



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ECONOMÍA

**UNA REVISIÓN EMPÍRICA DE LOS
DETERMINANTES DEL CRECIMIENTO
ECONÓMICO PARA LOS PAÍSES DE LA OCDE
(1996-2019)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

DANIEL MARINO TERREROS LEÓN

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ANTONIO MENDOZA HERNÁNDEZ

CIUDAD DE MÉXICO, 2022





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
1 REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
1.1 Introducción del capítulo.....	10
1.2 El enfoque keynesiano del crecimiento.....	10
1.3 El enfoque neoclásico del crecimiento.....	15
1.4 Teoría del crecimiento endógeno.....	20
1.5 Las críticas al crecimiento.....	26
1.6 Conclusiones del capítulo.....	29
2 HECHOS ESTILIZADOS SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO.....	32
2.1 Introducción del capítulo.....	32
2.2 Tasas de crecimiento.....	32
2.2.1 PIB.....	32
2.2.2 PIB per cápita.....	35
2.2.3 Población.....	40
2.3 Ahorro e Inversión.....	42
2.3.1 Ahorro.....	42
2.3.2 Inversión.....	45
2.4 Indicadores de progreso tecnológico.....	49
2.4.1 Gasto destinado a Inversión y Desarrollo (I+D).....	49
2.4.2 Productividad multifactorial.....	51
2.4.3 PIB por hora trabajada.....	53
2.5 Indicadores de capital humano.....	55
2.5.1 Tasa Bruta de Matrícula en diferentes niveles de educación.....	56

2.5.2 Índice de Capital Humano.....	58
2.6 Conclusiones del capítulo.	60
3 ANÁLISIS ECONOMETRICO DEL CRECIMIENTO.	61
3.1 Introducción del capítulo.	61
3.2 Crecimiento del PIB, PIB per cápita y crecimiento de la FBKF y tasa de ahorro.....	61
3.3 El progreso tecnológico y su influencia en el crecimiento económico.....	67
3.4 Efectos del capital humano sobre el crecimiento económico.	72
3.5 Un modelo general de crecimiento económico.	77
3.6 Conclusiones del capítulo.	85
4 CONSIDERACIONES FINALES.	88
Anexos.	96
Anexo A. El Modelo de Solow.	96
Anexo B. Las condiciones neoclásicas de una función de producción.....	98
Trabajos citados.....	100

INTRODUCCIÓN.

Dentro de la economía como ciencia social existen tantos temas que se necesitaría de un extenso número de páginas sólo para mencionarlos todos, estos han surgido para dar respuestas a las interrogantes fundamentales de la economía y han requerido de un impresionante ejercicio de reflexión teórico y a veces empírico por parte de sus respectivos autores. La mayoría de estas contribuciones han surgido en momentos específicos de la historia, como las primeras aportaciones al comercio internacional de David Ricardo y la crítica al capitalismo de Marx en el Siglo XIX, las respuestas de Keynes ante la Gran Depresión en la década de 1930, las contribuciones de Friedman al monetarismo a mediados del siglo pasado y más recientemente los estudios sobre la distribución del ingreso, de la mano de Nicholas Kaldor y sobre la pobreza, en donde destacan Thomas Piketty y Esther Duflo.

Sin embargo, una cuestión que se ha estudiado desde siempre en la economía y que los autores clásicos ya mencionaban es aquella correspondiente al crecimiento económico. Sobre tal objeto de estudio se han formulado numerosas opiniones de diversos autores. Los mercantilistas sostenían que la única forma de crecimiento era la acumulación de riqueza y metales preciosos, Adam Smith pensaba que mediante la división del trabajo y la búsqueda del bien individual se podía alcanzar un bien común que llevaría a la expansión del capitalismo, David Ricardo argumentaba que una forma de fomentar el crecimiento era mediante la división internacional del trabajo, aprovechando las ventajas comparativas de las naciones, así como destinar recursos a actividades productivas y no en gastos estériles.

Los autores clásicos tenían presente la noción de que el sistema económico debía expandirse para garantizar la cobertura de las necesidades de una población que crecía rápidamente. Muchos años después, ya en el Siglo XX, el crecimiento económico seguía siendo un debate importante y hoy esa relevancia sigue presente. En el siglo pasado cuando Keynes pretendía dar respuesta a la crisis que estaba atravesando el mundo y que la escuela neoclásica no pudo enfrentar, se encontró con que para salir del agujero había que dinamizar la economía, fomentar el gasto público y el empleo para incrementar la demanda agregada y con ello el nivel de producción, en otras palabras, había que dar incentivos para el crecimiento económico.

A partir de lo planteado por Keynes en su *Teoría General* surgieron dos contribuciones más formales sobre el crecimiento, de la mano de Roy Harrod y Evsey Domar, las cuales se presentan con mayor detenimiento en el primer capítulo de la investigación que corresponde a la revisión de literatura sobre el tema. Asimismo, a partir de estas dos propuestas la escuela neoclásica contestó con críticas hacia las mismas y con una propuesta propia del crecimiento, hecha famosa principalmente por Robert Solow. Posteriormente a las contribuciones que le valieron un Premio Nobel en 1987 a Solow, la teoría del crecimiento se ha visto complementada por otros autores y mediante la introducción de diferentes factores en el análisis, se ha vuelto

una rama de suma importancia en la ciencia económica y se ha enriquecido en las últimas décadas.

Pero ¿cómo se mide el crecimiento? Desde el Siglo XX y hasta el día de hoy se adoptó a nivel mundial la medición del Producto Interno Bruto (PIB) como el indicador principal de la economía, si bien en los últimos años han surgido críticas al mismo por no recopilar información sobre pobreza, desigualdad o trabajo no remunerado, no deja de ser un indicador de utilidad para medir el tamaño de una economía. Y cuando se hace referencia al crecimiento económico se hace referencia, a su vez, al crecimiento del PIB o lo que es lo mismo, el crecimiento del producto, de la producción o del ingreso. A su vez, la base teórica que sustenta el presente análisis establece que el crecimiento depende de factores tales como el stock de capital, la inversión, la tasa de ahorro, la tecnología, entre otros.

Estos factores tienen su propia unidad de medición, por ejemplo, el stock de capital y la inversión se mide en unidades monetarias y la tasa de ahorro es un porcentaje del producto total. En el caso de la tecnología, suele medirse con índices nacionales o internacionales basados en diferentes estándares como el gasto en investigación y desarrollo (I+D), el número de patentes registradas en el año o el PIB por hora trabajada. Específicamente para los países que comprenden el objeto de estudio actual se utiliza el PIB por hora trabajada o la productividad multifactorial, la cual es un índice que refleja la eficiencia con la que el capital y la mano de obra son utilizadas.

Es innegable que la utilización de modelos en la economía es sumamente útil, si bien estos modelos se basan en supuestos que en ocasiones pueden ser poco allegados a la realidad, no dejan de ser una herramienta analítica fundamental para la economía. Muchos de los modelos más importantes e influyentes se basan en supuestos que son debatibles, por decir lo menos. Ejemplos hay muchos, en microeconomía la teoría del consumidor se basa en axiomas y el principio de racionalidad, la organización industrial centra gran parte de su estudio en que las empresas tienen información completa, los modelos macroeconómicos se basan en supuestos que determinan si una variable es endógena o exógena, etc. Aun así, la utilidad de los modelos en la economía es muy amplia, pues son una abstracción del mundo real que permite aislar factores para facilitar el análisis.

A pesar de que los supuestos de los modelos pueden no ser los más confiables, los resultados de los análisis son, por lo regular, útiles para casi cualquier efecto, empero se deben reconocer sus limitantes. Establecer relaciones determinísticas no siempre es adecuado pues la influencia que tienen las variables económicas no suele ser unidireccional, a su vez se debe tener cuidado al confundir correlación con causalidad. Con esto en mente, se debe reconocer que la teoría del crecimiento ha establecido relaciones determinísticas y las contribuciones realizadas parece que no han ampliado la visión en este campo de la economía, sino que han estrechado el panorama que se tiene al respecto. Esto se vuelve un problema serio cuando se pretende moverse de la teoría a la práctica con decisiones de política económica que atienden solo una fracción de lo necesario para fomentar el crecimiento económico.

La consideración sobre la importancia de diferenciar correlación y causalidad va más allá de un asunto de semántica. Por correlación se entiende la relación estadística de dos variables, la cual puede ser medida por un coeficiente, mientras que al hablar de causalidad se hace referencia a que un fenómeno es resultado directo de otro previo o que sucede al mismo tiempo que otro, pero con un comportamiento determinado por él. En las estimaciones econométricas se establecen correlaciones, sin embargo, se suele confundir con la causalidad, entonces, ¿se puede afirmar que un fenómeno económico determina a otro en la medida que la correlación señala? Sí, pero la inferencia de dicha causalidad debe estar siempre fundamentada en la teoría, y de tal forma los resultados que se presentan en el Capítulo 3 y su interpretación se efectúan a partir de la literatura revisada.

Como menciona el título, el tema de investigación es una revisión empírica de los determinantes del crecimiento económico, delimitado a analizar las tendencias de los países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en el periodo 1996 – 2019. Para revisar si las tendencias que indican los modelos se cumplen para los países a estudiar se revisan los principales indicadores que intervienen en la formulación de estos, los cuales son el PIB, PIB per cápita, población, tasa de ahorro, productividad, entre otros. La justificación de la investigación es que comprender la dinámica del crecimiento y las tendencias generales de los indicadores mencionados de los países miembros de la OCDE es una necesidad imperante si se pretende trazar una senda de crecimiento para los países, pues teniendo clara esta dinámica se puede hacer más eficaz la toma de decisiones en aras del crecimiento económico.

