginal al consumo¹⁰.

3. ANÁLISIS EMPÍRICO

La importancia de los estudios empíricos, son cada vez mayores en los trabajos de investigación, sin perjuicio de la notable aportación que supone el desarrollo teórico de

modelos. No obstante, considero a título particular, imprescindible la necesidad de una contrastación con la realidad, en cualquier ámbito del conocimiento, que en palabras de W. Edwards Deming, podríamos resumir como *“In God we trust, all others (must) bring Data”*. Con ello no quiero equivocar al lector, con una idea errónea sobre un conocimiento dominado por los datos, más aún en ámbitos como el económico que guardan extraordinaria relación con el comportamiento humano. Debido a esto, he preferido presentar una primera parte relativa al marco teórico, por el importante papel que ha supuesto para el conocimiento, y presentar esta segunda como evidencia de la teoría expuesta y la validez de las hipótesis formuladas. Los resultados del análisis se basan en la observación de series históricas, para constatar de forma empírica las consideraciones planteadas. Es importante hacer notar, que el método de investigación seguido no persigue establecer predicciones o proyecciones sobre las magnitudes. El objetivo no es otro que capturar la influencia de unas variables sobre otras, basándonos en la observación y el análisis estadístico, para obtenerla relación de sus movimientos durante el periodo de estudio.

3.1 Metodología

Este análisis empírico, se ha limitado a cuatro áreas geográficas de observación, a efectos de comparar la validez del modelo, países miembros de la OCDE, Unión Europea, Estados Unidos y China. La principal área de estudio es la Unión Europea, y aunque algunos países europeos actualmente forman parte de los 37 países de la OCDE, hemos incorporado esta, porque su influencia se extiende de forma global, a más de un centenar países, permitiendo una visión global. También hemos prestado especial atención a, Estados Unidos y China por su relevancia y peso económico en el mundo. Antes de proseguir en la observación de las variables, hay que hacer la siguiente consideración, aunque todos los países de la OCDE compilan sus datos de acuerdo con el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN, 2008)¹¹, en el largo plazo pueden estar afectadas por la inflación, moneda, población, etc. Debido a lo anterior utilizaremos las magnitudes económicas referidas a una única moneda USD¹², a precios constantes (deflactadas) para separar el efecto de la inflación y en términos per cápita respecto de la población activa.

3.1.1 Series estadísticas

En nuestro estudio utilizaremos como variable explicada el Producto Interno Bruto (PIB), y el motivo por el que adoptamos la magnitud PIB para estudiar el comportamiento del output económico, frente al PNB es para no incluir la producción exterior con Capital nacional. El PIB es una medida estándar del valor agregado creado a través de la producción de bienes y servicios en un país durante un periodo determinado. Como tal, también mide los ingresos obtenidos de esa producción, o la cantidad total gastada en bienes y servicios finales (menos importaciones). Si bien el PIB es el indicador más importante para capturar la actividad económica, será necesario transformarla en una medida per cápita, (un país podría tener un PIB elevado sin embargo por habitante ser bajo).



En la variable explicativa del trabajo, utilizaremos la Fuerza laboral, en lugar de la Población total como aparece en algunas publicaciones. Comprende personas de 15 años o más que proporcionan mano de obra para la producción de bienes y servicios durante un período específico. Incluye a las personas que están empleadas actualmente y a las personas que están desempleadas pero que buscan trabajo, así como a las personas que buscan trabajo por primera vez. Los datos recuperados el 21 de junio de 2020 tienden a variar durante el año a medida que los trabajadores estacionales entran y salen.

El capital, en particular el de tipo físico, juega varios roles en la vida económica: este constituye riqueza y provee de servicios en el proceso de producción. La magnitud, que en este caso observaremos es la Formación Bruta de Capital Fijo, como mejor proxy de los movimientos de Capital. Esta magnitud representa el valor total de las adquisiciones de un productor, menos las enajenaciones, de activos fijos durante el período contable, más ciertas adiciones al valor de los activos no producidos (tales como activos del subsuelo o mejoras importantes en la cantidad, calidad o productividad de la tierra) realizada por la actividad productiva de las unidades institucionales. Siguiendo la metodología mostrada en el modelo teórico, consideraremos esta variable per cápita.

Estudiar el efecto de las infraestructuras, requiere la desagregación de la variable Formación Bruta de Capital Fijo. La categoría “Other Buildings and Structures” como mejor aproximación de las infraestructuras, incluye los activos fijos tangibles, edificios no residenciales, y otras estructuras como obras de ingeniería civil. Los datos disponibles entre 1998-2019 para la Unión Europea corresponden a las series publicadas por la OCDE, ya que en la mayoría de bases oficiales no hay información.

129

En referencia a la Tecnología, algunas publicaciones se refieren a este factor, como residual de Solow, por su procedencia en la obtención los ajustes. En la práctica esta magnitud está relacionada con la productividad total de los factores (PTF) debido a una contribución tecnológica, en referencia a la parte no explicada del crecimiento per cápita, por encima de la tasa de crecimiento del stock de capital, y trabajo.

3.1.2 Análisis Estadístico

Para establecer la relación econométrica entre la variable independiente y las variables explicativas recurriremos al método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Un requerimiento para la estimación del modelo mediante una regresión es que las series sean estacionarias, esto es que la media y la varianza sean constantes, en otras palabras, que no exista una tendencia y la volatilidad no aumente con el tiempo. Esta circunstancia (habitual en series temporales), conduce a resultados erróneos en los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Para dar validez a la estimación, el término de error debe ser invariante con el tiempo, es decir estacionario. Cuando una serie no es estacionaria, la acumulación de errores genera el problema de tener una varianza infinita. Además, si las variables de la regresión explicada y explicativa son ambas no

estacionarias, el modelo tendrá un resultado espurio significativo y un R^2 elevado incluso si las dos variables no se relacionan entre sí.

