



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Tecnología y Comercio Internacional: Análisis de su importancia para el crecimiento de la OCDE a partir de un modelo neoclásico ampliado

Technology and International Trade: Analysis of its importance for the growth of the OECD countries using an extended neoclassical model

Autor

Ana M^a López Borrell

Director

Gregorio Giménez Esteban

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA
2016

Tecnología y comercio internacional: Análisis de su importancia para el crecimiento de la OCDE a partir de un modelo neoclásico ampliado

Technology and International Trade: Analysis of its importance for the growth of the OECD countries using an extended neoclassical model

Autor

Ana M^a López Borrell

Director

Gregorio Giménez Esteban

Grado en Economía

Departamento de Estructura e Historia Económica y Economía Pública

Facultad de Economía y Empresa

Universidad de Zaragoza

RESUMEN

Este trabajo estudia el rol que juega la tecnología en el crecimiento económico de los países desarrollados. Para ello, se utiliza un modelo neoclásico ampliado con tecnología; a partir de un panel de datos con información para 24 economías de la OCDE y un periodo, en lustros, comprendido entre 1950 y 2000. El panel se estimó mediante una regresión de efectos fijos para corregir la heterogeneidad espacial y temporal. La hipótesis de efectos fijos se testa mediante un contraste de Hausman.

Para medir la innovación, se hace uso de la apertura comercial, siguiendo el enfoque sugerido por autores como Elhanan Helpman, Philippe Aghion o Peter Howitt. La apertura estaría recogiendo la capacidad de difusión y asimilación de la tecnología.

La utilización de la técnica de datos de panel en un modelo de crecimiento neoclásico ampliado, que aproxima la innovación mediante la apertura comercial, supone, hasta donde nosotros conocemos, una novedad en la realización de trabajos de fin de grado en la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de Zaragoza.

Los resultados que se obtienen permiten inferir la existencia de una correlación positiva y significativa entre la asimilación de tecnología y el crecimiento de los países de la muestra. En conclusión, la innovación supone un elemento clave para el crecimiento económico de los países desarrollados en las últimas décadas.

Palabras clave: crecimiento, innovación, tecnología, comercio, OCDE.

ABSTRACT

This paper explores the role played by technology in the economic growth of developed countries. To do this, we use a neoclassical model extended with technology; from a panel data with information for 24 economies of the OECD and a period, in lustrums, between 1950 and 2000. The panel was estimated using a fixed-effects regression to correct spatial and temporal heterogeneity. The hypothesis of fixed effects is tested by a Hausman contrast.

To measure the innovation, we make use of the trade liberalization, following the approach suggested by authors such as Elhanan Helpman, Philippe Aghion and Peter Howitt. The opening would be collecting the capacity of diffusion and assimilation of the technology.

The use of the technique of panel data in an extended neoclassical growth model, which approximates the innovation through open trade, supposes, up to where we know, a novelty in final degree projects in the Faculty of Economics and Business of the University of Zaragoza.

The results obtained allow to infer the existence of a positive and significant relation between the assimilation of technology and the growth of the countries in the sample. In conclusion, innovation is a key element for the economic growth of the developed countries in the last decades.

Keywords: growth, innovation, technology, trade, OECD.

ÍNDICE

1. Introducción. ¿Cómo afecta la innovación al crecimiento económico?.....	5
2. Datos.....	6
3. Metodología.....	8
3.1. Modelo neoclásico de Solow.....	8
3.1.1. Análisis teórico.....	8
3.1.2. Análisis empírico.....	11
<i>Corrección de la heterogeneidad espacial y temporal</i>	
3.2. Modelo neoclásico ampliado.....	19
3.2.1. Análisis teórico.....	19
3.2.2. Análisis empírico.....	24
<i>Corrección de la heterogeneidad espacial y temporal</i>	
3.3. Síntesis del análisis empírico.....	29
4. Conclusiones.....	31
5. Bibliografía.....	35
Anexo I.....	37
Anexo II	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1. Relación del crecimiento económico con la renta per cápita.....	11
Gráfico 3.2. Relación del crecimiento económico con la inversión.....	30
Gráfico Anexo II. Gráfico de cajas de la variable: Crecimiento.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Definición de las variables utilizadas.....	7
Tabla 3.1. Regresión MCO combinados. Modelo 1. Modelo neoclásico de partida (Variable dependiente: Crecimiento).....	12
Tabla 3.2. Diagnóstico del modelo de panel correspondiente al Modelo 1.....	14
Tabla 3.3. Regresión MCO combinados. Modelo 2. Modelo neoclásico corregido de heterogeneidad espacial y temporal (Variable dependiente: Crecimiento).....	16
Tabla 3.4. Regresión MCO combinados. Modelo 3. Modelo neoclásico ampliado (Variable dependiente: Crecimiento).....	24
Tabla 3.5. Diagnóstico del modelo de panel correspondiente al Modelo 3.....	25
Tabla 3.6. Regresión MCO combinados. Modelo 4. Modelo neoclásico ampliado corregido de heterogeneidad espacial y temporal (Variable dependiente: Crecimiento)..	26
Tabla Anexo I. Regresión MCO combinados. Relación del crecimiento económico con la renta per cápita (Variable dependiente: Crecimiento).....	37

1. INTRODUCCIÓN. ¿CÓMO LA INNOVACIÓN AFECTA AL CRECIMIENTO ECONÓMICO?

Hasta finales del siglo XVIII prácticamente no se habían producido cambios significativos en la renta per cápita, pero a partir del siglo XIX, el conjunto de las economías a nivel mundial ha experimentado un importante proceso de crecimiento en sus rentas per cápita. Esto muestra que el aumento sostenido y significativo en los niveles de vida es, sin duda, un fenómeno reciente en la historia de la humanidad. Así mismo, las tasas de crecimiento han ido aumentando progresivamente generando un incremento del PIB mundial. Ante este hecho, surge la cuestión sobre cuáles son las causas últimas del crecimiento. Ya en el siglo XVIII, Adam Smith indagó sobre las causas de la riqueza de las naciones, y desde entonces, ha habido muchas teorías que trataban de comprender las fuentes del crecimiento económico. Parece haber consenso en que el capital físico, el capital humano y la tecnología juegan un papel muy relevante.

Este trabajo se centra en el importante papel que tiene la innovación en el crecimiento económico de los países de la OCDE, para ello, se basa en un modelo de crecimiento neoclásico ampliado.

El estudio de la innovación como determinante del crecimiento tiene una gran trascendencia y utilidad. Permite explicar el gran crecimiento que han experimentado los países industrializados desde la Revolución Industrial, ya que éste no habría sido posible sin un proceso de transformación continua, de innovación. También ofrece a los países subdesarrollados una alternativa sin dependencia de factores exógenos que les permita converger con los países avanzados. En definitiva, se pone de manifiesto la importancia que han de conceder los países a la innovación, ya que políticas que conduzcan a una mayor apertura económica, competencia, cambio e innovación, tendrán efectos positivos en el crecimiento económico, lo que nos afectará positivamente también a nuestra vida diaria; del mismo modo, las políticas que lleven a una restricción de la innovación serán causantes de una ralentización del crecimiento económico. Un país que detenga la innovación está condenado a desviarse de la senda del crecimiento.

El desarrollo de nuevas ideas tiene numerosos efectos sobre la actividad económica, ya que permite crear actividades empresariales novedosas, organizar de modo más eficiente los factores productivos y reducir sus rendimientos decrecientes, incentivar las

inversiones en capital físico y humano, reducir los costes de producción y los precios de venta de los productos, y aumentar la cantidad y calidad de los bienes y servicios ofertados. Por tanto, queda constatado que la innovación supone un elemento clave.

El objetivo que se plantea con este trabajo es descubrir, a través de la evidencia empírica, cuál es el papel que tiene la tecnología, medida por el grado de apertura comercial, en el crecimiento económico de los países desarrollados. Esperando obtener una relación directa y significativa.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: En el segundo capítulo se presenta una descripción de los datos empleados para la realización del análisis econométrico, contando con información sobre 24 países de la OCDE y 11 periodos temporales. El capítulo tercero se corresponde con la metodología, en donde se desarrolla el análisis empírico de este trabajo, primero, atendiendo al modelo de crecimiento neoclásico o modelo de Solow y, posteriormente, ampliando el mismo mediante la adición de tecnología, aproximada por el grado de apertura comercial de los países. En el cuarto capítulo se resumen las conclusiones de la investigación. Y, por último, el capítulo quinto contiene las referencias de la literatura empleada.