También se debe considerar que los modelos de crecimiento han surgido en los países desarrollados y como tal, es más probable que sean aplicables o congruentes a la naturaleza de esos países avanzados. La OCDE es conocida coloquialmente como *el club de los países ricos* (y México) por lo que una investigación sobre la dinámica del crecimiento económico es relevante para comprobar la validez de la teoría. A su vez, el periodo a estudiar debe ser lo suficientemente largo para identificar tendencias en el tiempo, para tales efectos, un horizonte de poco más de 20 años resulta adecuado, además de que en la investigación serán empleadas algunas metodologías estadísticas con el propósito de encontrar relaciones significativas entre variables de interés, entonces es necesario contar con un número considerable de observaciones, las cuales son provistas por el horizonte temporal de 23 años.

Así, el objetivo general de la tesis es investigar si la teoría del crecimiento, considerando las variables que la misma señala, es aplicable a los países miembros de la OCDE, es decir, si lo que postulan los modelos es congruente con lo que se observa en la realidad. Del objetivo general se pueden derivar objetivos particulares, estos se desprenden de las contribuciones que posteriormente se hicieron a la teoría del crecimiento neoclásica, en donde otros factores como el capital humano fueron introducidos en el análisis por diversos autores. Primero, de la misma manera que se revisará lo propuesto en el objetivo general, se presentará evidencia sobre si las contribuciones a la teoría del crecimiento son acordes a lo que ha sucedido en los

últimos veintitrés años. Segundo, se buscará evidencia de si la convergencia entre países ha sucedido, es decir, si los países de la OCDE que no tenían indicadores tan favorables en 1996 han mostrado una tendencia a asemejarse a aquellos que en el mismo año se encontraban en una mejor posición.

Un tercer objetivo particular que se perseguirá en la investigación es estudiar si los países miembros de la OCDE están mostrando una tendencia a alcanzar un estado estacionario. El concepto se detallará formalmente en el marco teórico, pero a grandes rasgos significa que se va a analizar si el crecimiento económico de los países en términos per cápita muestran una tendencia al estancamiento. El modelo neoclásico establece que en un tiempo lo suficientemente alejado en el futuro las economías alcanzan el *estado estable*, en donde el producto y la población crecen a la misma tasa, por lo que el producto per cápita se vuelve constante a lo largo del tiempo.

El cuarto y quinto objetivo particular corresponden a identificar las variables de capital humano y progreso tecnológico que mejor ayuden a explicar el crecimiento. En la práctica existen diferentes indicadores que se pueden utilizar para medir estos conceptos, ya que en la teoría pueden resultar un tanto ambiguos, como el nivel de escolaridad promedio de la población, años de estudio, el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el porcentaje del PIB destinado a Investigación y Desarrollo (I+D), entre otros tantos que serán introducidos al lector en el segundo capítulo de este trabajo de investigación. De esta manera, los cinco objetivos particulares dan respuesta a factores aledaños al objetivo general.

Con el tema delimitado en tiempo y espacio, así como con objetivos establecidos para guiar el rumbo que seguirá la presente investigación es posible formular una hipótesis que será confirmada o rechazada una vez cubiertas las interrogantes que ocupan el tema. La hipótesis que se plantea es que la economía de los países miembros de la OCDE si tienen una dinámica de comportamiento acorde a la que establece la teoría del crecimiento, en donde la acumulación de capital es el factor fundamental para el crecimiento económico. Esto porque son países que en promedio cuentan con estándares altos de vida donde la inversión y el ahorro, tanto público como privado, tienen una fuerte influencia en la determinación del PIB.

Independientemente de lo anterior, la hipótesis debe ser complementada con los resultados que se obtengan a partir de los objetivos particulares. En ese sentido, si bien se plantea la premisa de que los países que son el objeto de estudio tienen una dinámica de crecimiento acorde al modelo neoclásico, no es resultado exclusivamente de la acumulación de capital sino de otros factores adicionales, la hipótesis así se complementa de la siguiente manera: La dinámica del crecimiento económico en los países de la OCDE si es congruente con lo que postula la teoría del crecimiento, sin embargo, el crecimiento de los países también está condicionado a factores que van más allá de la acumulación de capital y el progreso tecnológico.

Entonces, la hipótesis responde a lo planteado unos párrafos atrás, cuando se hizo mención de que establecer relaciones determinísticas y unidireccionales no siempre

es correcto y menos en temas de economía. Establecer este tipo de relaciones resulta inadecuado en un mundo donde la dinámica de crecimiento (y económica en general) es sumamente compleja, una sola variable no determina exclusivamente a otra, y nada asegura que el cambio en la segunda variable no tenga influencia en el futuro sobre la primera. Los modelos ayudan a simplificar la realidad y este trabajo se apoya de técnicas estadísticas y econométricas, sin embargo, estas consideraciones se deben tener siempre en mente al interpretar los resultados.

De esta manera se puede escapar de la estrecha visión de túnel en la que se suele caer cuando se habla del crecimiento. No se trata de que una cosa en particular sea la fórmula mágica para hacer que la economía crezca, tampoco se trata de que un modelo en particular ofrezca todas las respuestas o la verdad absoluta, de lo que sí se trata es de contar con una visión holística, teniendo siempre en consideración los diferentes aspectos que intervienen en la dinámica del crecimiento, pues sólo así es posible ofrecer soluciones verdaderas a los problemas verdaderos. Por tal es importante revisar las contribuciones a la teoría, no sólo desde la escuela neoclásica, sino también de las contribuciones hechas antes y después de la misma.

Con todo lo mencionado hasta ahora en esta breve introducción se procede a presentar cómo estará dividido el trabajo de investigación. El primer capítulo corresponde a la revisión de literatura o bien, al marco teórico, en donde se presentan todos los fundamentos sobre los cuales se sostiene esta investigación, el capítulo a su vez está dividido en secciones que exponen el enfoque keynesiano, neoclásicos, endógeno y las críticas a estos enfoques. Si bien el análisis de la investigación está centrado en la visión neoclásica y las aportaciones posteriores, esta surge a partir de una crítica al enfoque keynesiano, entonces no está de más revisar la formalización que hicieron los primeros autores.

Cabe apuntar que las propuestas de la teoría del crecimiento, ya sea la keynesiana, neoclásica o las contribuciones posteriores, tienen una formalización matemática robusta. En el Capítulo I no se presenta detalladamente el desarrollo de los modelos, se limita a una presentación con énfasis en las consideraciones teóricas que se desprenden de los mismos. Se debe señalar que las matemáticas son una herramienta fundamental para el análisis de las teorías del crecimiento, particularmente el cálculo diferencial y el álgebra, sin embargo, no se debe perder de vista que lo más importante son las ideas subyacentes a las ecuaciones y las interpretaciones que se derivan de los resultados, pues las matemáticas por sí solas sin el ejercicio de reflexión teórico que conllevan los análisis hechos por los autores nos dicen poco o nada del tema en cuestión.

En el segundo capítulo se presentan los hechos estilizados sobre el crecimiento económico en la delimitación temporal y espacial establecida. Se presenta de una manera descriptiva como ha sido el comportamiento de los indicadores más importantes para el análisis y posteriormente se realice la comparación entre países, en este capítulo se busca dar respuesta a las interrogantes ya señaladas previamente, tales como ¿los países si se comportan de manera congruente al modelo neoclásico? ¿Hay señales de convergencia entre países? En el capítulo tercero se desarrolla un

modelo econométrico utilizando los datos de las variables que, de acuerdo con la teoría del crecimiento tienen la influencia más relevante sobre el crecimiento del PIB, con el propósito de encontrar relaciones con significancia estadística.

Por último, en el capítulo cuarto se presentan las conclusiones de la investigación, los resultados obtenidos, consideraciones adicionales tales como las limitantes de los modelos y el alcance que tiene la presente investigación, todo con el propósito de ampliar e intensificar el debate alrededor de las teorías del crecimiento y su aplicabilidad en el mundo real. Asimismo, no se pueden dejar de lado las recomendaciones de política que pueden proporcionar soluciones o complementariedad a los principales problemas que enfrentan los países en la búsqueda del crecimiento económico.

1 REVISIÓN DE LITERATURA.

1.1 Introducción del capítulo.

El presente capítulo corresponde a la revisión de las aportaciones que existen en el campo de la teoría del crecimiento. Las ideas que los autores han desarrollado a lo largo de los años han evolucionado y la perspectiva que se tenía sobre el crecimiento económico a mediados del siglo pasado no es igual a aquella que se ha publicado desde finales de la década de 1980 hasta el día de hoy. Por ello, vale la pena hacer una cabal revisión sobre las aportaciones más influyentes en esta área del conocimiento. El capítulo se divide en apartados, de los cuales se habló brevemente unas páginas atrás en la introducción, donde se presentan los fundamentos teóricos de la investigación en orden cronológico, pues es una buena manera de estudiar la evolución de las ideas y el debate alrededor de ellas.

Primero se presentan las ideas de Harrod y Domar, quienes publicaron trabajos que se desenvuelven dentro del marco keynesiano y centran su atención en la influencia de la inversión en el crecimiento. En segundo lugar, se expone el enfoque neoclásico del crecimiento que al igual que el keynesiano da mucho peso a la inversión, pero introduce el papel del progreso tecnológico. Estas primeras dos partes corresponden a la llamada teoría del crecimiento exógeno y se exponen en los apartados 1.2 y 1.3 respectivamente. La cuarta sección del capítulo corresponde a las contribuciones posteriores, particularmente las desarrolladas a partir de la década de 1980 en las que se introduce el capital humano como motor del crecimiento, entre otras variables, es una exposición de la teoría del crecimiento endógeno. La quinta sección presenta las críticas alrededor de las primeras contribuciones y la sexta parte concluye el capítulo con una breve recapitulación.