Otro incumplimiento grave de las hipótesis básicas sobre las que se asienta el modelo de regresión lineal es la Heteroscedasticidad. En estadística se dice que un modelo de regresión lineal presenta heteroscedasticidad cuando la varianza de los errores no es constante en todas las observaciones realizadas. Una manera de salvar este inconveniente y convertir la serie en estacionaria, que es lo que buscamos, es utilizar la primera diferencia logarítmica $\Delta_t = \text{Log}(X_t) - \text{Log}(X_{t-1})$ donde Δ_t es el resultado de la transformación de la serie original X_t , de forma que la diferencia corrija los problemas de tendencia y el logaritmo los de heteroscedasticidad. En nuestro estudio estamos interesados en la variación de las tasas interanuales como medida de crecimiento de un área geográfica i en el periodo t , es decir $y_{i,t} = (PIB/L)_{i,t}$, $(1+r) = (y_{i,t+1}/y_{i,t})$. Por los motivos considerados calcularemos la diferencia logarítmica $\log(y_{i,t+1}) - \log(y_{i,t}) = \log(y_{i,t+1}/y_{i,t})$, para proceder al ajuste mediante un método MCO, y estimar los parámetros del modelo de doble logaritmo, $\log(y_{i,t}/y_{i,t-1}) = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \cdot \log(x_{i,t}/x_{i,t-1})$ donde $\hat{b}_0$ y $\hat{b}_1$ son los estimadores.

130

Una parte importante del análisis consiste en determinar la bondad del ajuste. Nos fijaremos en dos coeficientes, uno el coeficiente de determinación $R^2 (0 \leq R^2 \leq 1)$ para comprobar la proporción de la variación total de la variable explicada por la regresión y otro coeficiente el de correlación $r = \sqrt{R^2}$, para medir el grado de asociación de las variables. En numerosos estudios aparecen estos dos coeficientes como sinónimos de un buen ajuste cuando presentan valores elevados o próximos a la unidad, pero esto hay que tomarlo con cautela (series no estacionarias), podríamos decir que es una condición necesaria pero no suficiente por tanto requiere hacer comprobaciones adicionales, como la significatividad de la regresión.

Esta significatividad global de la regresión hace referencia a la contrastación de la hipótesis de que ninguna de las variables independientes, ayuda a explicar la variación de la variable dependiente, respecto a su media. Formalmente la hipótesis nula $H_0: b_1 = b_2 = \dots b_k = 0$ La significatividad global de la regresión se contrasta calculando el estadístico F^{13} de la varianza explicada sobre la varianza sin explicar o residual. Un valor elevado del estadístico F , sugiere una relación significativa entre la variable dependiente y las variables independientes lo que lleva a rechazar la hipótesis nula de que los coeficientes de las variables explicativas son cero simultáneamente.

Por último, hay dos aspectos a tener en cuenta respecto del término de error para cumplir los supuestos de MCO. La varianza del término de error debe ser constante para todas las observaciones, en caso contrario nos encontramos ante un problema de heteroscedasticidad. La heteroscedasticidad, puede producir estimadores sesgados invalidando las contrastaciones estadísticas, y aun obteniendo estimadores insesgados, estos pueden ser ineficientes (varianza mayor que la varianza mínima). Para detectar este



posible problema, ordenamos los valores de la variable explicativa de forma ascendente, y separamos dos series después de omitir la quinta parte de la observación. Calculamos la suma de los cuadrados de los errores (SR) de ambas y comparamos SR_2/SR_1 con el estadístico F^{14} , a un nivel de significatividad del 5% rechazando la hipótesis de heteroscedasticidad en caso de no superarlo.

El otro problema señalado es la autocorrelación y se refiere a que el término de error de un periodo pueda estar correlacionado con el término de error de cualquier otro periodo. La existencia de autocorrelación se contrasta calculando el estadístico de Durbin-Watson¹⁵, cuyo valor calculado oscila entre 0 y 4, no existiendo correlación cuando está en torno a 2. En nuestro caso $d_L=1,341$ y $d_U=1,483$ ($n=29$ y $K^*=1$ grados de libertad). Este problema es frecuente en series temporales, y viola el cuarto principio de MCO.

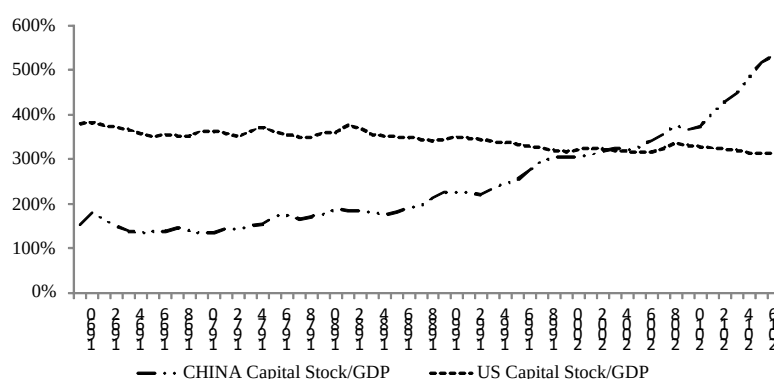
Adicionalmente, conviene analizar la causalidad en sentido de Granger, para descartar posibles involuciones de una variable sobre otra, asegurando la relación en una dirección y no al revés, aunque no es posible un análisis con certeza.

3.2 Resultados

Los datos recopilados, muestran fuertes discrepancias entre China y EEUU. A finales de los años 80 y 90, China emprendió una profunda transformación económica como fue la privatización de algunos sectores industriales, la apertura a la inversión extranjera, y el levantamiento del proteccionismo y control de precios, mejorando notablemente la ineficiente y estatizada industria. Una de las claves de la economía China, fue el ambicioso Plan de Infraestructuras, que en 2015 llegó a liderar ese mercado, con un 38% del gasto global, seguido de América del Norte con un 21% y Europa occidental con un 17%.