2. DATOS

Para el análisis econométrico se conformó un panel de datos con información para 24 países de la OCDE en el periodo, en lustros, comprendido entre 1950-2000, siendo un total de 11 periodos temporales. La fuente de donde se ha extraído la información es la base de datos de la Universidad de Toronto Penn World Tables, PWT, (Summer-Heston data set) Version 6.2.

Los 24 países de la muestra son los siguientes: Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Luxemburgo, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos. Así mismo, los datos para cada una de estas economías

se corresponden a los siguientes años: 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 y 2000.

Trabajar con modelos de crecimiento en paneles es sumamente interesante porque recoge observaciones sobre múltiples fenómenos a lo largo de determinados periodos de tiempo, es decir, ofrece una doble perspectiva ya que combina la dimensión temporal y la dimensión transversal. La dimensión temporal permite enriquecer la estructura de los datos y es capaz de aportar información que no existe en un único corte transversal, de tal modo que trabajar con paneles de datos nos aporta una información realmente completa.

El programa econométrico utilizado para la realización del análisis empírico es Gretl, un software de sencillo manejo y de libre acceso, que se ha manejado a lo largo del Grado en multitud de asignaturas.

A continuación, se detallan las variables utilizadas para el análisis empírico, junto con su definición y siglas.

Tabla 2.1. Definición de las variables utilizadas.

Crecimiento	Tasa de crecimiento anual media del PIB per cápita real para cada periodo de 5 años
Renta.per.cápita	PIB per cápita real (Índice Laspeyres) (Precios internacionales del año 2000)
Inversión	Porcentaje de participación de la inversión real en el PIB (Precios internacionales del año 2000)
Crecimiento.población	Tasa de crecimiento anual media de la población para cada periodo de 5 años
Innovación (aproximada mediante la apertura comercial)	Porcentaje de participación de las exportaciones e importaciones en el PIB

Fuente: elaboración propia sobre la información extraída de PWT, (Summer-Heston data set) Version 6.2.

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología utilizada para responder al objetivo que se plantea este trabajo: descubrir si la innovación tiene un papel relevante en el crecimiento económico de los países desarrollados. Para ello, se despliegan tres apartados sucesivos.

En el primer apartado se procede primeramente a la exposición y posterior estimación del modelo planteado por la teoría de crecimiento neoclásica de Solow para comprobar qué nos dice la evidencia empírica sobre las predicciones que Solow formuló, siendo este, el modelo básico de partida.

En el segundo apartado se realiza una ampliación al modelo neoclásico con la incorporación de una nueva variable, la innovación, medida a través del grado de apertura comercial de los países. Para la selección de la apertura comercial como proxy a la innovación, al cambio tecnológico, se muestra un repaso de las investigaciones sobre el crecimiento económico que Elhanan Helpman (2004) analiza y resume en *The mystery of economic growth*, en donde ofrece una visión retrospectiva, mostrando y evaluando teorías de notables autores que han revolucionado el conocimiento sobre el crecimiento económico.

Por último, en el tercer apartado se realiza una síntesis sobre las conclusiones que se extraen del análisis empírico.

3.1. MODELO NEOCLÁSICO DE SOLOW

3.1.1. Análisis teórico

En la segunda mitad del siglo XX, los economistas empezaron a considerar a la inversión en capital físico como motor del crecimiento. En 1956, Robert Solow formalizó la relación entre la acumulación de capital físico y crecimiento en su artículo “A Contribution to the Theory of Economic Growth”.

Se puede explicar el modelo de Solow a través de dos ecuaciones. Una función de producción y una ecuación que explica la acumulación de capital físico por trabajador.

Función de producción:

$$y = k^\alpha \text{ con } \alpha < 1$$

Siendo y la renta por trabajador (el modelo está formulado en términos de renta por trabajador, en lugar de renta per cápita); k es el stock de capital físico por trabajador, que está elevado a α , siendo $\alpha < 1$, lo que implica la existencia de rendimientos decrecientes. Esto supone que incrementos constantes en la cantidad de capital físico por trabajador se traduzcan en incrementos cada vez menores en la cantidad de renta por trabajador.

Por tanto, esta primera ecuación relaciona el PIB con un único factor, el stock de capital físico por trabajador, el cual presenta rendimientos decrecientes.

Solow formuló una segunda ecuación relevante que trata de explicar la evolución en el tiempo del stock de capital físico por trabajador, que depende de varias cuestiones.

Esta es la ecuación de acumulación del capital físico por trabajador:

$$\dot{k} = sy - (n + d)k$$

\dot{k} representa la variación del stock de capital físico por trabajador a lo largo del tiempo. s es la propensión marginal al ahorro. Dado que la economía del modelo es cerrada, el ahorro iguala a la inversión, por tanto, sy es la cantidad de renta ahorrada y destinada a inversión. n es la tasa de crecimiento del número de trabajadores. Un aumento del número de trabajadores se traduce en que una cantidad nk del stock de capital físico por trabajador deja de estar disponible en cada momento del tiempo, pues hay que repartir el mismo stock de capital físico entre más trabajadores. d es la tasa de depreciación del capital físico. Una cantidad dk del stock de capital físico por trabajador deja de estar disponible en cada momento del tiempo debido a la obsolescencia del capital físico.

La evolución del stock de capital físico por trabajador en cada momento del tiempo depende positivamente de la propensión marginal al ahorro, pero depende negativamente de dos elementos: la tasa de crecimiento de la población ocupada y de la depreciación del capital físico en cada momento. Cuando mayor es la tasa de crecimiento de la población (la cual se asemeja a la tasa de crecimiento de la población ocupada), acaba afectando al reparto del stock de capital físico entre los trabajadores.

Así pues, tenemos que el Modelo de Solow está formado por un sistema de dos ecuaciones que describen cómo evoluciona la renta de una economía. Acorde con la

primera función, la renta por trabajador depende del stock de capital físico por trabajador. La segunda ecuación describe cómo evoluciona el stock de capital físico por trabajador a lo largo del tiempo. Las economías que más ahorran e invierten y tienen menor tasa de crecimiento de la población logran crecer más y tienen mayores niveles de renta.

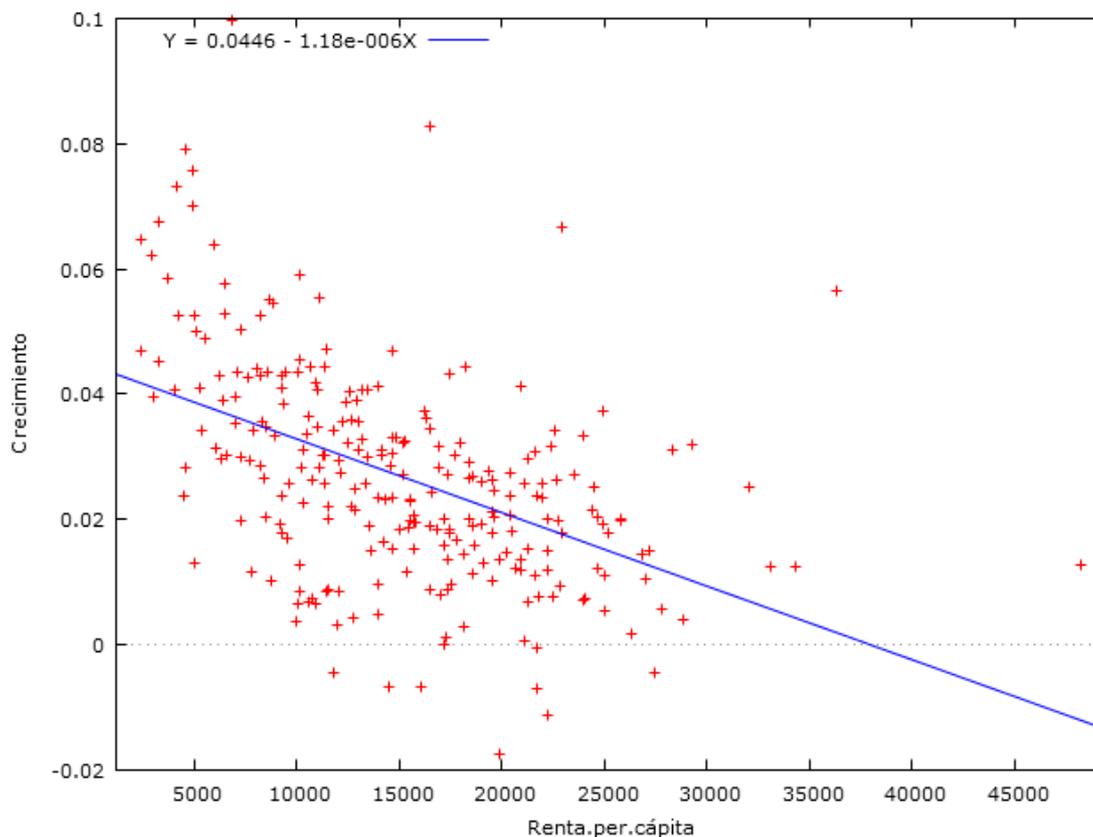
Entonces, si se quiere conseguir crecimiento económico de los países según el modelo de Solow ¿hacia dónde deberían dirigirse los esfuerzos? El crecimiento de la renta de una economía depende únicamente del stock de capital físico por trabajador, y éste depende de los factores mencionados anteriormente. Por tanto, se puede actuar sobre el stock de capital físico por trabajador mediante dos vías. La primera vía sería utilizar medidas de estímulo fiscal, de elevación de la imposición sobre el consumo y de reducción de la imposición sobre el ahorro, que hagan aumentar la cantidad de renta destinada al ahorro y, por tanto, a la inversión, con lo que aumentaría la propensión marginal al ahorro. La segunda vía sería controlar el crecimiento de la población ocupada, que como evoluciona de forma similar a la población, se podría realizar mediante medidas de control de la natalidad. No es viable actuar sobre la tasa de depreciación del capital físico porque es un factor exógeno que viene determinado por elementos puramente técnicos, ajenos al modelo.