1.2 El enfoque keynesiano del crecimiento.

Una de las primeras propuestas que fueron formalizadas con un rigor matemático mayor al de los economistas clásicos fue la de Harrod (1939), en su publicación "*Essay on dynamic theory*". El autor diferencia entre distintas tasas de crecimiento de la producción (ingreso), denomina G a la tasa de crecimiento observada, la cual es una fracción del producto; G_w a la tasa de crecimiento *garantizada* o de equilibrio. En el análisis también se incluye s , el ahorro privado, que también es una fracción del producto. Asimismo, C_p es el valor de bienes de capital requeridos para producir un incremento unitario de la producción, expresado en valores porcentuales. En el modelo el tiempo está implícito y el autor señala que su definición de "modelo dinámico" es aquel donde una tasa de crecimiento aparece como una incógnita, entonces plantea su ecuación fundamental:

$$G_w = \frac{s}{C_p} \quad (1.1)$$

Luego, puede representarse a C como el valor de los bienes de capital que incrementan la producción que ocurre en realidad, también expresado en valores porcentuales. Entonces:

$$G = \frac{s}{C} \quad (1.2)^1$$

Así, la tasa de crecimiento garantizada o de equilibrio se alcanza cuando $C_p = C$, pues el ahorro es constante. Ahora bien, el autor menciona que la tasa de crecimiento garantizada es sumamente inestable, pues las fluctuaciones en el ciclo de negocios afectan los valores de las variables involucradas, C_p y C . Cuando $C_p > C$, la tasa de crecimiento observada es mayor que la garantizada, cuando $C_p < C$, sucede lo contrario, así, cuando esos dos parámetros divergen, las tasas de crecimiento natural y garantizada también lo hacen. Dadas las ecuaciones (1.1) y (1.2), el equilibrio no se restaura, si no que las divergencias entre ambas tasas de crecimiento tienden a ampliarse.

En el marco de Harrod el fenómeno surge porque si $C_p > C$, conlleva a una tasa de crecimiento observada menor, porque s es fijo, a ese menor crecimiento, el sector privado responde aumentando el valor de los bienes de capital, lo cual deprime aún más la tasa de crecimiento observada, el mecanismo se repite cada periodo (ya sea cada año, trimestre, etc.) y la tasa de crecimiento observada se aleja cada vez más de la tasa de crecimiento de equilibrio. Por el contrario, cuando $C_p < C$, la tasa observada es mayor que la garantizada, el alto crecimiento induce presiones inflacionarias, a lo cual los individuos responden disminuyendo C_p , aumentando aún más la tasa observada y alejándola de su nivel de equilibrio.

El determinante de la tasa de crecimiento es la tasa de ahorro, puesto que es un parámetro constante y las fluctuaciones de C_p y C es lo que desestabiliza a la economía. El razonamiento se desprende de que para Harrod las decisiones de invertir y ahorrar son tomadas sólo por el sector privado, entonces las fluctuaciones en el ciclo de negocios es lo que afecta al crecimiento económico. Aunque Harrod formuló con ecuaciones sus propuestas del crecimiento, la aproximación que utilizó fue algebraica, lo cual presenta limitaciones para estudiar la evolución continua de las variables económicas a lo largo del tiempo, puesto que el análisis se enfoca sólo en un marco de estática comparativa. Al respecto, Evsey Domar (1946) en su artículo titulado “*Capital expansion, rate of growth and employment*”, publicado algunos años después del trabajo de Harrod, propone una aproximación complementaria.

Domar incorpora un factor muy importante en el análisis dinámico: el tiempo explícito. Así, el estudio de las variables económicas a partir de su enfoque se hace mediante el cálculo diferencial, específicamente diferenciando las variables con respecto del tiempo. Domar sostiene que el crecimiento económico está determinado por la inversión y la productividad, que a su vez determinan el nivel de empleo de la sociedad. La premisa principal del modelo de Domar es que la economía tiene cierta capacidad productiva, que se traduce en un producto potencial. Entonces la tasa de

¹ Observe que la única diferencia entre C_p y C , es que el primero es el valor de bienes de capital requerido o “deseado” y el segundo es el que ocurre realmente, o bien, el observado.

variación de la inversión repercute directamente en los niveles potenciales de la economía. El autor parte de la siguiente propuesta:

Sea I la inversión anual y sea s el valor neto potencial de los nuevos proyectos de inversión² (después de la depreciación). Entonces el valor neto anual de este potencial es sI . Pero la capacidad productiva de la economía no crece a esa medida, porque los proyectos nuevos involucran un movimiento de factores de la producción, que puede disminuir la productividad en otros sectores. Domar postula la siguiente ecuación:

$$I\sigma = \frac{dP}{dt} \quad (1.3)$$

La ecuación (1.3) significa que la inversión ponderada por la productividad potencial, denotada por σ , es igual a la variación de la productividad de la economía a lo largo del tiempo. Luego, Domar retoma la idea keynesiana del multiplicador, en donde establece que la propensión marginal a ahorrar parte de $\frac{dY}{dt}$ es decir, de la variación del ingreso, y no del ingreso per se, que no es una función de I , si no de $\frac{dI}{dt}$, además, dada la teoría del multiplicador, la propensión marginal a ahorrar, denominada por α , establece que el cambio en el ingreso es una función de la variación de la inversión expresada por:

$$\frac{dY}{dt} = \frac{dI}{dt} \frac{1}{\alpha} \quad (1.4)^3$$

Posteriormente, la condición de equilibrio establece que no es primordial que la productividad sea igual al ingreso, sin embargo, la condición es que el cambio de la productividad sí debe ser igual al cambio en el ingreso: $\frac{dP}{dt} = \frac{dY}{dt}$. Sustituyendo esta expresión en (1.4) y reordenando se tiene:

$$\frac{dI}{dt} = \alpha\sigma I \quad (1.5)$$

Donde (1.5) es una ecuación diferencial de primer grado, cuya solución es $I = I_0 e^{\alpha\sigma t}$, que es una senda de crecimiento de equilibrio donde $\alpha\sigma$ es la tasa e I_0 es la condición inicial en $t = 0$. El análisis del autor continúa al revisar dos casos, primero, lo que sucede si la inversión y el ingreso crecen a una constante r , no necesariamente igual a la tasa de equilibrio donde además $\sigma = s$, es decir cuando el valor potencial de la inversión es igual a su productividad potencial, se demuestra que se crea capacidad ociosa del capital. Segundo, cuando $\sigma < s$, es decir, cuando la productividad potencial media de los niveles de inversión anuales es inferior al potencial de los

² No se debe confundir la s de Domar que corresponde valor potencial de la inversión con la s de Harrod que corresponde al ahorro.

³ La igualdad surge del modelo de contabilidad nacional en una economía cerrada y sin gobierno: $Y = C + I$. Donde el consumo es una fracción del producto cY . Entonces $Y = cY + I$. Reordenando: $Y = [1/(1-c)]I$. Si se hace $\alpha = 1-c$ entonces que: $Y = \frac{1}{\alpha}I$. Diferenciando con respecto al tiempo se obtiene la ecuación (1.4).

nuevos proyectos de inversión, ocurre un proceso de obsolescencia donde la inversión nueva no trae beneficios adecuados y por lo tanto es probable que se posponga y al disminuir el crecimiento de la inversión se presiona a la baja el crecimiento del ingreso.

Ambas conclusiones se derivan de que la tasa de crecimiento del ingreso no sea igual a la de equilibrio, en cuyos casos la diferencia produce capacidad ociosa o bien, bajas tasas de inversión, como consecuencia en ambos casos, no se produce pleno empleo. La aportación fundamental de Domar es que el crecimiento económico se deriva del crecimiento de la inversión y de la asignación eficiente de los factores de la producción. Pues en su modelo, la intensificación del capital (la inversión) implica incrementos de la productividad de los trabajadores, incrementos que son congruentes y necesarios para mantener el pleno empleo. Y, con aumentos de productividad constantes, suponiendo que la oferta de mano de obra crece a tasas similares, los salarios se mantienen en un nivel de equilibrio, garantizando el crecimiento de la economía.

Las contribuciones teóricas de Harrod y Domar sentaron las bases para el estudio del crecimiento en la ciencia económica a partir de fundamentos matemáticos sólidos. A pesar de que los dos autores desarrollaron sus teorías en años diferentes, el modelo de Domar está sustentado en lo planteado por Harrod, por ello, el modelo que formuló Domar se conoce como el modelo Harrod-Domar. Ambos autores parten de las ideas keynesianas, donde es más evidente el caso de Domar, pues adopta la idea del multiplicador keynesiano, así como Harrod postula que el ahorro y la inversión son factores determinantes de la senda de crecimiento. El modelo es rígido y tiene limitantes importantes, como la función de producción implícita en el modelo con factores complementarios, pero no sustituibles, dificultando el razonamiento ante un cambio en la relación capital-trabajo (Franco et al, 2005), pero las limitantes se discuten en un apartado posterior.

Se debe hacer el señalamiento que los autores en sus respectivos artículos no mencionan explícitamente que horizonte temporal abarca su análisis, es decir, no hacen una diferenciación clara entre los efectos en el corto, mediano y largo plazo, sin embargo, dado que se trabaja bajo el marco teórico keynesiano no es descabellado asumir que los autores realizan su análisis empleando una perspectiva de corto plazo, en la cual la fluctuación de los indicadores macroeconómicos tienen una incidencia relativamente rápida en el crecimiento económico; además de que el equilibrio en sus modelos no se alcanza después de un tiempo específico, sino que depende de las condiciones inmediatas de las variables que intervienen en su análisis.