Sin embargo, cuando comparamos la eficiencia de Capital, observamos una tendencia creciente y pronunciada a partir de los años 90, alcanzando una paridad con EEUU del 320% en el año 2005. La pérdida de eficiencia está directamente relacionada con la falta de rendimiento en la inversión, como hemos visto en el marco teórico, bajos rendimientos son compensados con un mayor volumen de Capital.

Otra diferencia notable, es que la tasa de ahorro de China entre los años 1960-2017 es en promedio aproximadamente de un 30%, mientras que la de EEUU estuvo alrededor del 20%, según nuestras estimaciones realizadas. La gráfica 1 muestra una β China (429%; 2008-2018) por encima de la americana (322%; 2008-2018), indicando el carácter intensivo de la utilización del Capital.

Gráfica 1: %Capital/PIB, (YoY) US\$ precios constantes 2011

Fuente: Elaboración propia, basada en datos de IMF

En la gráfica 2 podemos comparar las tasas interanuales de PIB, en el periodo comprendido entre 1990 y 2019. La evolución de la economía China, se traduce en una tasa promedio de crecimiento del 9,5% y un máximo de 14,23%, contrastando con las tasas medias del 2,1% de los países miembros de la OCDE, del 2,5% en Estados Unidos y del 1,7% de la Unión Europea.

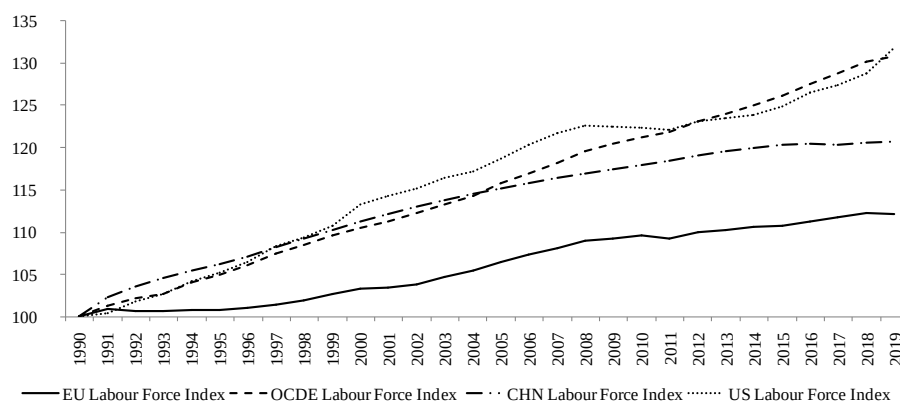
Gráfica 2: %GDP/L (YoY) US\$ precios constantes 2010

Fuente: Elaboración propia, basada en datos de WB

En la observación de las series Población Activa, no hemos encontrado una relación directa, entre crecimiento de la Población Activa y nivel de riqueza. No obstante, los crecimientos de población observados son compatibles con los de países industrializados entre 0,01 y 0,02 (Sala-i-Martin, 2000: 44-45). Como podemos observar en la Gráfica 3, los países de la OCDE y USA aumentaron su fuerza laboral en el periodo de estudio más de un 31% (aprox. 1% anual). China presenta un crecimiento más moderado del 20%, posiblemente por el control de la natalidad. El porcentaje correspondiente a la Unión Europea es inferior a un 0,5% anual, posiblemente explicado, por un cambio de la pirámide poblacional consecuencia del envejecimiento en los países europeos.



Gráfica 3: LabourForceIndex 1990=100



Fuente: Elaboración Propia, basada en datos de WB

Los resultados de los ajustes de regresión realizados son satisfactorios y otorgan validez al modelo con independencia de la geografía estudiada, en un sentido de globalidad. Este carácter global permite comparar los resultados en circunstancias homogéneas sin temor a introducir sesgos en el análisis de los mismos. Además, las métricas de elasticidad son perfectamente comparables, ya que se ha utilizado la misma metodología. Los ajustes son significativos, en todas las geografías, a excepción de China cuyo R^2 solo explica un 36% de los datos, y presenta un resultado de Durbin-Watson que sugiere una posible autocorrelación del término de error, con valor d inferior a d_L , pero muy próximo al límite por lo que determinamos no es concluyente. No obstante, la prueba de significatividad global, y los estimadores encontrados en el modelo aplicado a China son significativos por lo que aceptamos los resultados obtenidos para esta geografía. Además, en todos los casos los valores obtenidos para SR_1/SR_2 , son inferiores al valor del Estadístico F, a un nivel de significatividad del 5% por lo que se rechaza la hipótesis de Heteroscedasticidad, en todos los ajustes.

133

La Participación de los factores en la producción en el caso europeo presenta una relación Trabajo-Capital (L/C) de 62/38, muy similar a los países OCDE 63/37 y USA 67/33. China sin embargo tiene un claro protagonismo del trabajo frente al capital 79/21. En términos de elasticidad, interpretamos que la productividad del Capital en Europa, OCDE y USA es claramente superior a la China, probablemente por el libre mercado.

Tabla 1: Elasticidad y Productividad

	A	$(1-\alpha)/\alpha$	α
OCDE	1,007	1,61	0,38
EU	1,008	1,70	0,37
US	1,007	2,03	0,33
CHN	1,049	3,81	0,21

Fuente: Elaboración Propia

La Productividad Total de los Factores (PTF) es una métrica cuestionada por algunos autores, por explicar la parte de producción no atribuible al resto de factores. Este indicador de cuanto de productiva es una nación, en Europa, países miembros de la OCDE y USA muestra valores muy similares en torno a 1,007, mientras que China alcanza un 1,049, como indica la tabla 1. Una posible explicación, podría ser por la globalización de la tecnología.