Solow basa su modelo en la existencia de rendimientos decrecientes en el capital, por tanto, las economías pobres van a crecer más, lo que se conoce como convergencia entre países. Esto es un concepto clave de los modelos neoclásicos. Las economías desarrolladas, maduras, por su parte, entrarán en un estado estacionario en el que se enfrentarán a los rendimientos decrecientes y del cual les resultará muy difícil salir, ya que los rendimientos decrecientes afectan en mayor medida a los países ricos, al tener un mayor stock de capital físico. Los tres conceptos claves del modelo neoclásico de Solow son, pues, los siguientes: ahorro e inversión, crecimiento de la población y convergencia entre países.

Se va a comprobar si las economías más “pobres” de la muestra que contiene a los 24 países de la OCDE, entendiendo que son todas ellas economías desarrolladas, crecen más, es decir, si se ha dado un proceso de convergencia entre las economías “pobres” y “ricas” en el periodo de 1950 a 2000. Para ello se plantea si la renta per cápita inicial condiciona el crecimiento de los países, elaborando un gráfico en el que se observa la

relación entre la renta per cápita inicial y el crecimiento económico en lustros de las 24 economías.

Gráfico 3.1. Relación del crecimiento económico con la renta per cápita.



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

Como se observa en el gráfico 3.1., existe una asociación negativa en cada lustro entre la renta inicial y el crecimiento. También se plantea la regresión Mínimo Cuadrática Ordinaria que explique el crecimiento en función de la renta inicial (ver anexo I), y se verifica el mismo resultado, existe una relación inversa y significativa, es decir, sistemáticamente las economías más pobres crecen más.

3.1.2. Análisis empírico

A continuación, se realiza el análisis empírico correspondiente al modelo de crecimiento neoclásico de Solow. Para ello se plantea un análisis multivariante donde se incluyen la renta inicial, la tasa de inversión media durante el periodo y el crecimiento de la población como variables explicativas del crecimiento económico.

Modelo 1:

$$\text{Crecimiento}_{it} = \beta_1 + \beta_2 \text{Renta.per.cápita}_{it} + \beta_3 \text{Inversión}_{it} + \beta_4 \text{Crecimiento.población}_{it} + u_{it}$$

Donde β_1 es la constante, β_2, \dots, β_4 son los coeficientes de las correspondientes variables explicativas y $u_{it} \sim N(0, \sigma_u^2)$ es la perturbación aleatoria del modelo econométrico. El subíndice i representa al país, siendo $i=1, \dots, 24$, y el subíndice t representa el año, siendo $t=1, \dots, 11$.

Se obtiene el siguiente modelo MCO combinados, calculado mediante el estimador robusto de la matriz de covarianzas dado por el método de Arellano, para evitar problemas de heterocedasticidad y autocorrelación.

Gretl también ofrece otra alternativa, el estimador de Beck y Katz, que tiene en cuenta la heterocedasticidad, pero no la autocorrelación. Dado que los datos panel tienen tanto dimensión temporal como transversal, se podría esperar que, en general, la estimación robusta de la matriz de covarianzas requeriría el manejo tanto de heterocedasticidad y autocorrelación, por ello, se ha utilizado el método de Arellano.

Tabla 3.1. Regresión MCO combinados. Modelo 1. Modelo neoclásico de partida
(Variable dependiente: Crecimiento)

Variables explicativas	
Constante	0,048*** (0,006)
Renta.per.cápita	-1,166e ⁻⁰⁶ *** (3,122e ⁻⁰⁷)
Inversión	-0,0002 (0,0002)
Crecimiento.población	0,004 (0,154)
R²	0,231
Número de observaciones	259

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

Notas: Las tablas que se presentan a lo largo del trabajo ofrecen las estimaciones de los coeficientes de la regresión del modelo de acuerdo al panel de datos formado por 24 economías

de la OCDE entre los años, en lustros, 1950 y 2000. Las desviaciones típicas robustas, por el método de Arellano, se encuentran entre paréntesis. Los datos se han redondeado a 3 decimales. Significatividad: *** $p < 0,01$ (significativo al 1%), ** $p < 0,05$ (significativo al 5%) y * $p < 0,1$ (significativo al 10%).

Los resultados muestran una relación negativa y significativa entre el crecimiento económico y la renta inicial, como pronosticaba Solow. Sin embargo, no muestran la existencia de una relación significativa entre el crecimiento económico y la inversión, ni entre el crecimiento económico y el crecimiento de la población, por lo que no se puede concluir nada sobre la relación de estas dos variables con el crecimiento económico. Por otro lado, el R^2 de este modelo es 0,231, dada la dificultad del estudio del crecimiento económico, se trata de un poder explicativo que se puede considerar adecuado.

La estimación simple para datos panel, que es la regresión MCO combinados, en la mayoría de casos puede no ser adecuada, pero proporciona una base de referencia que permite la comparación con otras estimaciones más complejas para seleccionar el método más adecuado. La estimación MCO combinados proporciona un diagnóstico de panel que la enfrenta contra las principales alternativas, efectos fijos y efectos aleatorios.

Si todos los coeficientes son constantes en el tiempo y para todos los países, no existiendo sesgo por la omisión de variables, el uso de una regresión MCO combinados es apropiado. Sin embargo, si en la especificación del modelo no se consideran los efectos específicos, existirá un problema de variable omitida, presentando una heterogeneidad inobservable ya sea por la existencia de variables que varían entre países, pero que son constantes en tiempo y/o variables que varían en tiempo, pero no entre países. Se ha de controlar dicha heterogeneidad inobservable ya que, en caso contrario, la estimación de los parámetros estará sesgada porque recogerá esos efectos individuales y/o temporales no observables. La hipótesis de efectos aleatorios es que los efectos específicos individuales no presentan correlación con las variables explicativas, mientras que el supuesto de efectos fijos es que el efecto específico individual sí puede presentar correlación con las variables explicativas. Si la hipótesis de efectos aleatorios se mantiene, será más eficiente la regresión de efectos aleatorios que la de efectos fijos, en caso contrario, la regresión de efectos aleatorios no es consistente y la regresión de efectos fijos es preferible.

Aunque las 24 economías de la OCDE con las que se está tratando son bastante homogéneas puesto que todos los países son desarrollados, también son muy diferentes en muchas ocasiones. Por tanto, siempre existe una cierta heterogeneidad entre países.

Además de los países, también hay otro elemento que genera heterogeneidad, y son los periodos de tiempo. Cada año tiene unas singularidades propias. Por ejemplo, los resultados del referéndum sobre la permanencia del Reino Unido en la Unión Europea pueden condicionar el crecimiento de 2016. Es decir, hay acontecimientos que tienen lugar en un año determinado y que influyen sobre la variable a explicar, pero que no están incluidos en el modelo.

Por tanto, existe una heterogeneidad espacial y temporal. Para incluir esta heterogeneidad en el panel de datos, se debe realizar una regresión de efectos fijos o aleatorios que permita recoger estas singularidades, en lugar de una regresión MCO combinados. Para comprobarlo y seleccionar el modelo más adecuado para el tratamiento de este panel de datos, se van a enfrentar ambos modelos, efectos fijos y efectos aleatorios. Se obtiene el diagnóstico de panel de la anterior regresión MCO combinados donde aparecen los diferentes contrastes:

Tabla 3.2. Diagnóstico del modelo de panel correspondiente al Modelo 1.