Sobre las contribuciones posteriores al modelo de Harrod-Domar destaca la crítica hecha al supuesto que señala que la demanda de inversión es siempre igual a la inversión realizada, o sea que el ahorro es siempre igual a la inversión, además que en el modelo el crecimiento del ingreso a lo largo del tiempo es infinito, dado que no existen limitantes por el horizonte temporal. Sobre esto, Baumol (1952) menciona que en el largo plazo el ingreso no puede crecer indefinidamente y en el contexto del

crecimiento planteado por Harrod, este convergerá a un valor asintótico. Baumol postula las siguientes expresiones alternativas para la inversión:

$$\begin{aligned} I_t &= a(Y_t - Y_{t-1}) + bY_t + d \\ I_D &= c(Y_t - Y_{t-1}) \end{aligned} \quad (1.6)$$

Donde I_t es la inversión realizada en el tiempo t e I_D es la demanda de inversión en el tiempo t , y a , b y c , son parámetros constantes. Además, se establece la condición que $[b > 0]$ y $[0 < c < a]$. La inversión realizada depende de la diferencia entre el ingreso actual y del periodo pasado, también, directamente del ingreso en el periodo actual más un coeficiente autónomo. Mientras que la demanda de inversión depende de una fracción de la diferencia entre el ingreso actual y el ingreso en el periodo anterior. La condición de equilibrio para sostener el crecimiento según Baumol es que la demanda de inversión y la inversión realizada sean iguales. Al igualar las expresiones y reordenarlas se tiene:

$$Y_t = \frac{a-c}{a-c+b} Y_{t-1} - \frac{d}{a-c+b} \quad (1.7)$$

Observe que (1.7) es una ecuación en diferencias de primer orden, cuya solución está dada por: $Y_t = \left[\frac{a-c}{a-c+b} \right]^t Y_0 - \frac{d}{b}$. Debido a las condiciones establecidas para los parámetros a , b y c , el coeficiente de Y_0 (la condición inicial) es menor a la unidad, por lo tanto, en un tiempo suficientemente alejado en el futuro, es decir cuando $t \rightarrow \infty$, Y_t convergerá a un valor asintótico $-\frac{d}{b}$. Es decir, el ingreso no puede crecer indefinidamente, según lo planteado en el modelo original de Harrod. La contribución de Baumol a la teoría del crecimiento es somera dado que sus interpretaciones y conclusiones al respecto se desprenden directamente de la ecuación de la inversión que formula arbitrariamente, además, a diferencia de Domar, Baumol plantea un escenario de tiempo discreto, no continuo.

Asimismo, otra consideración introduce el cambio de los precios en el modelo, y plantea que el crecimiento del ingreso es estable sí y sólo si el precio relativo de los bienes de capital y de los bienes de consumo se mantiene constante, por lo que también es necesario que su variación sea igual (Sinkai, 1963), esta contribución flexibiliza el modelo original, pues se considera exclusivamente a los bienes de capital y el consumo no es introducido en primera instancia. Sin duda el cambio en el nivel de precios es una variable que debe considerarse, sin embargo, es un factor que no se introduce en los modelos de crecimiento posteriores pues su incorporación dificulta la abstracción y desvía la atención del análisis del crecimiento hacia uno donde los precios adquieren un papel protagónico.

Los dos modelos presentados, el de Roy Harrod y el de Evsey Domar parten de un análisis keynesiano de corto plazo, pero la dinámica de ambos depende de reacciones de diferentes agentes pues el equilibrio se alcanza de diferentes maneras. En Harrod la dinámica del crecimiento surge a partir de las reacciones empresariales donde las decisiones de invertir en mayor o menor medida las toman estos individuos. Por otro

lado, en Domar la dinámica del crecimiento depende del mantenimiento del pleno empleo (Asimakopulus, 2013), que no se introduce en una variable específica en el modelo, pero está implícito en la senda de crecimiento de la inversión necesaria para mantener el pleno empleo, que a su vez mediante la dinámica del multiplicador influye en la variación del producto a lo largo del tiempo.

Los modelos de crecimiento keynesianos fueron las primeras contribuciones importantes a este campo del conocimiento en la economía. La formalización de las interacciones entre los agregados macroeconómicos formulados por Harrod y Domar abrieron la puerta para la publicación posterior de nuevas ideas sobre el tema. El keynesianismo fue ampliamente aceptado durante y después de la Gran Depresión que atravesó Estados Unidos en la década de 1930, principalmente porque se enfocaba en las fluctuaciones de la economía en el corto plazo además de que el entonces pensamiento dominante neoclásico fracasó en ofrecer soluciones a la crisis económica que se estaba atravesando.

John Maynard Keynes, de formación neoclásica adquirida en Cambridge, estaba consciente de las limitantes que tenía esta escuela de pensamiento y cuando el mundo exigía respuestas a las nuevas interrogantes surgidas por los problemas de la crisis de 1929 sus ideas adoptaron una relevancia enorme. Durante lo que Joan Robinson (1971) denominó la *segunda crisis de la teoría económica* cuando la ortodoxia neoclásica no pudo dar respuestas convincentes, las ideas *heterodoxas* de Keynes se convirtieron en la *nueva ortodoxia*, en el nuevo pensamiento dominante. A partir de ello fue que se derivaron teóricos y seguidores de la escuela de pensamiento que adoptó el nombre del economista que la impulsó (algo de lo que sólo Keynes y Shumpeter pueden presumir) y se publicaron contribuciones y extensiones a esta, entre ellas las aportaciones de Harrod y Domar a la teoría del crecimiento económico.

1.3 El enfoque neoclásico del crecimiento.

Aun cuando la escuela de pensamiento keynesiana dominaba el panorama económico de la postguerra la escuela neoclásica no dejó de existir. Había numerosos aspectos de los cuales los keynesianos no se ocupaban, en particular de aspectos microeconómicos, pues su análisis se centraba en las fluctuaciones de los agregados (demasiado generalizados) macroeconómicos en el corto plazo, lo cual se vuelve evidente cuando se recuerda una famosa frase de Keynes: “En el largo plazo todos estaremos muertos”. Con esa frase no se pretendía desprestigiar los movimientos de la economía a largo plazo, sino centrar la atención en el hoy y el futuro inmediato, pues era lo necesario para atender los problemas de la época. Pero precisamente a partir de esta perspectiva, los autores neoclásicos identificaron limitantes en los planteamientos teóricos que sustentaban el modelo de Harrod y Domar.

En primera instancia, se identificó que el crecimiento desde la perspectiva keynesiana es inestable; en Harrod cualquier desviación de la tasa natural y la tasa garantizada de crecimiento acentúa las divergencias entre ambas y en Domar cuando la inversión crece a una tasa diferente a $\alpha\sigma$ se rompe el esquema del pleno empleo y del crecimiento, pues como se mencionó se produciría capacidad ociosa u

obsolescencia de los bienes de capital. En otras palabras, se podría decir que el crecimiento económico desde el enfoque de la escuela keynesiana pende de un hilo considerablemente endeble, pues dentro del modelo no existen aseveraciones que guíen la senda de crecimiento de la economía de vuelta a un equilibrio, una vez que el desequilibrio se alcanza ya no hay nada que hacer.

En segundo lugar, dado que el keynesianismo se preocupa primordialmente del corto plazo se identificó una suposición subyacente al modelo que tiene que ver con la función de producción implícita. En el modelo de crecimiento keynesiano, particularmente el formulado por Domar, se establece que la variación del producto con respecto al tiempo depende de la inversión (que para los neoclásicos no es otra cosa que el cambio en el acervo de capital) y esta a su vez está relacionada con el mantenimiento del pleno empleo, entonces se puede establecer que el producto es una función del capital y del empleo. Ahora bien, el problema surge a partir de que esta función de producción es de corto plazo, lo cual genera rigideces que afectan directamente las conclusiones del modelo.

Elaborando sobre el argumento, el hecho de que la función de producción sea de corto plazo establece que los factores involucrados no son intercambiables entre sí, sino que se introducen en proporciones fijas (Sato, 1964). Esta rigidez de factores es lo que produce rigidez también en la producción que a su vez es la causa del desequilibrio en el crecimiento. Para contrarrestar estos efectos los autores Trevor Swan y Robert Solow, pertenecientes a la escuela neoclásica, formularon cada uno por su parte contribuciones a la teoría del crecimiento, en donde establecen factores de la producción flexibles (intercambiables entre sí), de este modo las conclusiones son contrarias a la de los primeros dos autores, pues ahora el crecimiento tiende al equilibrio aun cuando existen fluctuaciones que lo desvíen momentáneamente.

La función de producción implícita en los modelos keynesianos fue el aspecto más criticado por los neoclásicos, por ello en sus modelos se exponía una función de producción explícita, particularmente de la forma Cobb-Douglas. El primero en publicar un artículo al respecto fue Trevor Swan en su *Economic growth and capital accumulation* (1956) en donde plantea la función de producción $Y = K^\alpha L^\beta$, donde $\alpha + \beta = 1$. La conclusión del modelo que presenta Swan y se expone someramente aquí es que la tasa de crecimiento del capital y la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo determinan en conjunto la tasa de crecimiento del producto. La dinámica del modelo sucede cuando el producto crece a un ritmo más acelerado que el capital, provocado por una intensificación en el factor trabajo, por lo tanto, el cociente $\frac{Y}{K}$ incrementa hasta el punto en el que el crecimiento del capital es igual al crecimiento de la fuerza de trabajo n .