La participación de las infraestructuras europeas en la Formación Bruta de Capital Fijo para el periodo de estudio fue en promedio un 27%¹⁶, y realizando el ajuste necesario, calculamos un coeficiente $\omega_2=0,307$. Utilizando este resultado y $\alpha=0,3701$ (caso europeo) para calcular la elasticidad de k_g , obtendríamos un $\alpha_2=0,1136$, o participación de las infraestructuras en la ecuación de crecimiento.

Estos resultados están en línea con la literatura especializada, según el trabajo (BBVA Research, 2017: 16) *Infraestructuras y crecimiento: un ejercicio de meta-análisis*. La publicación recopila una extensa colección de resultados de otros autores para obtener una aproximación estadística de todos ellos al valor más probable. A modo de conclusión los modelos de efectos fijos y aleatorios no corregidos estiman un impacto de las infraestructuras sobre el producto muy similar, 0.114 y 0.119. Utilizando modelos de efectos aleatorios limitados con corrección del sesgo se obtiene un efecto mayor en los países no pertenecientes a la OCDE (0.139 frente a 0.112).

Un estudio de referencia en este tema es el realizado por Aschauer (Aschauer, 1989: 17-19) *Is public expenditure, productive?* en el que utilizó series de EEUU entre 1949 a 1985, para output, horas, Capital privado y productividad publicados por el Departamento de Trabajo y datos del Stock de Capital Público, publicados por el Departamento de Comercio. Los resultados señalan una fuerte relación entre Capital Público y Productividad, con una robusta respuesta en el periodo de estudio de la Productividad a movimientos en Capital Público en el rango de 0,38 y 0,56. La elasticidad de la categoría “Core infraestructures” la cual incluye carreteras, autopistas, aeropuertos, gas y electricidad, transporte público, sistemas hidráulicos y saneamiento, representó el 55% del stock de Capital no militar, equivale a un 0,24 altamente significativo, frente a la categoría “Other Buildings”, la cual incluye edificios de oficinas, policía y bomberos, juzgados, auditorios y terminales de pasajeros, con una representación de un 7% del total del Stock, tiene tan solo una elasticidad del 0,04.

3.3 Discusión del Modelo

En la primera parte, presentábamos el contexto económico actual, y la abrupta caída de la producción a nivel mundial como una consecuencia de la pandemia global. Un primer análisis del modelo propuesto nos ofrece una idea clara, la elevada sensibilidad del flujo productivo, en relación al trabajo y su alta participación explicando aproximadamente el 70% del resultado. Consecuentemente, no es difícil determinar que un shock en la Fuerza



Laboral tendrá un impacto muy relevante en la actividad productiva. En términos laborales, según el monitor de la International Labour Organization (ILO 2021), la pérdida de empleos a nivel mundial no tiene precedentes y se calcula en torno a 114 millones, relativos a 2019, y las pérdidas (antes de ayudas) US\$ 3,7 trillón, suponen el 4,4% en términos de PIB. A diferencia de otras crisis, el impacto no solo se tradujo en aumento del desempleo, también de la inactividad, reduciendo notablemente las horas efectivas de trabajo (FTE). Para poner lo anterior en contexto, durante la crisis de 2008 a 2009, el impacto en la Fuerza la laboral fue del -0,2%, diez veces inferior al -2,2% de 2019 a 2020. Para evaluar correctamente este impacto en el modelo, no debemos tomar la simple contabilidad del empleo, hay que incorporar también la pérdida por inactividad. Esta pérdida de Fuerza Laboral en relación a las horas de trabajo, en términos globales supone aproximadamente un 1% por desempleo y un 3,4% de inactividad. Es particularmente llamativo en el informe *COVID-19 and the world of work* (ILOSTAT, 2021: 11) el porcentaje para Europa y Asia Central de horas pérdidas estimadas en Q4, del 8,9% y unas pérdidas totales en la renta del trabajo entorno al 8,7%. Si consideramos el modelo para Europa, con una elasticidad del trabajo de 0,63 (ver Anexo I) y un -8,7% de perdidas, el impacto en PIB equivale aproximadamente a un -5,5% bastante aproximado a lo observado. La buena noticia, es que a diferencia de crisis precedentes la inactividad es reversible, por la existencia de medidas paliativas y su carácter temporal. La mala noticia, es que por desgracia la elasticidad económica, no funciona igual que la elasticidad física, donde un material sometido a un agente externo recibe una deformación y al desaparecer dicho agente vuelve a su estado original. Esto es un poco más complejo, porque la caída en el nivel de renta reduce el nivel de riqueza de la población y el consumo. Como consecuencia de esto, se produce un desequilibrio entre la capacidad productiva y la demanda, derivando en un ajuste de empleo que actúa en forma amortiguador. La inversión bruta se reduce de forma proporcional a la tasa de ahorro, porque las expectativas son desfavorables. El stock de Capital disminuye al no compensar la depreciación, y se reduce aún más la capacidad productiva en forma de bucle. En definitiva, este círculo, es un desequilibrio del modelo productivo, entre la participación de Capital y Trabajo.

Al principio, nos preguntábamos por qué los impactos eran diferentes en unos países respecto de otros, al igual que la recuperación de sus economías. Una de las posibles respuestas es precisamente, la participación de los factores en el flujo productivo, aunque no es la única, porque como hemos visto en el modelo, la tasa de ahorro que un país esté dispuesto a asumir, para incorporar inversión al Capital es determinante. Además, esta condición, no es suficiente por sí misma, ya que depende de cómo de eficientes se utilicen esos recursos. En definitiva, la transformación económica o cambio en el modelo es posible con el ejemplo de China, pero ello no solo depende factores económicos, algunas decisiones relativas a Fiscalidad, Inversión Pública, Infraestructuras, desarrollo tecnológico, etc. están sujetas a la decisión política y no son variables de un modelo econométrico.