Estimador de efectos fijos	Significatividad conjunta de las medias de los diferentes grupos: $F(23, 232) = 1,853$ con valor p 0,012 (Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el modelo de MCO combinados es el adecuado, en favor de la alternativa de efectos fijos)
Estimador de efectos aleatorios	Estadístico de contraste de Breusch-Pagan: $LM = 1,254$ con valor p = $\text{prob}(\text{Chi-cuadrado}(1) > 1,254) = 0,263$ (Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el modelo de MCO combinados es el adecuado, en favor de la alternativa de efectos aleatorios)
	Estadístico de contraste de Hausman: $H = 18,139$ con valor p = $\text{prob}(\text{Chi-cuadrado}(3) > 18,139) = 0,0004$ (Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el modelo de efectos aleatorios es consistente, en favor del modelo de efectos fijos)

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

El contraste F de significatividad conjunta contrasta la hipótesis nula de que todos los grupos tienen un intercepto común, en cuyo caso, el modelo MCO combinados es adecuado. Mientras que, bajo la hipótesis alternativa, el modelo de efectos fijos es preferible.

El contraste de Breusch-Pagan es un test de multiplicadores de Lagrange que permite contrastar la hipótesis de que no hay efectos aleatorios, siendo la hipótesis nula que se trata de un modelo MCO combinado, frente a la alternativa de efectos aleatorios.

Por su parte, el test de Hausman se utiliza para determinar si el modelo que se debe elegir es el de efectos fijos o aleatorios. Bajo la hipótesis nula, el estimador de efectos aleatorios sería consistente, mientras que, si se rechaza la hipótesis nula se elegiría el modelo de efectos fijos, pues es probable que las perturbaciones estén correlacionadas con alguna variable explicativa.

Los resultados de estos contrastes, recogidos en la tabla 3.2., confirman la necesidad de utilizar un modelo de efectos fijos individuales y temporales.

La realización de una regresión de efectos fijos individuales y temporales, para corregir la heterogeneidad espacial y temporal, es equivalente a la estimación de una regresión Mínimo Cuadrática Ordinaria con la inclusión de variables ficticias de unidad y tiempo. Por tanto, se crean variables ficticias de tiempo y de unidad y se incluyen como variables explicativas en la anterior regresión (modelo 1). Así, se consigue incorporar al modelo la heterogeneidad propia de los países y de los periodos de tiempo para intentar aumentar el poder explicativo de la regresión, es decir, la inclusión de las particularidades propias de cada país y cada año permite incluir los efectos no observados por el modelo. Esta técnica pretende corregir el posible error en la estimación de los errores estándares que puede haber en un panel de datos.

La primera variable ficticia de país, por ejemplo, corresponde a Australia, ésta toma valor 1 cuando el país sea Australia, y toma valor 0 para el resto de países. La variable ficticia para el año 1950, por ejemplo, toma valor 1 cuando se trate de ese año, y toma valor 0 para el resto de años.

A la hora de incluir las variables ficticias en el modelo, se ha de tener en cuenta que no se puede añadir la totalidad, pues de lo contrario se generaría la trampa de las variables ficticias, generando así un problema de multicolinealidad perfecta. Por tanto, para evitarlo, no se incluyen ni la primera variable ficticia de unidad, que se corresponde con el primer país (Australia), ni la primera variable ficticia de tiempo, que se corresponde con el primer año (1950). Así pues, se añaden un total de 23 variables ficticias de unidad y 10 variables ficticias de tiempo.

Modelo 2:

$$\text{Crecimiento}_{it} = \beta_1 + \beta_2 \text{Renta.per.cápita}_{it} + \beta_3 \text{Inversión}_{it} + \beta_4 \text{Crecimiento.población}_{it} + \gamma_1 \text{Austria}_{it} + \gamma_2 \text{Bélgica}_{it} + \gamma_3 \text{Canadá}_{it} + \gamma_4 \text{Dinamarca}_{it} + \gamma_5 \text{Finlandia}_{it} + \gamma_6 \text{Francia}_{it} + \gamma_7 \text{Alemania}_{it} + \gamma_8 \text{Grecia}_{it} + \gamma_9 \text{Islandia}_{it} + \gamma_{10} \text{Irlanda}_{it} + \gamma_{11} \text{Israel}_{it} + \gamma_{12} \text{Italia}_{it} + \gamma_{13} \text{Japón}_{it} + \gamma_{14} \text{Luxemburgo}_{it} + \gamma_{15} \text{Países Bajos}_{it} + \gamma_{16} \text{Nueva Zelanda}_{it} + \gamma_{17} \text{Noruega}_{it} + \gamma_{18} \text{Portugal}_{it} + \gamma_{19} \text{España}_{it} + \gamma_{20} \text{Suecia}_{it} + \gamma_{21} \text{Suiza}_{it} + \gamma_{22} \text{Reino Unido}_{it} + \gamma_{23} \text{Estados Unidos}_{it} + \delta_1 1955_{it} + \delta_2 1960_{it} + \delta_3 1965_{it} + \delta_4 1970_{it} + \delta_5 1975_{it} + \delta_6 1980_{it} + \delta_7 1985_{it} + \delta_8 1990_{it} + \delta_9 1995_{it} + \delta_{10} 2000_{it} + u_{it}$$

Donde las novedades con respecto al modelo 1 son las siguientes: *Austria*, ..., *Estados Unidos* son las variables ficticias de unidad que recogen las singularidades propias de cada país, y *1955*, ..., *2000* son las variables ficticias de tiempo que recogen las singularidades propias de cada año. Por otro lado, $\gamma_1, \dots, \gamma_{23}$ y $\delta_1, \dots, \delta_{10}$ son, respectivamente, los coeficientes que acompañan a las variables ficticias de unidad y tiempo. Como se puede observar, se han incluido 24-1 variables ficticias de unidad y 11-1 variables ficticias de tiempo, para no caer en la trampa de las variables ficticias.

Se obtiene el siguiente modelo MCO combinados, calculado mediante el estimador robusto de la matriz de covarianzas dado por el método de Arellano.

Tabla 3.3. Regresión MCO combinados. Modelo 2. Modelo neoclásico corregido de heterogeneidad espacial y temporal (Variable dependiente: Crecimiento)

Variables explicativas	
Constante	0,050*** (0,010)
Renta.per.cápita	-1,258e ⁻⁰⁶

	(8,693e ⁻⁰⁷)
Inversión	-0,001*** (0,0004)
Crecimiento.población	0,553 (0,386)
Austria	0,017*** (0,005)
Bélgica	0,009* (0,005)
Canadá	-0,001 (0,001)
Dinamarca	0,006 (0,005)
Finlandia	0,018*** (0,006)
Francia	0,008** (0,003)
Alemania	0,011** (0,005)
Grecia	0,008 (0,007)
Islandia	0,009*** (0,002)
Irlanda	0,007 (0,005)
Israel	-0,001 (0,006)
Italia	0,014*** (0,005)
Japón	0,027*** (0,005)
Luxemburgo	0,022*** (0,007)

Países Bajos	0,006** (0,003)
Nueva Zelanda	-0,008*** (0,001)
Noruega	0,021*** (0,005)
Portugal	0,007 (0,007)
España	0,010* (0,005)
Suecia	0,007 (0,004)
Suiza	0,012** (0,006)
Reino Unido	-0,002 (0,004)
Estados Unidos	0,003 (0,005)
1955	-0,001 (0,003)
1960	0,016*** (0,003)
1965	0,019*** (0,006)
1970	0,011* (0,006)
1975	0,08 (0,008)
1980	-0,0005 (0,010)
1985	0,012 (0,010)
1990	0,002

	(0,013)
1995	0,021 (0,013)
2000	0,011 (0,017)
R²	0,528
Número de observaciones	259

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

Hay diferencias notables en el R^2 . Al incluir las variables ficticias de unidad y tiempo el poder explicativo del modelo aumenta considerablemente, pasando del 0,231 al 0,528.

Se obtiene la existencia de una relación negativa y significativa de la inversión con el crecimiento económico. Esta relación inversa se debe a la muestra de los 24 países de la OCDE con la que se está tratando. Son economías ricas que cuentan ya con un gran stock de capital físico, por lo tanto, un aumento de la inversión en capital físico no se convierte en una garantía de que vaya a tener efectos positivos en el crecimiento económico. Además, los resultados muestran que no existe una relación significativa entre el crecimiento económico y el crecimiento de la población, ni entre el crecimiento económico y la renta per cápita.