Después de ese punto el capital crece más rápidamente que el producto por lo que el cociente mencionado disminuye. Lo que ocurre entonces en el modelo de Swan es que la economía tiende a dirigirse al punto donde n y $s\frac{Y}{K}$ (la relación producto-capital ponderada por la tasa de ahorro) son iguales, a este punto Swan lo llamó estado estacionario. Cabe señalar que el concepto del *estado estacionario* no fue acuñado

por Swan, es un término que ya se había mencionado en numerosas ocasiones, pero desde diferentes enfoques. Una opinión al respecto, formulada desde el siglo XIX, aseguraba que el estado estacionario sucedería en todos los países, incluidos los ricos, si las *artes productivas* no evolucionaban en el tiempo (Mill, 1848). El profesor Pigou mencionaba que el estado estacionario podía ser alcanzado cuando los salarios reales indujeran el pleno empleo (Pigou, 1943) y Paul Samuelson (1943) comentaba sobre las consideraciones semánticas del concepto diferenciando entre un estado estacionario y uno estático, el primero es un estado donde la economía está en equilibrio pero continúa creciendo y el segundo se refiere a una economía estancada.

Al mismo tiempo que Trevor Swan trabajaba en la publicación de su artículo otro economista neoclásico, Robert Merton Solow, hacía lo mismo por su parte. A partir de las mismas consideraciones que ya se habían hecho a la perspectiva keynesiana del crecimiento, Solow publicó un influyente artículo titulado *A contribution to the theory of economic growth*, en donde formulaba su modelo de crecimiento desde la perspectiva neoclásica, tal obra y las contribuciones posteriores que el autor hizo a su mismo trabajo llevó a que sus postulados se conocieran como *el* modelo neoclásico del crecimiento. Su análisis es muy claro, pues al comienzo de su artículo menciona que abandona el supuesto implícito de la función de producción con factores fijos e introduce una función de producción explícita.

Solow (1956) plantea que la producción neta (también indistintamente denominada como producto o ingreso) es una función del trabajo (entiéndase fuerza de trabajo, empleo, mano de obra, etc.) y capital existentes una vez eliminada la depreciación, es decir, $Y = F(K, L)$, que en palabras del autor la función se comporta “bajo las condiciones neoclásicas estándar”⁴. A su vez, la inversión neta es una fracción del producto, que se expresa como el cambio del capital con respecto al tiempo, bajo el supuesto de que el ahorro es igual a la inversión entonces se tiene que $\frac{dK}{dt} = sY$. Rescatando la idea de Swan, en este modelo el trabajo también crece a una tasa exponencial n , por lo que la inversión neta puede escribirse como: $\frac{dK}{dt} = sF(K, L_0 e^{nt})$, donde L_0 es una condición inicial de la población, entonces esa expresión determina la senda de crecimiento del capital.

La expresión $\frac{dK}{dt} = sF(K, L_0 e^{nt})$ es una ecuación diferencial que puede resolverse para K y encontrar el valor o acervo de capital para cualquier periodo de tiempo, pero observe que $Y = F(K, L)$ es una función generalizada, entonces sin conocer explícitamente la forma de la función no se puede resolver la ecuación diferencial. Sin embargo, para los efectos que plantea Solow no es necesario, pues las conclusiones del modelo se centran en la acumulación del capital y sus impactos en

⁴ Las condiciones neoclásicas estándar hacen referencia a las condiciones de Inada, nombradas en honor de Kenchi Inada, un economista japonés que las formuló buscando una forma funcional específica que garantizaran condiciones matemáticas congruentes con la teoría neoclásica. La forma funcional por excelencia que cumple las condiciones es la de tipo Cobb-Douglas.

el crecimiento económico. La conclusión de este modelo neoclásico elemental es que la tasa de ahorro determina la fracción del producto que se ahorra y que por lo tanto, se invierte. A diferencia de lo que plantea Swan, para Solow el equilibrio o el estado estacionario se alcanza cuando el trabajo y el capital crecen a la misma tasa y el ahorro iguala a la depreciación del capital existente. Por lo tanto, la tasa de crecimiento del ingreso per cápita es cero.

El estado estacionario en el modelo de Solow, como mencionado en el último párrafo se alcanza si las condiciones de la economía son *normales*. En el mismo artículo ya citado, Solow presenta casos donde el estado estacionario tiene una dinámica diferente, por ejemplo, cuando la función de producción no es estrictamente cóncava puede haber más de un punto de equilibrio en donde el ahorro iguale la depreciación pero en diferentes niveles. Otra consideración es cuando la depreciación es siempre superior al ahorro, en cuyo caso la formación de capital no existe. Sin embargo, más que una formulación adicional, estas consideraciones son curiosidades teóricas que presenta el autor y que están relacionadas con la forma específica de la función de producción.

Hasta ahora el modelo se ha presentado de manera escueta y el motivo es porque el autor años después lo reconsideraría añadiendo el factor tecnológico que es tan importante en la teoría del crecimiento neoclásica, esto se expone páginas más adelante. Es conocido entre la comunidad económica que el modelo de Solow se volvió famoso por considerar el progreso tecnológico como un parámetro relevante en el análisis del crecimiento, pero como el lector podrá notar hasta ahora no se ha hecho mención alguna a tal factor, porque Solow aun no lo tenía en mente cuando publicó su primer artículo. Sin la intención de permanecer exclusivamente en un campo teórico de la economía, Solow buscó evidencia empírica sobre la naturaleza del crecimiento en los Estados Unidos con base en lo que él mismo señalaba en su primera publicación. Así, lo que se esperaba era que el crecimiento del producto respondiera a incrementos en el stock de capital, es decir, a la inversión neta, además de que hubieran rendimientos constantes a escala y un producto marginal decreciente.

La sorpresa no se hizo esperar y Solow descubrió que el producto por trabajador no era constante sino que además tendía a incrementar sostenidamente en el periodo que estudió (1909-1949). Entonces no había muestra de un estado estacionario y si en algún punto se iba a alcanzar sería en un futuro muy alejado. Además había evidencia de la existencia de rendimientos crecientes a escala pues el producto incrementaba en proporciones mayores que los incrementos del capital y la mano de obra. Solow reconoció que debía existir un factor externo que influenciara el constante crecimiento del producto y del producto por trabajador ya que la mera acumulación de capital y por ende el aumento de la razón capital-mano de obra no era suficiente para explicar satisfactoriamente la dinámica del crecimiento.

A raíz de su análisis en su artículo *Technical change and the aggregate production function*, publicado un año después del citado previamente, el autor reconoce que el progreso tecnológico es un factor importante para explicar el constante crecimiento

del producto. De una manera creativa pero arbitraria, Solow mide el progreso tecnológico como un índice de la razón producto-horas hombre trabajadas, en donde el año base es 1909 (el primero de su serie) y encuentra que en el periodo estudiado de 40 años la razón casi se ha duplicado (Solow, 1957). De hecho, en las revisiones estadísticas el autor econotró que la acumulación de capital y mano de obra sólo explicaban cerca de 1/8 del crecimiento del producto. La fracción restante se atribuye al aumento de la productividad total de factores o bien al progreso tecnológico y se le denominó “el residuo de Solow” (Reyes, 2010).

Independientemente de añadir un factor adicional al análisis del modelo neoclásico como lo es el progreso tecnológico, las interpretaciones que se derivan se expanden, pero no alteran significativamente las conclusiones del modelo, en otras palabras, la dinámica del crecimiento es muy similar a la del modelo neoclásico elemental. La inversión neta aun depende proporcionalmente de la tasa de ahorro, el producto sigue siendo una función del capital y del trabajo y el estado estacionario sigue estando presente en las condiciones teóricas. En términos más formales, una versión estilizada del modelo neoclásico del crecimiento puede encontrarse en Sala-i-Martin (2000), donde a partir de la función de producción $Y = F(K, AL)$ que establece que la tecnología (A) aumenta la eficiencia del trabajo (L), al dividir la función entre AL se obtiene la producción medida en unidades de eficiencia: $y = f(\hat{k})$, mediante un tratamiento algebraico se obtiene la ecuación fundamental del modelo:

$$\frac{d\hat{k}}{dt} = sf(\hat{k}) - (n + \delta + x)\hat{k} \quad (1.8)$$

Dónde \hat{k} es el stock de capital por unidades de eficiencia ($\frac{K}{AL}$), s es la tasa de ahorro, n es la tasa de crecimiento de la mano de obra, x es la tasa de progreso tecnológico y δ es la depreciación del capital. $f(\hat{k})$ es la función de producción de la economía en unidades de eficiencia ($\frac{Y}{AL}$). La ecuación 1.8 dice que la tasa de crecimiento del capital medido en unidades de eficiencia es directamente proporcional a la tasa de ahorro, también, mientras mayor sea el crecimiento de la población y la depreciación, el crecimiento del capital en el tiempo será menor. Se puede demostrar que en el estado estacionario el capital por trabajador y la tecnología crecen a la misma tasa, consecuentemente el PIB per cápita también⁵.

Al introducir el papel de la tecnología el modelo ofreció una extensión importante a la teoría del crecimiento, sin embargo, seguían existiendo interrogantes sobre el comportamiento de la tecnología. El autor no indagó más en este asunto, pero sí reconoció que incrementar el stock de capital es una condición necesaria, aunque no suficiente, para el crecimiento económico, pues el progreso tecnológico juega un papel crucial (Solow, 1962). El problema principal del modelo es que el crecimiento de la tecnología es exógeno, es decir, se determina fuera del escenario planteado. Como se puede observar claramente el progreso tecnológico si está explícitamente

⁵ Véase Anexo para el desarrollo completo del modelo.

en el modelo, sin embargo, no existe ninguna explicación sobre sus determinantes, simplemente se toma como un valor dado.

Las contribuciones neoclásicas fueron de suma relevancia, tanto así que los planteamientos teóricos fueron aplicados en países del África subsahariana, pues con la enseñanza del modelo se tenía la esperanza que mediante ayuda internacional para gasto público en inversión y tecnología en esos países se lograra fomentar el crecimiento, sin embargo no hubo éxito alguno (Easterly, 2001). Como se aprecia en la ecuación 1.8, el planteamiento matemático neoclásico es más complejo que aquel que hicieron Harrod y Domar, sin embargo, esto no necesariamente significa que sea mejor.