4. CONCLUSIONES

El modelo presentado, se sustenta en rendimientos marginales decrecientes de los factores productivos, que en el límite llegan a su agotamiento. Esto implica que una inadecuada y desproporcionada utilización de los recursos, es perjudicial al crecimiento. Una, primera aproximación nos lleva a reflexionar sobre la importancia de la “calidad” frente a la “cantidad”, y por ese motivo los esfuerzos deberían orientarse, a mejoras en la cualificación laboral y la eficiencia del Capital.

En los resultados, destaca la importancia del Capital Humano como motor de crecimiento al explicar alrededor de un 70% de la producción, y aunque solo fuera por ese motivo (hay que considerar otros de tipo ético y moral) debería ser eje principal de cualquier actuación. Esto lleva priorizar el factor Humano proponiendo políticas activas que favorezcan la formación y el conocimiento, así como la flexibilización del mercado laboral para incorporar nuevos participantes a la fuerza laboral, como fuente de crecimiento y riqueza.

136

La inversión en Capital físico es crítica para el crecimiento. Su déficit (debido a su carácter procíclico) supone un importante riesgo, por deterioro y depreciación de los capitales invertidos, es especialmente preocupante en el caso de las infraestructuras. Hay que tener en consideración que el exceso de Capital agota el recurso produciendo rendimientos marginales pequeños, que lo hacen ineficiente en relación al crecimiento. Por el contrario, la falta de inversión limita la formación de Capital necesario para equilibrar la depreciación, reduciendo el crecimiento en forma de bucle. La conclusión respecto a esto es la necesidad de impulsar medidas que estimulen el ahorro, y lo canalicen hacia sectores productivos.

En el contexto actual de crisis económica global, existe la tentación de recurrir a aumentar la inversión en infraestructuras para estimular el crecimiento económico. Sin embargo, debemos ser prudentes porque aun admitiendo el papel estratégico de las infraestructuras y su carácter imprescindible en la producción, su contribución al crecimiento en términos de elasticidad es más modesta como hemos visto. No obstante, la contribución de este tipo de inversión al desarrollo es evidente conforme a los resultados obtenidos, y más aun considerando efectos multiplicadores, pero deber existir un principio de prudencia en la selección de proyectos para generar valor.

Otro aspecto a considerar, en el crecimiento a largo plazo, es sin duda el progreso tecnológico, ya que permite un salto en la curva, alcanzando niveles productivos superiores. El modelo no permite remunerar este factor de forma endógena, por tanto, para que se cree un progreso tecnológico, son necesarias políticas que impulsen el desarrollo tecnológico, así como su investigación. Con esto no solo nos referimos a



financiar programas de investigación absolutamente necesarios, también a crear marcos estables para proteger la propiedad intelectual, y favorecer un clima de seguridad jurídica en el conocimiento.

El Estado juega un papel garantista, creando un clima propicio para generar ahorro e inversión. La seguridad jurídica y el derecho de propiedad son claves para un crecimiento estable, en el lado opuesto un entorno de inestabilidad e incertidumbre son el peor enemigo del crecimiento. Es importante regular y legislar, pero un excesivo intervencionismo y proteccionismo, están correlacionados negativamente, con el crecimiento. Políticas erróneas pueden llevar a una ineficiencia del Capital en los términos señalados, cuyo consumo no esté justificado. La Política Fiscal como instrumento es otra palanca útil en línea con la teoría expuesta por generar efectos multiplicadores equivalentes a la inversión. Admitiendo la necesidad de una fiscalidad que permita por ejemplo financiar infraestructuras, hay que considerar la posibilidad, que una reducción en los impuestos aumentaría la renta disponible, y ese incremento en parte (lo que no es ahorro) sería destinado por los consumidores a gasto, volviendo a generar una renta, y así sucesivamente (supuesta constante una propensión marginal al gasto), esto es el gasto por su multiplicador¹⁷ en el sentido de Samuelson.

137

Finalmente, y como última reflexión, después de exponer todo lo anterior, con más o menos acierto, no sería de mucha utilidad, si no pensáramos en los recursos que lo hagan realidad, más allá de las tradicionales tasas impositivas. Existen propuestas de trabajo en este campo, para estimular y promover fondos europeos, como los European Safe Bonds (ESBies) o bonos seguros, activos libres de riesgo, que permitirían a la Unión Europea, un coste de financiación inferior a la de los propios estados miembros. Es por tanto nuestro propósito, superar los individualismos, ratificar acuerdos que permitan la innovación, impulsar nuevos instrumentos financieros al amparo de un mercado europeo, y garantizar la libre circulación de mercancías, personas, capitales, y servicios, con el respaldo de todos los estados miembros.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAME GARCÍA V., ALONSO MESEGUER, J., PÉREZ ORTIZ, L., TUESTA, D. (2017): *Infraestructuras y crecimiento: un ejercicio de meta-análisis*. BBVA Research.
- ASCHAUER, D. A. (1989): *Is public expenditure productive?* Journal of Monetary Economics 23, 177-200. North-Holland.
- BARRO, R. J. (1990): *Government spending in a simple model of endogeneous growth*. Journal of Political Economy 98(S5): 103-125.
- CHIANG A., WAINWRIGHT K. (1984): *Métodos fundamentales de economía matemática (4th edition)*. Mc Graw Hill.
- COBB, C. W.; DOUGLAS, P. H. (1928): *A Theory of Production* American Economic Association, Review. 18 (Supplement): 139–165.
- COMISION EUROPEA (2021), *Plan de recuperación para Europa y Previsiones económicas*: https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es#figures; https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_2021 [Consultado: 25-04-2021].
- DE GREGORIO, J. (2007): *Macroeconomía Teoría y Políticas (1ª edición)*. Pearson-Educación.
- GONZALEZ PÁRAMO J.M. (1995): *Infraestructuras, Productividad y Bienestar*. Universidad Complutense de Madrid.
- GONZALEZ PAZ J. (1988): *Teoría económica I, II y Política Económica*. Editorial Debate.
- GUJARATI, DAMODAR N., PORTER, D. (2010): *Econometric (5th edit.)*. Mc Graw Hill.
- HARROD R.F. (1939): *An Essay in Dynamic Theory*. Blackwell Publishing for the Royal Economic Society.
- INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION /ILO (2021) *Monitor: COVID-19 and the world of work*. 7th edition, Web official <https://ilostat.ilo.org/> [Consultado: 25-04-2021].