3.2. MODELO NEOCLÁSICO AMPLIADO

3.2.1. Análisis teórico

La versión original del modelo neoclásico de Solow pronosticaba que, en el largo plazo, las variables dejarían de crecer hasta llegar a un estancamiento total, al equilibrio estacionario. Esta conclusión natural de crecimiento nulo era inevitable. Consciente de estas limitaciones, el propio Solow introdujo nuevos elementos teóricos.

En la versión original, las economías con dotaciones inferiores de capital físico por trabajador lograrían crecer más y converger, y las economías más ricas entrarían en el estado estacionario, pues estarían más afectadas por los rendimientos decrecientes. Sin embargo, según Solow, si esto no ocurre es debido a la existencia de un elemento exógeno, la tecnología. La tecnología es lo que hace salir a los países del estado

estacionario y modificar sus sendas de crecimiento, ya que permite romper los rendimientos decrecientes de los factores productivos. Solow dice que la tecnología es el motor del crecimiento en última instancia. Por tanto, los países más innovadores lograrían esquivar el estado estacionario y conseguir mayores tasas de crecimiento.

A pesar de que Solow identifica la importancia que tiene la tecnología en el crecimiento, no la incorpora a su modelo, no explica el papel que tiene en la actividad económica ni cómo se generan los procesos de innovación, sino que se considera un elemento exógeno al modelo.

Ante esta falta explicativa, surge la siguiente cuestión: ¿cómo la innovación afecta al crecimiento económico? Para responderla, se va a añadir sobre el modelo de partida, el modelo neoclásico de Solow, una variable que mide del grado de apertura comercial de las economías como aproximación a la innovación.

Hay diferentes formas de medir la tecnología, pero todas ellas han de considerarse aproximaciones imperfectas, puesto que se trata de un concepto realmente complicado de medir. La importancia del comercio para expandir la tecnología, la innovación, es una línea fuertemente estudiada en la literatura y abalada por un gran campo empírico. La elección del grado de apertura comercial como símil de la innovación se ha basado en la obra *The mystery of economic growth* de Elhanan Helpman (2004).

Según O'Rourke y Williamson (1999), el elevado crecimiento experimentado por la economía mundial entre 1870 y el comienzo de la Primera Guerra Mundial se corresponde con la primera oleada de globalización, un periodo caracterizado por una enorme expansión del comercio internacional. Tras la Segunda Guerra Mundial, también se experimentó un gran crecimiento acompañado por la segunda oleada de globalización, impulsada por el comercio. Y durante el periodo de entreguerras, el crecimiento económico y el comercio cayeron. Por lo que parece evidente que el grado de integración internacional influye de manera notable en el crecimiento económico.

Una economía abierta al exterior que participa en el comercio internacional no ve limitado su crecimiento de la renta per cápita por los rendimientos decrecientes del capital, ya que la innovación no solo beneficia a los países que invierten en I+D, “independientemente de cuál sea la procedencia de estas innovaciones tecnológicas y sociales -y proceden en gran medida de los países desarrollados- el crecimiento

económico de cualquier país depende de que las adopte... Dada su validez mundial y las posibilidades de transmisión de las mejoras de los conocimientos, es evidente que este acervo de conocimientos tiene un carácter transnacional y que el crecimiento económico moderno de cualquier país depende de él” (Kuznets, 1966, pág. 287).

Grossman y Helpman (1991) analizan las vías a través de las cuales la I+D relaciona los niveles de productividad de los países, y aunque no predicen la existencia de una relación sencilla entre el comercio internacional y el crecimiento de la productividad, existen fundadas razones para pensar que predominan las fuerzas que favorecen el crecimiento económico. Según Grossman y Helpman, el acceso a un mercado mayor aumenta la rentabilidad de la invención y fomenta la I+D, y en las economías abiertas el comercio permite el acceso a los mercados mundiales, por tanto, se fomenta la inversión en I+D y el crecimiento de la productividad. La integración comercial expone a las empresas nacionales a la competencia internacional, lo que puede fomentar la innovación pues incita a los líderes a distanciarse para evitar la competencia de sus seguidores. El comercio y la inversión extranjera directa modifican los precios internos de los factores y la inversión en innovación aumenta cuando el cambio abarata la I+D. El comercio internacional lleva a las empresas nacionales a diferenciarse del resto de las empresas con las que compiten, las del resto del mundo, por tanto, se reduce significativamente la posibilidad de que se realice la misma I+D en los países, lo que acelera el crecimiento del acervo de conocimientos fruto de la I+D y reduce sus costes aumentando el crecimiento de la productividad. Por último, cuando los efectos difusión de la I+D de un país son internacionales, aumenta el acervo de conocimientos del resto de países, lo que impulsa al crecimiento.

Existen importantes ejemplos históricos que exponen el papel directo que ha tenido el comercio internacional en el crecimiento económico de los países. Si nos centramos en Europa, la revolución del comercio internacional que acompañó a la Revolución Industrial tuvo un importante papel en el desarrollo económico europeo (Pomeranz, 2000). El comercio y la asimilación de tecnologías extranjeras también desempeñó un importante papel en el desarrollo económico de Japón tras su apertura al exterior en la segunda mitad del siglo XIX (Lockwood, 1954).

Por su parte, Frankel y Romer observaron que el grado de apertura comercial tenía una fuerte influencia en la renta per cápita.

Estos estudios empíricos han entenderse con cautela, ya que sus estimaciones deben considerarse como una media de los efectos que el comercio produce en los diferentes países.

El volumen de comercio depende de diversos factores, por lo que no es evidente que tenga una correlación positiva con el crecimiento. La teoría del crecimiento no predice la existencia de una relación sencilla entre la política comercial y el crecimiento. La política comercial afecta de modo distinto a los países en función de las características de cada economía. Según Bairoch (1993, cap.4), los datos a finales del siglo XIX, época de introducción de medidas proteccionistas en Europa, muestran una relación positiva entre la protección y el crecimiento económico. O'Rourke (2000) también observó una relación positiva entre los aranceles y el crecimiento de la renta real per cápita para el periodo 1875-1914. Clemens y Williamson (2002) confirmaron este resultado, pero también observaron que en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial la relación se invirtió, sugiriendo que podría tener relación con el nivel medio de protección mundial. La protección resultaría beneficiosa cuando el nivel medio de protección mundial es elevado, y, por el contrario, resultaría perjudicial cuando el nivel medio de protección mundial es bajo.

También hay que tener en cuenta las grandes diferencias estructurales de las economías en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial en relación a las economías de finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, lo que también pudo generar esta inversión.

En conjunto, se puede concluir que tras la Segunda Guerra Mundial predominaron los factores que hacen que la protección perjudique al crecimiento, frente a la época de finales del siglo XIX y principios del siglo XX en la que los factores que hacen que la protección favorezca al crecimiento prevalecieron. Aunque estos resultados han de interpretarse con cautela puesto que el estudio de la política comercial plantea algunas dificultades. Mientras que a finales del siglo XIX y comienzos del XX la protección se trataba fundamentalmente de aranceles, tras la Segunda Guerra Mundial se redujeron los aranceles con las negociaciones del Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT) y se levantaron barreras no arancelarias cada vez mayores, por lo tanto, el arancel medio no es una medida exacta de la protección, lo que llevó a muchos autores a utilizar otras medidas del nivel de protección. Todos ellos observaron que el crecimiento económico se veía afectado negativamente por las restricciones al comercio.

Por tanto, a pesar de las dificultades de estudiar la influencia de la apertura comercial en el crecimiento económico y de los resultados contradictorios a los que llegan los estudios sobre ello, se puede concluir que, como Helpman señala, “a pesar de las numerosas dificultades que existen en la literatura, es razonable concluir que los datos indican que la protección afectó negativamente a las tasas de crecimiento en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial. Y lo que es más importante, no hay ninguna prueba real de que la protección influyera positivamente en las tasas de crecimiento en este periodo” (Helpman, E., 2004. *The mystery of economic growth*, pág.100).

Queda expuesto el motivo por el que el grado de apertura comercial puede introducirse en el modelo neoclásico como una aproximación a la innovación. La inclusión de una variable que mide el grado de apertura comercial de los países permite explicar el crecimiento económico de los mismos, a través de la absorción de tecnología, de innovación. Cuanto mayor sea el grado de apertura comercial, mayor acceso a bienes intensivos en tecnología, y esto afecta positivamente al crecimiento, es decir, en el nuevo modelo se espera obtener que el grado de apertura comercial afecte positivamente al crecimiento, por la relación positiva con la tecnología.