Durante las décadas de 1960 y 1970 el debate sobre el crecimiento se apagó, las ideas desarrolladas en esos años no fueron de relevancia pues, aunque los modelos de crecimiento eran más refinados matemáticamente, su aplicabilidad era casi nula (Sala-i-Martin, 2000). Fue hasta la década de 1980 que el intercambio de ideas al respecto se reavivó, retomando las ideas del crecimiento basado en progreso tecnológico, pero prestando especial atención a los determinantes de este.

1.4 Teoría del crecimiento endógeno.

A diferencia del debate entre keynesianos y neoclásicos, los teóricos del crecimiento endógeno no son la representación de otra escuela de pensamiento en la economía. La teoría del crecimiento endógeno se desprende directamente de los modelos de Solow y Swan, pero se dedican a reforzarlo y llenar un vacío teórico que los modelos neoclásicos originales dejaron atrás. Como se presentó en la subsección anterior, una característica del modelo de Solow es que el progreso tecnológico es una constante dada dentro del planteamiento tanto teórico como matemático, pues no existen una forma explícita de decir cómo el progreso sucede a lo largo del tiempo, por lo tanto, es una variable que se denomina exógena.

Una definición adecuada de la teoría del crecimiento endógeno es que son trabajos que buscan respuestas sobre el comportamiento del crecimiento dentro del mismo sistema y no mediante efectos exógenos, reconocen la importancia del trabajo de Solow pero consideran que el progreso tecnológico se desenvuelve a partir de lo que hace la población, de lo que aprende y pone en práctica (Romer, 1994). Estas contribuciones no sólo pretenden desarrollar una crítica al modelo neoclásico sino aumentarlo y robustecerlo al introducir variables adicionales que ayuden a explicar la dinámica del crecimiento de largo plazo.

Partiendo de esto último las contribuciones a la teoría del crecimiento en la década de 1980 se enfocaron en estudiar los determinantes del progreso tecnológico, pero también en considerar más variables que no fuesen exógenas, para poder ofrecer una explicación del crecimiento sin depender del comportamiento de una variable que no se determina dentro del modelo. La tarea en la que se centraban estas extensiones del modelo neoclásico fue lo que le valió el nombre con el cual son conocidas, la teoría del crecimiento endógeno. Para lograr su cometido era necesario formular una función de producción diferente a la de Solow con lo que además se abandonaban

algunos de los supuestos de los cuales partía el modelo neoclásico, específicamente el que señalaba rendimientos decrecientes del capital.

A partir del estudio empírico hecho por Solow que fue citado previamente, la evidencia de la existencia de rendimientos crecientes del capital llevó a Paul Romer a considerar que el capital podía separarse en dos, en capital físico y capital humano. Así, de acuerdo con esta perspectiva los rendimientos crecientes del capital que experimentó la economía norteamericana no se debían sólo a un progreso tecnológico exógeno que aumentaba la eficiencia del capital físico, sino a la acumulación de conocimiento que potenciaba al capital humano (Romer, 1986). Esta separación entre capital físico y capital humano fue un aporte de gran relevancia en el desarrollo de la teoría endógena y fue la primera en donde se introducía el conocimiento como un determinante del progreso tecnológico, del capital humano y con ello, del crecimiento económico.

Con la perspectiva keynesiana y neoclásica del crecimiento se establecieron modelos que representaban la visión general de aquella era de la teoría del crecimiento, sin embargo, cuando la teoría del crecimiento endógeno entró a la discusión se desarrollaron numerosos modelos que intentaban explicar el progreso tecnológico y los rendimientos crecientes a escala. El modelo más elemental, formulado por Rebelo se basa en una función de producción de la forma lineal $Y = AK$, que siguiendo el mismo tratamiento algebraico del modelo neoclásico y sustituyendo en la ecuación fundamental y dividiendo entre k se obtiene:

$$\frac{\dot{k}}{k} = sA - (\delta + n) \quad (1.9)$$

Es una forma muy similar a la neoclásica tradicional, pero mediante el análisis del significado de la función de producción las conclusiones que se derivan son diferentes. El primer punto es que no se incluye el trabajo (L) en la función de producción, porque para Rebelo es necesario invertir en la capacitación de los individuos a lo largo de su vida, se destinan recursos a su educación, su vivienda, vestido, etc., pero aún más importante, conocimiento. Por lo tanto, el trabajo y el capital son ambos capitales, uno humano y el otro físico (Rebelo, 1990). La diferencia más importante es que no existe convergencia a un estado estacionario, obsérvese como en la ecuación 1.9 la tasa de crecimiento del capital per cápita es la diferencia de dos números constantes, ergo, la tasa de crecimiento también es constante a lo largo del tiempo.

Recuérdese que este modelo sigue trabajando bajo el marco neoclásico solo con una función de producción diferente, aunque se puede demostrar que la función $Y = AK$ no cumple con todas las condiciones “neoclásicas estándar”. Sin embargo, en este caso el producto per cápita sigue siendo función del capital per cápita⁶, al igual que en modelo de Solow, por lo tanto, la tasa de crecimiento del producto por persona

⁶ A partir de $Y = AK$, en términos per cápita: $\frac{Y}{L} = \frac{AK}{L}$, por lo tanto, sea: $y = \frac{Y}{L}$ y $k = \frac{K}{L}$, se tiene que $y = f(k)$.

crece a la misma tasa que el capital por persona. Aquí, el papel de A sigue siendo una medida del progreso tecnológico, pero específicamente de la eficiencia del capital existente (físico y humano), esto se observa directamente de la función de producción, pues A es un coeficiente constante que indica en cuanto aumenta el producto Y ante un aumento unitario del capital.

Es notable que la estructura de la ecuación es casi idéntica a la del modelo neoclásico pero las conclusiones cambian cuando se reconfigura el análisis de la función de producción. La endogeneidad en el modelo se deriva de la consideración de que tanto para el capital humano como para el físico hay que invertir, entonces el crecimiento ya no depende de una variable exógena sino del stock de capital. El capital en este modelo tiene rendimientos positivos (primera derivada igual a A) y no decrecientes, específicamente, son constantes; lo cual se observa a partir de que la segunda derivada del producto con respecto al capital es cero. Esta cualidad hace que el crecimiento pueda ser lineal y no converja a un estado estacionario en donde el producto per cápita se mantenga constante.

Independientemente de la simplicidad del modelo, el análisis teórico que resulta de incorporar una función de producción diferente que no cumple todas las condiciones neoclásicas abre una nueva puerta para el estudio del crecimiento. Incluso con el planteamiento simple del modelo con tecnología AK se pueden ofrecer conclusiones más apegadas a la realidad, pues dado que el producto per cápita en la realidad muestra un incremento constante a lo largo del tiempo, los rendimientos positivos y constantes del capital (humano y físico) ayudan a explicar este comportamiento, cosa que el modelo neoclásico no hacía.

Obsérvese que el análisis no reside en el incremento de A en el tiempo, de hecho es una constante, sino del factor que incide en el constante crecimiento del producto per cápita: el capital. Pero es específicamente la acumulación de capital humano y de capital físico, así como de conocimiento lo que posibilita el constante incremento del producto per cápita a lo largo del tiempo. Entonces el crecimiento no debe explicarse mediante una variable exógena sino mediante la acumulación de estos dos tipos de capital. El modelo de Rebelo no fue el primero que buscaba explicar los rendimientos crecientes del capital, pero dada su simplicidad es un punto de partida para el análisis de otros modelos más complejos.

Paul Romer es posiblemente el economista que más contribuciones ha hecho a la teoría del crecimiento endógeno. En varios artículos ha publicado sus ideas sobre el papel del capital humano y el conocimiento como determinantes del crecimiento económico. En uno de sus primeros trabajos, titulado *Increasing returns and long run growth*, el autor introduce al conocimiento como un factor en la producción y que además considera que tiene una productividad marginal creciente (Romer, 1986). Esta consideración adicional en su planteamiento otorgaba una respuesta a porqué el producto podía crecer constantemente sin tener que depender del crecimiento exógeno del progreso tecnológico.

En un trabajo posterior al buscar evidencia empírica sobre el capital humano consideró el nivel de alfabetismo de un grupo de países como una medida de este tipo de capital y descubrió que no tenía una relación directa con las tasas de crecimiento de aquellos países, pero sí ayudaba a explicar la tasa de inversión, y el nivel inicial de alfabetismo también explicaba la inversión en años posteriores (Romer, 1989). Esto otorgaba una evidencia indirecta sobre el papel del capital humano en el crecimiento, pues este es proporcional al incremento del stock de capital, lo cual se logra mediante la inversión. Sin embargo, se debe tener en consideración que la medida utilizada para el capital humano no necesariamente debe ser el alfabetismo, diferentes medidas pueden llevar a diferentes conclusiones sobre su influencia en el crecimiento.

Con respecto a lo último, Cooray (2009) midió el impacto de la educación en el crecimiento mediante el gasto de gobierno destinado a este rubro para un conjunto de países en vías de desarrollo. Su descubrimiento fue que el gasto en educación no incide en el crecimiento pero sí en la calidad de la educación, además la significancia estadística de las variables del capital humano sobre el crecimiento dependen de que medida se utiliza, por ejemplo, el número de estudiantes inscritos en niveles de educación primaria, secundaria y terciaria si está positivamente correlacionado con el crecimiento. Asimismo, en otro estudio que incluía a países africanos, asiáticos y latinoamericanos, Sala-i-Martin et al (2004) encontró una fuerte relación estadística positiva entre la matrícula escolar primaria en 1960 y el crecimiento en el periodo de 1960-1995.