- LUCAS, R.E. Jr. (1988): "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, p. 5.
- MASCAREÑAS J., GONZALEZ SARA (1999): *La globalización de los mercados financieros*, Universidad Complutense de Madrid.
- OCDE (2020), *Economic Outlook*, Web oficial <https://www.oecd.org/economic-outlook/> [Consultado: 25-04-2021].
- PIKETTI, T. (2014): *El Capital en el siglo XXI (4ª edic.)*. Fondo de Cultura Económica.
- ROMER M. P. (1989): *Human Capital and Growth: Theory and evidence*. National Bureau of Economic Research.
- BARROSO J.M., STRAUSS-KAHN D., GURRÍA A., ZOELLICK R.B., SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES (2008)
- SALA-I-MARTIN, X. (2000): *Apuntes de Crecimiento Económico (2ª edición)*. Editorial Antoni Bosch.
- SALVATORE D., REAGLE D. (2002): *Estadística y econometría (2nd edit.)*. Mc Graw Hill.
- SAMUELSON PAUL A. (1939): *Interactions between the Multiplier Analysis and the Principle of Acceleration*. The MIT Press.
- SAMUELSON, P., NORDHAUS, W. (1993): *Economics (14th edit)*. Mc Graw Hill.
- SMITH, A. (1776): *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations* (W. Strahan and T. Cadell, London).
- SOLOW, R. M. (1957): *Technical change and the aggregate production function*, Source: The Review of Economics and Statistics, Vol. 39, No. 3 (Aug. 1957): 312-320. The MIT Press Stable.
- WORLD BANK (2020) Global Economic Prospects, Web oficial, <https://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects> [Consultado: 25-04-2021].

SERIES Y FUENTES DE BASES DE DATOS

Bases de Datos:

WB (2021), World Bank national accounts data <https://databank.worldbank.org/databases>; [Consultado: 25-04-2021].

OECD (2021), National Accounts data files, <https://stats.oecd.org/glossary/index.htm> [Consultado: 25-04-2021].

IMF (2021), International Monetary Fund, <https://www.imf.org/en/Data> [Consultado: 25-04-2021].

ILOSTAT (2021), International Labour Organization statistic, <https://ilostat.ilo.org/> [Consultado: 25-04-2021].

Variables:

GDP (constant 2010 US\$) Code: NY.GDP.MKTP.KD;
CC BY-4.0; GFCF (constant 2010 US\$) Code: NE.GDI.FTOT.KD; CC BY-4.0;
Labour force, total Code: SL.TLF.TOTL.IN; CC BY-4.0,
Other buildings and structures: P51N1112;
Private Investment 111.priv_rinv.A , 924.priv_rinv.A,
Public Investment 111.publ_rinv.A , 924.publ_rinv.A.
Stock Private Capital 111.kpriv.A, 924.kpriv.A
Stock Public Capital 111.kpubl.A, 924.kpubl.A



El Impacto del Covid-19 en el Crecimiento y la Productividad

ANEXOS

Anexo I: Resultados

UNION EUROPEA

Resumen	EU	Unión Europea					
GDPEU	NY.GDP.MKTP.KD	PIB (US\$ a precios constantes de 2010)					
GFCFEU	NE.GDI.FTOT.KD	Formación bruta de capital fijo (US\$ a precios constantes de 2010)					
LEU	SL.TLF.TOTL.IN	Población activa, total					
Data from Database: Indicadores del desarrollo mundial							
Last Updated: 12/16/2020							
Estadísticas de la regresión							
Coefficiente de correlación múltiple	0,908349885	Media1,7%					
Coefficiente de determinación R^2	0,825099514	Error típico0,0029873					
R^2 ajustado	0,818621718	Mediana0,0204474					
Error típico	0,006715816	Moda#N/A					
Observaciones	29	Desviación estándar1,61%					
ANOVA							
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Prom. cuadrados	F	Valor crítico de F		
Regresión	1	0,005744823	0,005744823	127,373499	9,96646E-12	Coefficiente de asimetría	-2,0727922
Residuos	27	0,001217759	4,51022E-05			Rango	8,2%
Total	28	0,006962582				Mínimo	-4,3%
						Máximo	3,9%
						Suma	0,4950021
						Cuenta	29
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	
Ln (A)	0,0080323	0,001318638	6,091377811	1,6635E-06	0,0053267	0,010737942	Durbin-Watson1,5699
Ln (GFCFEU/LEU)	0,3701411	0,032796517	11,28598684	9,96646E-12	0,302848166	0,437433956	