En una economía global, una fracción muy importante del comercio que se produce a nivel mundial es la compraventa de bienes intensivos en tecnología.

Si se piensa en la economía española, por ejemplo, los bienes de consumo tecnológico domésticos como móviles, ordenadores, etc., son importados del exterior gracias al comercio internacional que permite la penetración tecnológica. Sin embargo, en los países que cuentan con mayores restricciones comerciales, el acceso a este mismo tipo de productos es más complejo. Por tanto, el acceso a la tecnología viene condicionado por la apertura comercial, y los bienes de tecnología tienen un fuerte intercambio comercial a nivel mundial.

A continuación, se procede a realizar el análisis empírico de la misma manera que en el apartado anterior. En primer lugar, se estimará el modelo neoclásico con la inclusión de esta nueva variable, el grado de apertura comercial. Y, posteriormente, se corregirán los problemas de heterogeneidad espacial y temporal.

3.2.2. Análisis empírico

La variable que permite medir el grado de apertura comercial de las distintas economías en el modelo que se plantea es *Innovación*, la cual hace referencia al porcentaje de participación de las exportaciones e importaciones en el PIB. Así pues, dicha variable se añade al modelo neoclásico de Solow de partida (Modelo1).

Modelo 3:

$$\text{Crecimiento}_{it} = \beta_1 + \beta_2 \text{Renta.per.cápita}_{it} + \beta_3 \text{Inversión}_{it} + \beta_4 \text{Crecimiento.población}_{it} + \beta_5 \text{Innovación}_{it} + u_{it}$$

Donde la novedad con respecto al modelo 1 es la adición de una nueva variable, *Innovación*, que mide el grado de apertura comercial de los países.

Se obtiene el siguiente modelo MCO combinados, calculado mediante el estimador robusto de la matriz de covarianzas dado por el método de Arellano.

Tabla 3.4. Regresión MCO combinados. Modelo 3. Modelo neoclásico ampliado
(Variable dependiente: Crecimiento)

Variables explicativas	
Constante	0,049*** (0,006)
Renta.per.cápita	-1,414e ⁻⁰⁶ *** (2,529e ⁻⁰⁷)
Inversión	-0,0002 (0,0002)
Crecimiento.población	0,010 (0,146)
Innovación	8,100e ⁻⁰⁵ *** (2,835e ⁻⁰⁵)
R²	0,255
Número de observaciones	259

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

Tras la inclusión de esta nueva variable en el modelo neoclásico, los resultados siguen mostrando una relación negativa y significativa entre el crecimiento económico y la renta inicial. Así mismo, la relación existente entre el crecimiento económico y la inversión, y entre el crecimiento económico y el crecimiento de la población, siguen sin ser significativas. La nueva variable muestra, como se esperaba, una relación positiva y significativa entre el crecimiento económico y la apertura comercial.

Por otra parte, el R^2 de este modelo es 0,255, es decir, la inclusión del grado de apertura comercial al modelo neoclásico mejora el poder explicativo.

Del mismo modo que en el apartado anterior, se van a obtener los contrastes que permiten decidir entre la mejor alternativa para corregir la heterogeneidad espacial y temporal.

Tabla 3.5. Diagnóstico del modelo de panel correspondiente al Modelo 3.

Estimador de efectos fijos	Significatividad conjunta de las medias de los diferentes grupos: $F(23, 231) = 2,354$ con valor p 0,001 (Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el modelo de MCO combinados es el adecuado, en favor de la alternativa de efectos fijos.)
Estimador de efectos aleatorios	Estadístico de contraste de Breusch-Pagan: $LM = 1,817$ con valor p = $\text{prob}(\text{Chi-cuadrado}(1) > 1,817) = 0,178$ (Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el modelo de MCO combinados es el adecuado, en favor de la alternativa de efectos aleatorios.)
	Estadístico de contraste de Hausman: $H = 28,371$ con valor p = $\text{prob}(\text{Chi-cuadrado}(4) > 28,371) = 1,049e^{-005}$ (Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el modelo de efectos aleatorios es consistente, en favor del modelo de efectos fijos.)

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

Los resultados de estos contrastes, recogidos en la tabla 3.5., permiten confirmar, de nuevo, la necesidad de utilizar un modelo de efectos fijos, de igual modo que ocurría en el modelo sin consideración de la tecnología.

Se realiza la regresión de efectos fijos individuales y temporales mediante la inclusión de las variables ficticias de unidad y tiempo en el modelo anterior (Modelo 3), para corregir la heterogeneidad espacial y temporal.

Modelo 4:

$$\text{Crecimiento}_{it} = \beta_1 + \beta_2 \text{Renta.per.cápita}_{it} + \beta_3 \text{Inversión}_{it} + \beta_4 \text{Crecimiento.población}_{it} + \beta_5 \text{Innovación}_{it} + \gamma_1 \text{Austria}_{it} + \gamma_2 \text{Bélgica}_{it} + \gamma_3 \text{Canadá}_{it} + \gamma_4 \text{Dinamarca}_{it} + \gamma_5 \text{Finlandia}_{it} + \gamma_6 \text{Francia}_{it} + \gamma_7 \text{Alemania}_{it} + \gamma_8 \text{Grecia}_{it} + \gamma_9 \text{Islandia}_{it} + \gamma_{10} \text{Irlanda}_{it} + \gamma_{11} \text{Israel}_{it} + \gamma_{12} \text{Italia}_{it} + \gamma_{13} \text{Japón}_{it} + \gamma_{14} \text{Luxemburgo}_{it} + \gamma_{15} \text{Países Bajos}_{it} + \gamma_{16} \text{Nueva Zelanda}_{it} + \gamma_{17} \text{Noruega}_{it} + \gamma_{18} \text{Portugal}_{it} + \gamma_{19} \text{España}_{it} + \gamma_{20} \text{Suecia}_{it} + \gamma_{21} \text{Suiza}_{it} + \gamma_{22} \text{Reino Unido}_{it} + \gamma_{23} \text{Estados Unidos}_{it} + \delta_1 1955_{it} + \delta_2 1960_{it} + \delta_3 1965_{it} + \delta_4 1970_{it} + \delta_5 1975_{it} + \delta_6 1980_{it} + \delta_7 1985_{it} + \delta_8 1990_{it} + \delta_9 1995_{it} + \delta_{10} 2000_{it} + u_{it}$$

Se obtiene el siguiente modelo MCO combinados, calculado mediante el estimador robusto de la matriz de covarianzas dado por el método de Arellano.

Tabla 3.6. Regresión MCO combinados. Modelo 4. Modelo neoclásico ampliado corregido de heterogeneidad espacial y temporal (Variable dependiente: Crecimiento)

Variables explicativas	
Constante	0,054*** (0,009)
Renta.per.cápita	-1,660e ⁻⁰⁶ ** (7,564e ⁻⁰⁷)
Inversión	-0,001*** (0,0003)
Crecimiento.población	0,307 (0,343)
Innovación	0,0003** (0,0001)

Austria	0,007 (0,006)
Bélgica	-0,015 (0,011)
Canadá	-0,007** (0,003)
Dinamarca	-0,002 (0,005)
Finlandia	0,010 (0,006)
Francia	0,005 (0,003)
Alemania	0,006 (0,005)
Grecia	0,004 (0,006)
Islandia	-0,003 (0,005)
Irlanda	-0,010 (0,009)
Israel	-0,005 (0,006)
Italia	0,009** (0,005)
Japón	0,027*** (0,004)
Luxemburgo	-0,023 (0,019)
Países Bajos	-0,009 (0,007)
Nueva Zelanda	-0,014*** (0,003)
Noruega	0,010

	(0,006)
Portugal	-0,002 (0,007)
España	0,008* (0,004)
Suecia	-0,001 (0,005)
Suiza	0,005 (0,006)
Reino Unido	-0,006 (0,004)
Estados Unidos	0,009* (0,005)
1955	-0,002 (0,003)
1960	0,014*** (0,003)
1965	0,016*** (0,005)
1970	0,006 (0,006)
1975	0,003 (0,008)
1980	-0,006 (0,010)
1985	0,006 (0,009)
1990	-0,004 (0,012)
1995	0,013 (0,012)
2000	-0,002 (0,016)

R²	0,559
Número de observaciones	259

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

Nuevamente se puede ver como el poder explicativo aumenta notablemente al añadir las variables ficticias al modelo, pasando el R² de 0,255 a 0,559.