Romer (1986) desarrolló un modelo para explicar como el conocimiento de las empresas al invertir en capital tiene un efecto sobre todas las demás empresas de la economía, es decir, la inversión tiene externalidades positivas. Esto sucede porque se puede tratar al conocimiento como un bien que es no rival, su uso no se agota y aunque pueden ser hasta cierto punto excluyente (por patentes o medidas de protección a la propiedad intelectual), los conocimientos y la experiencia adquirida por una empresa puede ser adoptada eventualmente por las demás. El modelo parte de la función de producción $Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} k^\beta$. Donde K y L representan el capital y el trabajo respectivamente y k es el capital por persona y su exponente β es una medida que mide la magnitud de la externalidad.

Obsérvese que cuando $\beta = 0$ la función de producción es una Cobb-Douglas simple, y el modelo es idéntico al neoclásico estándar. Después de una manipulación algebraica sencilla, se puede sustituir la función de producción en la ecuación neoclásica fundamental, tal y como se hizo con el modelo $Y = AK$, y al dividir todo entre k se obtiene:

$$\frac{\dot{k}}{k} = sAk^{\alpha+\beta-1} - (\delta + n) \quad (1.10)$$

Las conclusiones varían de acuerdo con si la suma de los exponentes $\alpha + \beta$ es mayor, menor o igual a uno. Dado que el interés del modelo es estudiar el efecto de las externalidades solo se revisa el caso cuando $\alpha + \beta > 1$. Cuando la suma de dichos

exponentes es mayor a la unidad las externalidades son tan grandes que el crecimiento del capital per cápita es proporcional al nivel de la tecnología, la tasa de ahorro y al mismo capital per cápita que tiene una influencia no lineal sobre la tasa de crecimiento de k . Es decir, la acumulación de capital tiene un efecto aumentativo en su propia tasa de crecimiento debido a las externalidades que genera incrementar el stock de capital a través de la inversión. Obsérvese que cuando $\alpha + \beta = 1$, el modelo se vuelve idéntico al de Rebelo.

De nuevo, en este modelo A sigue siendo una medida del nivel de la tecnología, pero no es su comportamiento exógeno lo que determina fundamentalmente la acumulación de capital y el crecimiento económico. Más bien son las externalidades del capital lo que tiene efectos positivos sobre el crecimiento, se debe notar que estas externalidades son, en su forma más elemental, un tipo de conocimiento que al desarrollarse por una empresa es estudiado, aprendido y adoptado por las demás empresas que la rodean. Aunque Romer usa a las empresas para referirse al efecto de las externalidades, su papel no deja de ser un tipo de capital humano, pues son los individuos en última instancia quienes administran las empresas y quienes innovan.

Tal y como se mencionó en unos párrafos atrás, el desarrollo de la teoría del crecimiento endógena vio muchos modelos introducidos por numerosos autores que no estaban satisfechos con dejar que el crecimiento fuera explicado por el comportamiento exógeno de una variable como lo era el progreso tecnológico. Además de Romer, otro autor que desarrolló un modelo que fue de gran popularidad fue Robert Lucas, su modelo es complejo y extenso y no se desarrolla a cabalidad en el presente trabajo, sin embargo, vale la pena resaltar la contribución que se considera de mayor relevancia. Lucas (1988) propone una función de producción de la forma $Y = F(A, K, L, h)$ donde K y L son el capital físico y la mano de obra respectivamente, A es el estado de la tecnología y h es el capital humano.

En su modelo, el producto es una función de las variables mencionadas y específicamente el autor propone que la variación a lo largo del tiempo para h , que es igual al proceso de acumulación de capital humano, está dada por:

$$\dot{h}(t) = h(t)\delta[1 - u(t)] \quad (1.11)$$

Dónde $\dot{h}(t) = \frac{dh}{dt}$, $h(t)$ es el capital humano en el tiempo t , δ , es un coeficiente de sensibilidad y $u(t)$ es la fracción del tiempo dedicado al ocio o lo mismo que tiempo no dedicado a acumular capital humano. Cuando $u(t) = 1$, es decir, cuando los individuos no se dedican a aprender cosas nuevas, la ecuación 1.11 se vuelve cero. Cuando dedican todo su tiempo a aprender entonces la acumulación de capital humano será igual al capital existente $h(t)$ multiplicado por el coeficiente δ . La principal aportación de Lucas es la introducción de una expresión más formalizada del capital humano y de su proceso de acumulación.

Dado que el producto es proporcional al capital humano lo ideal sería que $u(t)$ fuera lo más pequeño posible, con ello, la acumulación de capital a lo largo del tiempo sería

más grande y crecería a un ritmo más acelerado. El mensaje primordial no se centra en la disyuntiva de los individuos entre elegir ocio y trabajo, sino en que aprenden cosas, adquieren conocimientos y aumentan su capital humano a lo largo del tiempo, a partir de esto Lucas adopta el concepto *learning by doing* (aprender haciendo), utilizado previamente por Arrow (1962) para hacer referencia a que los individuos de una sociedad aprenden a ser más eficientes y son más productivos a medida que realizan sus actividades.

Más de veinticinco años después, Lucas publicó otro trabajo en donde reforzaba la idea del capital humano basado en el aprendizaje de los individuos y en la acumulación de ideas, que son la fuente fundamental del crecimiento. La dinámica del modelo se basa en que, al interactuar, los individuos comparten conocimiento e ideas entre ellos y surge un proceso de aprendizaje dentro de la sociedad, con ello la acumulación de capital humano induce el crecimiento económico siempre y cuando continúe habiendo ideas nuevas. En pocas palabras, mientras más conocimientos tengan los individuos en promedio, más podrá aprender la sociedad en general (Lucas, 2015).

En conclusión, Paul Romer, Sergio Rebelo y Robert Lucas son probablemente los exponentes más influyentes de la teoría del crecimiento endógeno, pero también ha habido contribuciones de gran relevancia de la mano de otros autores, por ejemplo, Mankiw & Romer⁷ & Weil (1990) desarrollaron otro modelo de la forma $Y = K^\alpha h^\beta (AL)^{\alpha-\beta-1}$ y a través de un estudio econométrico para varios países llegaron a varias conclusiones, entre ellas, que no existían externalidades significativas que fueran producto del capital como Paul Romer señalaba, la tasa de ahorro influye significativamente en el ingreso per cápita, el aumento de la población si disminuía el ingreso per cápita y en general, que la muestra de 121 países con la que trabajaron si era consistente con el modelo de Solow, y las diferencias entre el ingreso per cápita de los países podían ser explicadas por las diferentes condiciones de tecnología y capital físico y humano.

Al igual que Mankiw, Romer y Weil, Barro (1991) contribuyó al análisis empírico de las teorías del crecimiento endógeno, en una muestra de 98 países para el periodo 1960-1985 encontró evidencia de convergencia en el ingreso entre países, pero sólo entre aquellos que a lo largo del periodo tuvieron un aumento constante de su capital humano, lo cual respalda la idea de que para sostener el crecimiento es necesario contar con conocimiento y aprendizaje de la sociedad que conforma a un país, pero se debe tener cuidado con esa idea ya que la relación entre capital humano y crecimiento puede variar según la medida que se utilice. Por último, un señalamiento importante es que las variables utilizadas por el autor no son suficientes para explicar el lento crecimiento de varios países de América Latina y África, por lo que lo atribuyen a factores exógenos y más difíciles de medir como el complicado panorama político y la educación, no medida por escolaridad sino por su calidad.

⁷ David Romer, más no Paul Romer quien fue citado previamente. Y no, no son parientes.

1.5 Las críticas al crecimiento.

Como es común en la economía y en la vida en general, los modelos teóricos del crecimiento y todo lo revolviente a ellos no está exento de críticas. Es algo bastante común, pues los modelos son simplificaciones de la realidad que mediante un proceso de abstracción intentan explicar fenómenos complicados con unas cuantas ecuaciones. Las críticas a los modelos pueden venir de diferentes perspectivas, se pueden debatir los supuestos sobre los que se basan, la forma funcional que adopta la función de producción, la manera de interpretar los resultados de las ecuaciones, entre otras, sin embargo, las críticas más fuertes a la teoría del crecimiento son sobre un factor en particular que la teoría nunca ha considerado: el impacto medioambiental.

Hace casi cincuenta años, un grupo de investigadores a petición del Club de Roma publicó un informe en el cual advertían sobre los peligros del crecimiento económico exponencial, la forma desmedida y predatoria que tiene el sistema económico sobre el ambiente nunca fue tomada en consideración y sostenían el argumento que, de seguir con los mismos patrones de consumo, la humanidad se quedaría sin muchos de los recursos naturales (particularmente minerales y tierras fértiles para el cultivo de alimentos) para mediados del siglo XXI (Meadows et al, 1972). Los argumentos que sostenían este grupo de investigadores no eran nuevos, Thomas Malthus (1951) ya advertía sobre como el crecimiento de la población revasaría la capacidad productiva de la tierra, provocando hambrunas y condenando a la humanidad a su fin.

Ambas críticas son completamente válidas pero en los dos casos los autores olvidaron considerar el progreso tecnológico. Primero, Malthus no consideraba que pudieran existir mejoras en la producción de alimentos, en sus tiempos no había mucho más que sembrar, cosechar y criar animales de granja. Segundo, los investigadores del Club de Roma basaron su argumento en los crecientes costos en los que se repercute al extraer minerales de la tierra, sin embargo, en los últimos años las mejoras en la maquinaria y las técnicas de extracción han disminuido los costos considerablemente, aunque por supuesto a expensas de métodos más invasivos como la minería a cielo abierto.