OCDE

Resumen	OCDE	OECD Members					
GDPOCDE	NY.GDP.MKTP.KD	PIB (US\$ a precios constantes de 2010)					
GFCFOCDE	NE.GDI.FTOT.KD	Formación bruta de capital fijo (US\$ a precios constantes de 2010)					
LOCDE	SL.TLF.TOTL.IN	Población activa, total					
Data from Database: Indicadores del desarrollo mundial							
Last Updated: 12/16/2020							
Estadísticas de la regresión							
Coefficiente de correlación múltiple	0,923507323	Media2,1%					
Coefficiente de determinación R^2	0,852865776	Error típico0,0024906					
R^2 ajustado	0,84741636	Mediana0,0220674					
Error típico	0,005074927	Moda#N/A					
Observaciones	29	Desviación estándar1,34%					
		Varianza de la muestra0,0001799					
		Curtosis9,85264					
ANÁLISIS DE VARIANZA							
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Prom. cuadrados	F	Valor crítico de F	Coefficiente de asimetría-2,5602355	
Regresión	1	0,004030791	0,004030791	156,505912	9,51445E-13	Rango7,4%	
Residuos	27	0,000695382	2,57549E-05			Mínimo-3,4%	
Total	28	0,004726173				Máximo4,0%	
						Suma0,6052991	
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Cuenta29
Ln (A)	0,0071502	0,00099968	7,152488304	1,08376E-07	0,005099023	0,00920137	Durbin-Watson1,6696
Ln (GFCFOCDE/LOCDE)	0,3832188	0,030632429	12,51023229	9,51445E-13	0,32036625	0,446071355	

ESTADOS UNIDOS

Resumen	US	United State					
GDPUS	NY.GDP.MKTP.KD	PIB (US\$ a precios constantes de 2010)					
GFCFUS	NE.GDI.FTOT.KD	Formación bruta de capital fijo (US\$ a precios constantes de 2010)					
LUS	SL.TLF.TOTL.IN	Población activa, total					
Data from Database: Indicadores del desarrollo mundial							
Last Updated: 12/16/2020							
Estadísticas de la regresión							
Coeficiente de correlación múltiple	0,907207723	Media2,5%					
Coeficiente de determinación R^2	0,823025852	Error típico0,002904					
R^2 ajustado	0,819178588	Mediana0,0268429					
Error típico	0,007483575	Moda#N/A					
Observaciones	48	Desviación estándar1,56%					
ANÁLISIS DE VARIANZA		Varianza de la muestra0,0002446					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Prom. cuadrados	F	Valor crítico de F	Curtois2,6827133	
Regresión	1	0,011980631	0,011980631	213,9249692	6,46391E-19	Coeficiente de asimetría-1,2667873	
Residuos	46	0,002576179	5,60039E-05			Rango0,0728999	
Total	47	0,014556811				Mínimo-2,5%	
						Máximo4,8%	
						Suma0,7216952	
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Cuenta29
Ln (A)	0,0073444	0,001154454	6,361819449	8,28912E-08	0,005020631	0,00966822	Durbin-Watson1,6141
Ln (GFCFUS/LUS)	0,3298388	0,022551272	14,62617411	6,46391E-19	0,284445468	0,375232179	

142

CHINA

Resumen	CHN	Popular Republic of China				
GDPCHN	NY.GDP.MKTP.KD	PIB (US\$ a precios constantes de 2010)				
GFCFCHN	NE.GDI.FTOT.KD	Formación bruta de capital fijo (US\$ a precios constantes de 2010)				
LCHN	SL.TLF.TOTL.IN	Población activa, total				
Data from Database: Indicadores del desarrollo mundial						
Last Updated: 12/16/2020						
Estadísticas de la regresión						
Coeficiente de correlación múltiple	0,604008143	Media9,5%				
Coeficiente de determinación R^2	0,364825836	Error típico0,0043269				
R^2 ajustado	0,351017703	Mediana0,0926279				
Error típico	0,028427449	Moda#N/A				
Observaciones	48	Desviación estándar2,3%				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Prom. cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	0,021351401	0,021351401	26,42108172	5,48426E-06	Varianza de la muestra0,000543
Residuos	46	0,037173514	0,00080812			Curstosis-0,3560755
Total	47	0,058524915				Coeficiente de asimetría0,6909112
						Rango8,12%
						Mínimo6,11%
						Máximo14,23%
						Suma2,7647521
						Cuenta29
						Durbin-Watson1,2257



REFERENCIAS

¹ Los porcentajes medidos en tasas interanuales (YoY), no permiten expresar el rendimiento total como la suma aritmética de rendimientos de años consecutivos, $(1+r_1) \neq (1+r_2+r_3+\dots+r_n)$, el cálculo correcto del rendimiento total requiere realizar el producto de los rendimientos anuales de la siguiente forma, $(1+r_1) = (1+r_1).(1+r_2) \dots (1+r_n)$.

² Este acuerdo contempla más de un 50% del mismo destinado a un programa de investigación e innovación Horizonte Europa, un Fondo de Transición climática y digital, y un nuevo programa de salud EU4Health. Además se destinarán fondos a la modernización de políticas comunitarias, lucha contra el cambio climático, protección de la biodiversidad e igualdad de género.

³ El rendimiento a escala es la variación de la función de producción cuando variamos todos los inputs. El rendimiento marginal de un factor es la variación de producción cuando variamos ese factor manteniendo las demás constantes. Los rendimientos marginales del Capital (r) se pueden entender como el coste de uso del Capital, alquiler de maquinaria, edificios, etc., y los del Trabajo (w) como el salario percibido por los trabajadores. En el caso de una función homogénea de grado uno, la renta total, se puede calcular de la siguiente forma; $F = k \cdot \frac{\partial F}{\partial k} + L \cdot \frac{\partial F}{\partial L} = r \cdot K + w \cdot L$, donde $r = \frac{\partial F}{\partial k}$; $w = \frac{\partial F}{\partial L}$.

⁴ El teorema de Euler, para una función homogénea de grado k establece que $F(\alpha X) = \alpha^k F(X)$ y en particular una función de grado $k=1$ tenemos $F(\lambda K, \lambda L, A) = \lambda F(K, L, A)$. La condición Inada, determina que cuando un factor p.ej. el capital tiende a ∞ la productividad marginal tiende a 0, y a la inversa. $\lim_{k \rightarrow \infty} (\partial F / \partial k) = 0$

⁵ La elasticidad del Capital α , se define como el cociente entre la variación de producción por unidad de producción dividida entre la variación del capital por unidad de capital, es decir $df = \left(\frac{\partial f}{\partial k} \right) dk$, donde $\frac{\partial f}{\partial k} = \alpha \cdot \left(\frac{A \cdot k^{\alpha}}{k} \right) = \alpha \cdot \left(\frac{f}{k} \right)$, la elasticidad es $\alpha = \frac{df/f}{dk/k}$.