Se observa como la renta per cápita mantiene una relación negativa y significativa con el crecimiento económico. Además, se obtiene una relación negativa y significativa entre inversión y crecimiento económico. Mientras que la relación entre el crecimiento económico y el crecimiento de la población sigue sin ser significativa. Respecto a la nueva variable, los resultados muestran que existe una relación positiva y significativa entre el crecimiento económico y el grado de apertura comercial. A mayor apertura comercial, mayor crecimiento.

La apertura comercial hace referencia a las ideas, al conocimiento, la tecnología, y esto, es clave en el crecimiento de las economías más ricas. Por lo tanto, queda constatada la gran relevancia que supone para el crecimiento de las economías desarrolladas la transferencia de tecnología, de innovación, más que la inversión en capital físico.

Si en lugar de trabajar con una muestra de economías desarrolladas, como son los 24 países de la OCDE que se están analizando, se tratara con una muestra de economías en desarrollo, seguramente no se llegaría a obtener el mismo resultado, sería el capital físico quien tendría una mayor importancia en el crecimiento, más que las inversiones en tecnología.

3.3. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS EMPÍRICO

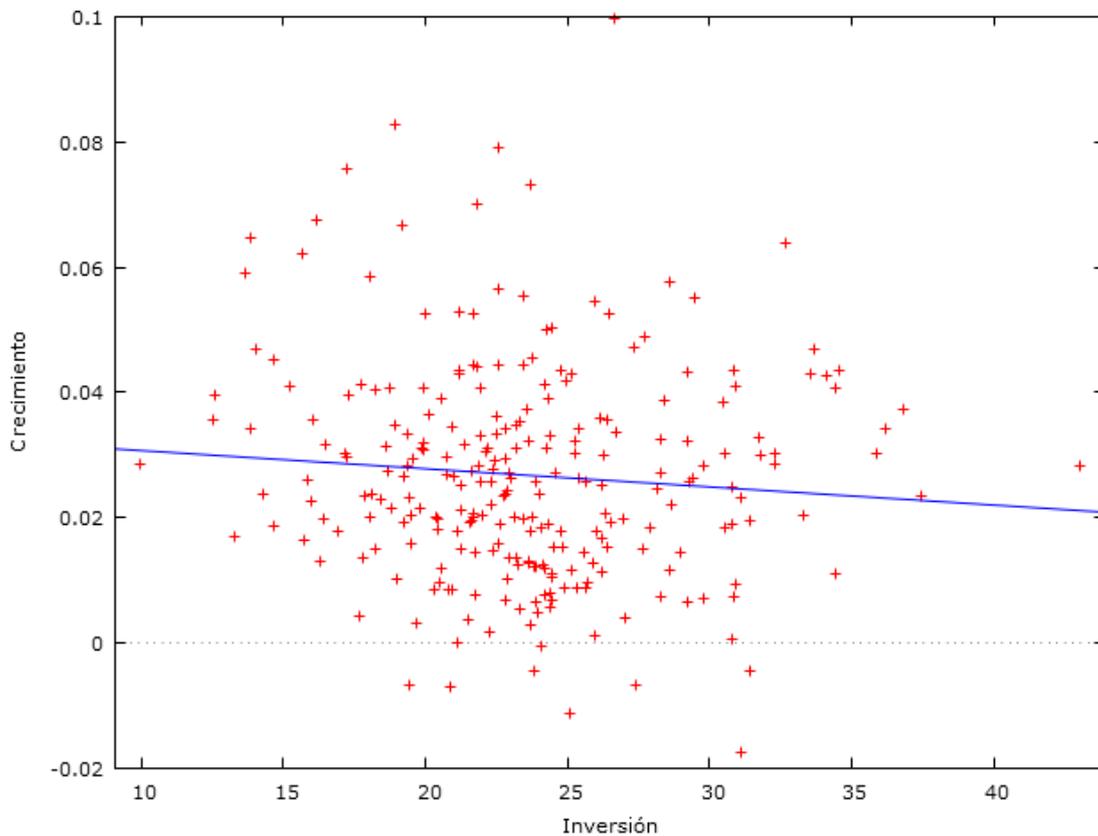
A continuación, se exponen las conclusiones que se obtienen del análisis empírico que se ha realizado.

Como se ha comentado en el primer apartado correspondiente a este capítulo del presente trabajo, el gráfico 3.1. muestra la existencia de una relación inversa entre la renta per cápita y el crecimiento económico. Esto corrobora la idea clave de los modelos de crecimiento neoclásicos, la convergencia entre países.

Cuando se corrige el modelo neoclásico de Solow de heterogeneidad espacial y temporal, la renta per cápita deja de ser significativa en la explicación del crecimiento económico. La corrección de heterogeneidad espacial y temporal en el modelo neoclásico ampliado, reduce la significatividad de la variable del 1% al 5%.

Los diferentes modelos econométricos que se han formulado también obtienen un efecto negativo de la inversión en el crecimiento económico.

Gráfico 3.2. Relación del crecimiento económico con la inversión.



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

Se ha realizado el anterior gráfico de dispersión que muestra dicha relación inversa. Esto se debe a la naturaleza de la muestra de países que se ha utilizado, ya que se trata de una muestra centrada, únicamente, en economías desarrolladas, como ya bien se ha comentado a lo largo del trabajo. Además, también puede ser debido a la existencia de rendimientos decrecientes, que como se ha expuesto en el modelo neoclásico de Solow, afectan en mayor medida a los países más desarrollados.

El grado de significatividad de la inversión, al igual que en la renta per cápita, varía de un modelo a otro en función de la inclusión o no de las variables ficticias para corregir la heterogeneidad espacial y temporal. La inversión pasa de no ser significativa a ser significativa al 1% cuando se tiene en cuenta dicha heterogeneidad, tanto en el modelo neoclásico base como en el modelo neoclásico ampliado.

Por otro lado, el efecto de la población en el crecimiento económico no resulta significativo en ninguna de las regresiones realizadas. Esto es, sin duda, debido también a la muestra de países.

El modelo de crecimiento neoclásico ampliado mediante la adición de la nueva variable, *Innovación*, que mide la apertura al comercio internacional, muestra la existencia de una relación directa y significativa de dicha variable en el crecimiento económico. De ello se traduce la importancia que supone la apertura comercial para los países más desarrollados. Los países desarrollados requieren de la absorción de tecnología que se produce gracias al comercio internacional para ser más competitivos, lo que influye significativamente en sus perspectivas de crecimiento.

Los resultados que se han obtenido para las variables inversión y crecimiento de la población no son los mismos que predice la teoría neoclásica, ya que se trata de variables que tienen mayor sentido para explicar el crecimiento de economías en desarrollo que el de países ricos. Siendo el grado de apertura comercial un elemento mucho más real para explicar la realidad de las economías desarrolladas.

4. CONCLUSIONES

El crecimiento de la economía mundial se ha acelerado desde el siglo XIX, y esto no puede atribuirse a la acumulación de capital que constituye el eje central del modelo neoclásico de Solow original, ya que este predice un descenso de las tasas de crecimiento hasta el estancamiento. Así pues, es necesaria la incorporación de una nueva variable, el cambio tecnológico, para explicar el crecimiento económico.

Las mejoras de la tecnología pueden aumentar la productividad del trabajo, del capital o de la tierra. La productividad total de los factores mide la eficacia conjunta de todos los factores que intervienen en la producción. “Existen pruebas convincentes de que la productividad total de los factores desempeña un importante papel en la explicación de las diferencias internacionales observadas entre los niveles de renta por trabajador y entre las pautas de crecimiento” (Helpman, E., 2004. *The mystery of economic growth*, pág.51). Por tanto, para comprender el crecimiento económico de los países, es necesario entender las fuerzas que determinan la productividad total de los factores, y el cambio tecnológico es un importante determinante de esta, idea que Solow defendía. Así mismo, numerosos autores han sostenido la importancia de la evolución tecnológica en el crecimiento económico moderno. En una economía global, los países más desarrollados tienen que innovar para ser más competitivos.

Frente al gran campo teórico que abarca una diversidad de formas de medir la tecnología, la selección del grado de apertura comercial como proxy a esta y determinante del crecimiento económico es una línea muy estudiada en literatura. Aunque se ha de tener en cuenta que son aproximaciones imperfectas, puesto que se trata de algo muy complicado de medir.

A lo largo de este proyecto, se han analizado empíricamente las conclusiones que se extraían del modelo neoclásico, el cual no considera a la tecnología como un determinante del crecimiento económico. Se ha comprobado que, para la muestra con la que se ha trabajado, 24 países de la OCDE para el periodo, en lustros, de 1950-2000, se cumple la idea fundamental de la teoría neoclásica, la convergencia entre países. Se ha obtenido que la inversión afecta al crecimiento negativamente y que el crecimiento de la población no supone un determinante significativo. La inversión y el crecimiento de la población no explican, por tanto, un aumento del crecimiento económico de estos países. Esto se debe a que se trata de variables que gozan de mayor sentido en la explicación del crecimiento económico de países en desarrollo que de países ricos.

La innovación, la tecnología, es un elemento clave para el crecimiento económico de los países desarrollados, y es un factor que no se considera en el modelo neoclásico de Solow. Por ello, se realiza una ampliación del mismo mediante la adición de una nueva variable que refleja la penetración de tecnología mediante el comercio. La influencia de

la apertura comercial en el crecimiento se verifica empíricamente, pues se obtiene la existencia de una relación positiva y significativa.

Por tanto, en cuanto al objetivo que se planteaba al comienzo de este trabajo, se ha determinado cuál es papel que la innovación tiene en el crecimiento económico de los países más desarrollados. Se ha confirmado la existencia de una relación positiva y significativa de la tecnología, aproximada mediante el grado de apertura comercial de los países, con el crecimiento económico.

En consecuencia, este estudio corrobora la relevancia de la innovación como determinante del crecimiento. Lo que pone de manifiesto la gran importancia que han de conceder los países a la innovación mediante políticas que la favorezcan, puesto que, aunque la inversión en innovación supone grandes costes en un primer momento y no genera resultados en el corto plazo, en el largo plazo, los niveles de vida sólo pueden mejorar gracias a la innovación. Una reducción del ritmo de la innovación tendría consecuencias negativas sobre las perspectivas de crecimiento a largo plazo a nivel mundial.

Por último, se exponen una serie de limitaciones que padece este proyecto. Aunque la muestra de los 24 países de la OCDE con la que se ha trabajado puede parecer homogénea a simple vista porque se trata de economías desarrolladas que comparten multitud de similitudes, en realidad no lo es. Para comprobarlo, se ha realizado un gráfico de cajas de la variable crecimiento (ver anexo II) y, efectivamente, se corrobora la existencia de outliers, pues los gráficos muestran cómo hay países que sobresalen por la parte alta, es decir, hay países que han registrado fortísimos crecimientos. La existencia de valores atípicos debe recibir el tratamiento de datos pertinente, puesto que pueden influir fuertemente en los resultados y se deberían eliminar. Esto es algo que no se ha considerado en el presente trabajo y que se pretende incorporar en ampliaciones posteriores del mismo. De igual manera, en un futuro, se pretende realizar una ampliación de la muestra.

Por otro lado, la elección del grado de apertura comercial como proxy a la innovación no está exenta de problemas. Además de la multitud de estudios que concluyen resultados opuestos, como ya se ha mencionado en este trabajo, la política comercial también suele estar fuertemente correlacionada con otras políticas del gobierno, siendo complicado encontrar un único indicador que aísle correctamente el nivel de apertura comercial. Aunque, en general, es un buen indicador de la innovación y parece que tiene una notable influencia sobre el crecimiento económico.

5. BIBLIOGRAFÍA

Acemoglu, D., (2009): *Introduction to modern economic growth*. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Aghion, P., Howitt, P., Bursztyn, L., (2009): *The economics of growth*. MIT Press, Cambridge, Mass.

Arellano, M., y Bover, O., (1990): “La econometría de datos de panel”. *Investigaciones Económicas (Segunda época)*. Vol. XIV, No. 1.

Bairoch, P. (1993): *Economics and World History*. University of Chicago Press, Chicago.

Barro, R. y X. Sala-i-Martin, (2004): *Economic Growth*. Cambridge, MA, MIT Press.

Clemens M. y Jeffrey G. Williamson, (2002): “Why Did the Tariff Growth Correlation Reverse after 1950?”. *NBER Working Paper*, No. 9181.

Cheng, L. K., Tao, Z., (1999): “The impact of public policies on innovation and imitation: The role of R&D technology in growth models”. *International Economic Review*, Vol. 40, No. 1.

Frankel J. y Romer D., (1996): “Trade and Growth: An Empirical Investigation”. *NBER Working Paper*, No. 5476.

Fritsch, M. y G. Franke, (2004): “Innovation, regional knowledge spillovers and R&D cooperation”. *Research Policy*, Vol. 33, No. 2.

Grossman, G. M. y Helpman, E. (1991): “Quality Ladders in the Theory of Growth”. *Review of Economics Studies*, Vol. 58, No. 1.

Grossman, G. M., Helpman, E., (1991): *Innovation and growth in the global economy*. MIT Press, Cambridge, Mass.

Helpman, E., (2004): *The mystery of economic growth*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass

Jones, C., (2002): *Introduction to Economic Growth*. W.W. Norton & Company, Nueva York.

Alonso, J.A., (2013): *Lecciones sobre economía mundial: Introducción al desarrollo y a las relaciones económicas internacionales*, 6ª ed. Civitas. Pamplona, Navarra.

Kuznets S., (1996): *Modern Economic Growth*. New Haven, Yale University Press.

Lockwood, William W., (1954): *The Economic Development of Japan: Growth and Structural Change, 1868-1938*. Princeton, Princeton University Press.

Lucas, R., (1988): “On the mechanics of economic development”. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22.

O’Rourke, K., (2000): “Tariffs and Growth in the Late 19th Century”. *Economic Journal*, Vol. 110.

O’Rourke, K. y Jeffrey G. Williamson, (1999): *Globalization and History: The Evolution of a Nineteenth Century Atlantic Economy*. Cambridge, MIT Press.

Pomeranz, K., (2000): *The Great Divergence*. Princeton, Princeton University Press.

Solow, R., (1956): “A contribution to the Theory of Economic Growth”. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1.

Ulku, H., (2004): “R&D, innovation, and economic growth: An empirical analysis”. *IMF Working Paper*, No. 04/185.

Wooldridge, J. M., (2010): *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, 2ª ed. Cambridge, MA, MIT Press.

ANEXO I

Regresión Mínimo Cuadrática Ordinaria que explica el crecimiento económico en función de la renta per cápita. Se verifica la existencia una relación inversa y significativa, es decir, sistemáticamente las economías más pobres crecen más.

$$\text{Crecimiento}_{it} = \beta_1 + \beta_2 \text{Renta.per.cápita}_{it} + u_{it}$$

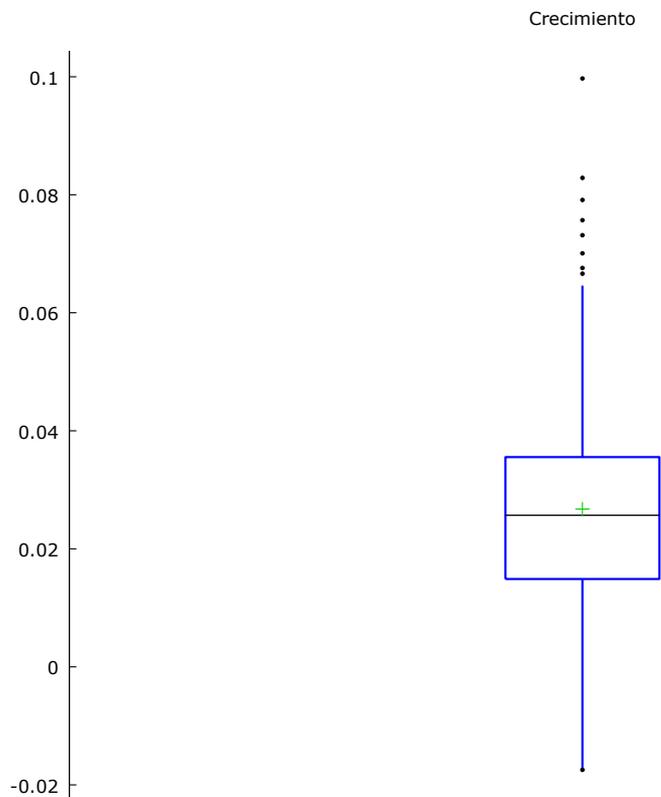
Tabla Anexo I. Regresión MCO combinados. Relación del crecimiento económico con la renta per cápita (Variable dependiente: Crecimiento)

Variables explicativas	
Constante	0,0445793*** (0,00460901)
Renta.per.cápita	-1,17632e ⁻⁰⁶ *** (2,9716e ⁻⁰⁷)
R²	0,228360
Número de observaciones	259

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la investigación.

ANEXO II

Gráfico Anexo II. Gráfico de cajas de la variable Crecimiento



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la investigación