⁶ La variación del capital total en términos per cápita vendrá dada por el incremento del Capital en infraestructuras y el incremento del resto de capital en términos diferenciales (incrementos infinitesimales), $dk = dk_p + dk_g$, calculamos $df/f = \alpha(k_p/k) \cdot dk_p/k_p + (k_g/k) \cdot dk_g/k_g$, siendo $\omega_1 = k_p/ky$, $\omega_2 = k_g/k\omega_1 + \omega_2 = 1$ la partición del capital. Volviendo sobre la primitiva de la función $\int \frac{df}{f} = \log(f) = \alpha \cdot \omega_1 \cdot \log(k_p) + \alpha \cdot \omega_2 \cdot \log(k_g) + c$, obtenemos $f = A \cdot k_p^{\alpha \omega_1} k_g^{\alpha \omega_2}$.

⁷ Utilizamos la notación $\dot{k} = dk/dt$ y omitimos los subíndices temporales por simplicidad. Consideraremos constante la depreciación $D_t = \delta \cdot K_t$ y el crecimiento poblacional $\dot{L}/L = n$, y teniendo en cuenta que $k = K/L$, entonces $\dot{k} = \dot{K}/L - n \cdot K/L^2$, y a su vez transformando la expresión con la identidad $i = s \cdot f(k)$ obtenemos la forma general de la formación de capital $\dot{k} = i - (n + \delta) \cdot k$.

⁸ En el caso particular de que la relación $k_g/k_p = \omega_2/\omega_1$ se mantuviera estable, y la depreciación δ fuera constante e idéntica en todo el capital, las rentabilidades marginales netas en k_p y k_g , serían idénticas, es decir $\frac{\partial y}{\partial k_p} = A \cdot \omega_1 \cdot \left(\frac{y}{k_p} \right) - \delta = \frac{\partial y}{\partial k_g} = A \cdot \omega_2 \cdot \left(\frac{y}{k_g} \right) - \delta$.

⁹ La Inversión (I), equivale al ahorro acumulado (S) según la identidad $I = S$ (quiere decir que es lo mismo por definición). Expresando lo anterior en términos de propensión marginal al ahorro (PMS) o tasa de ahorro (s), sobre la renta generada (Y), obtenemos $I = s \cdot Y$. Formalmente se distingue entre Bruto y Neto, cuando en este último minoramos la parte depreciada, aquí consideraremos este efecto ya descontado, y por tanto la acumulación de Capital proviene del ahorro neto, dado por la expresión $\dot{K} = s \cdot Y$ y dividiendo por K , para tener la variación en términos porcentuales obtenemos $(\dot{K}/K) \cdot (K/Y) = s$. Transformado esta ecuación en términos de eficiencia $\beta = K/PIB$, elasticidad del Capital α , y la tasa de crecimiento γ_k (variación del PIB en términos porcentuales) obtenemos $\gamma_k = (\alpha/\beta) \cdot s$.

¹⁰ La propensión marginal al ahorro (s), se relaciona con la Propensión Marginal al consumo (c) según $s = 1 - c$. El crecimiento de la demanda está determinado por el multiplicador de la inversión $1/s$ (ver nota 16).

¹¹ El Sistema de Cuentas Nacionales 2008 (SCN 2008) es un marco estadístico que proporciona un conjunto completo, coherente y flexible de cuentas macroeconómicas para la formulación de políticas, análisis y propósitos de investigación. Se ha producido y está realizado bajo los auspicios de las Naciones Unidas, la Comisión Europea, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial.

¹² Los datos están en dólares estadounidenses constantes de 2010. Las cifras en dólares del PIB se convierten de las monedas nacionales utilizando los tipos de cambio oficiales de 2010. Para algunos países donde el tipo de cambio oficial no refleja el tipo efectivamente aplicado a las transacciones reales de divisas, se utiliza un factor de conversión alternativo.

¹³ Estadístico $F_{l,n-2} = (\sum y^2 / l) / (e_i^2 / (n-2))$

¹⁴ Estadístico $F = (n-d-2k)/2$, $n = n^\circ$ total d observaciones, $d = n^\circ$ total de observaciones omitidas $(1/5 n)$, $K = n^\circ$ de parámetros estimados.

¹⁵ Test de Durbin-Watson $d = \sum (e_i - e_{i-1})^2 / \sum e_i^2$

¹⁶ Cuando $K_p/K_g = \omega_1/\omega_2 = cte$, podemos expresar $K = (k_p)^{\alpha_1} \cdot (k_g)^{\alpha_2}$; donde $\alpha_1 = \frac{\log \omega_2}{\log \omega_2 - \log \omega_1}$, en este caso hemos realizado un ajuste MCO, $\log(k) = 0,730 \cdot \log(k_p) + 0,307 \cdot \log(k_g)$, $R^2 = 0,999$
(92,28) (36,59).

144

¹⁷ El multiplicador es el resultado de una serie con razón una geométrica, la propensión marginal al consumo (c). Supongamos una renta R_0 , de la cual se consume $c \cdot R_0$, y esta a su vez es produce una nueva renta $R_1 = c \cdot R_0$, y esta a su vez otra, con la misma propensión marginal, obteniendo $R_2 = c \cdot R_1 = c^2 \cdot R_0$, y así sucesivamente hasta obtener la agregación $R_0 \cdot (c + c^2 + c^3 + \dots \dots c^n) = 1/(1-c)$.