La consideración del progreso tecnológico y el abaratamiento de los costos de producción y extracción no desmantela el argumento de los autores, pero si es una consideración que debe realizarse, pues con ello se atenúan los resultados devastadores que predecían, al menos por el momento, pues los patrones de consumo siguen siendo excesivos y pareciera que sólo se retrasa lo inevitable. Sin embargo otros autores sostenían que sólo mediante el uso de energías renovables, planeación energética, innovaciones en la producción de alimentos y un uso responsable de los suelos se podía evitar la catástrofe climática por otros doscientos años (Kahn, 1976) mientras otros si señalaban la necesidad de reformar completamente el consumismo (Myers & Simon, 1994).

Treinta años después del reporte publicado por el Club de Roma los investigadores lanzaron un nuevo informe en el cual se dedicaban a debatir las críticas que ellos

mismos recibieron por su trabajo. Principalmente argumentaron que en efecto, el progreso tecnológico solamente significaba retrasar lo inevitable, además incluyeron un enfoque microeconómico más robusto, en donde a partir de la teoría de la organización industrial mencionaban que la información incompleta y las estructuras anticompetitivas de mercado inducen un comportamiento desmedido y desconsiderado con el ambiente pues se enfocan en crecer y expandirse tanto como puedan sin tener en cuenta los efectos medioambientales que las prácticas empresariales pueden provocar (Meadows et al, 2004).

Además de las críticas que ha recibido la teoría del crecimiento con respecto a las omisiones que han hecho al formular sus modelos, existen otras consideraciones que son igual de importantes y esas son las referentes a cómo se mide el crecimiento. Como se mencionó en la introducción, la forma usada por excelencia para medir el crecimiento de los países en el Producto Interno Bruto (PIB o GDP por sus siglas en inglés) que no es otra cosa más que el valor a precios de mercado de lo producido dentro de un país. Pero en los últimos años ha existido un fuerte intercambio de ideas al respecto de los limitantes que tiene basar el crecimiento en un solo indicador estadístico de las cuentas nacionales.

Para empezar el uso del PIB como indicador del crecimiento tiene dificultades estadísticas, pues su medición no es exacta y se desprende de estimaciones que realizan los departamentos de estadísticas nacionales de cada país, basándose en el marco del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) que estableció Naciones Unidas y que todos los países miembros del Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional, Comunidad Europea y OCDE siguen. Aun con que se cuenta con un marco metodológico sólido existen errores de medición pues muchas actividades no se cuentan en las estadísticas del PIB, como el trabajo no remunerado del hogar, algunas actividades informales, la depreciación ambiental o incluso el dinero que generan actividades ilícitas (Coyle, 2017).

Cualquier reporte estadístico que contenga datos sobre economía o prácticamente cualquier otro tipo de información cuantificable no está exento de errores, por lo que se podría decir que los sesgos en la información son relativamente normales siempre y cuando se encuentren dentro de límites razonables. Por otra parte y dejando de lado las complicaciones estadísticas que trae consigo la medición del PIB y las decisiones de qué contabilizar y qué no dentro del mismo, otras críticas al indicador son sobre su significado económico. El PIB es una medida de contabilizar lo producido en términos monetarios, pero está muy limitado cuando se pretende hacer una distinción entre crecimiento y desarrollo.

Al respecto, Stiglitz, Sen y Fitoussi (2009) publicaron un reporte en el que pretendían ofrecer una crítica al PIB para poder utilizar indicadores más eficientes que fueran útiles para medir el progreso económico, de acuerdo con ellos es necesario mejorar los indicadores a medida que la economía se vuelve más y más compleja, también hace un llamado al cuidado del medio ambiente a través de un modelo más sustentable y de manera enfática mencionan que se debe crear una medida que separe por completo el concepto del desarrollo (relacionado más con el

bienestar personal y social) del de crecimiento, pues el PIB falla en ese aspecto al no considerar factores distributivos y de justicia social.

Derivado de los comentarios de Joseph Stiglitz, Amartya Sen y Jean-Paul Fittoussi muchos otros autores se pronunciaron secundando los argumentos plasmados en el reporte y hubo un considerable consenso entre la comunidad económica sobre la necesidad de adoptar indicadores más eficientes para medir el crecimiento y el desarrollo económico. Boarani y Mira (2013) sostienen que el PIB no mide el bienestar económico dado que el bienestar es multidimensional y comprende numerosos aspectos además del ingreso, tales como la salud, el acceso a la educación y contar con instituciones de buena calidad, todas cosas que el PIB no considera en su contabilidad.

Entonces las críticas que recibe la teoría del crecimiento pueden resumirse en tres: primero que los modelos teóricos no tienen consideración alguna por la depreciación medioambiental, trabajan en un marco de expansión indefinida en donde la sustentabilidad no tiene cabida; segundo, el indicador por excelencia para medir el crecimiento tiene errores en su medición que, aunque son discretos es algo que tener en consideración y, tercero; el PIB mide el crecimiento pero está sumamente limitado cuando se pretende utilizarlo para medir aspectos de progreso y bienestar por el sencillo hecho de que no está diseñado para medir tales factores, por lo que el PIB debe mencionarse cuidadosamente cuando se pretenda hablar de temas como el *desarrollo*.

Luego, ¿qué significa todo esto? ¿Se debe desechar el PIB y no utilizarlo nunca más? ¿Es un indicador obsoleto e ineficiente? ¿Los modelos de crecimiento están mal por no considerar el impacto al medio ambiente? A pesar de que son preguntas complejas y su análisis podría ser una tesis completa, la respuesta es no, o mejor dicho es un “*no, pero...*” Arrojar por la borda el PIB no es necesario, sin embargo, si se debe tener bien claro cuáles son los alcances y los límites del indicador, sirve para medir el crecimiento, sí, pero nada más. Cualquier tema referente a medir calidad de vida, el bienestar individual o social, la calidad de las instituciones y el Estado de Derecho debe delegarse a nuevos indicadores ¿a cuales indicadores? Es difícil decirlo, pues de saberlo en lugar de escribir una tesis de licenciatura un servidor estaría recibiendo un reconocido premio en Suecia.

El debate sobre si crecimiento y desarrollo van de la mano, la duda de si puede existir uno sin el otro o analizar si son dos cosas completamente distintas o iguales está fuera del alcance de la presente investigación, pero si es importante hacer un señalamiento a las dudas que existen alrededor del crecimiento y la forma en cómo se mide. Asimismo, las críticas tampoco significan que los modelos de Solow, Romer, Lucas y los demás autores están equivocados, simplemente obviaron un factor que si bien es importantísimo, es prescindible al momento de formular las ecuaciones. Esto no implica que la sustentabilidad no importe, pero la presente no es propiamente una investigación sobre Economía Ambiental o sobre los efectos del crecimiento en el planeta.

1.6 Conclusiones del capítulo.

La teoría del crecimiento ha evolucionado sustancialmente desde sus inicios. Si bien muchos economistas clásicos como Adam Smith, David Ricardo, Malthus, Marx, entre otros, ya tenían ideas sobre cómo dinamizar la economía y expandir el sistema capitalista, la teoría del crecimiento propiamente nació con las aportaciones de Harrod y Domar, pues el enfoque dinámico que los autores proveían para el estudio de la evolución del producto a lo largo del tiempo fue un parteaguas para este objeto de estudio en la economía ya que representó una manera completamente nueva de analizar este fenómeno con un enfoque matemático más formalizado e identificando las variables fundamentales que inciden en el crecimiento económico

A pesar de la gran influencia que tuvieron los autores keynesianos era claro que sus formulaciones sobre el crecimiento eran apenas una primera aproximación para adentrarse a este campo en la ciencia económica. Sus modelos se veían limitados por el reducido apego a la realidad de algunos de sus supuestos, particularmente aquel correspondiente a la función de producción implícita que se discutió previamente. A partir de ello, la escuela neoclásica de la economía que había perdido casi todo su protagonismo ante el keynesianismo después de la Gran Depresión recobró fama a través de la crítica hecha a los planteamientos de Harrod y Domar, fueron Solow y Swan quienes lideraron la crítica neoclásica a la entonces única teoría del crecimiento.

La introducción de una función de producción explícita que se comporta bajo las condiciones neoclásicas estándar, es decir, que cumple con las condiciones de Inada, amplió el análisis sobre cómo evoluciona el producto cuando incrementan los factores que intervienen en su creación. Establecer retornos constantes a escala, rendimientos marginales positivos pero decrecientes y concavidad en la función de producción posibilitaba un análisis más complejo y estilizado sobre el crecimiento. Asimismo, la consideración del progreso tecnológico y su papel en el crecimiento del producto escalaba el estado teórico a uno más apegado a la realidad, sin embargo, el hecho de que el progreso tecnológico debiera ser una variable exógena para que fuera sostenido el crecimiento del producto per cápita a lo largo del tiempo representaba un vacío en el modelo que no fue atendido hasta algunas décadas más tarde.

En la década de 1970 y principios de los 1980 las aportaciones a la teoría del crecimiento económico no fueron de gran relevancia, probablemente porque parecían estar más enfocadas en desarrollar modelos matemáticos complejos antes que en ofrecer respuestas e interpretaciones sobre la dinámica propia del crecimiento. Entre las décadas de 1980 y 1990 fueron desarrollados modelos que pretendían expandir el análisis neoclásico con el objetivo de establecer formulaciones en cuyas conclusiones no fuera necesaria la evolución de una variable exógena para explicar el crecimiento. Abandonar el comportamiento exógeno del progreso tecnológico fue lo que hizo que estas aportaciones se conocieran como la teoría del crecimiento endógeno, pero seguían partiendo de los supuestos neoclásicos.

El progreso tecnológico como una variable que determina el crecimiento económico seguía siendo una parte fundamental de estos modelos, pero se prestó mayor atención a aquellos otros factores que podían crecer constantemente sin necesidad de ser exógenos, es decir, cuyo comportamiento estuviera propiamente definido dentro de los modelos. Para esclarecer e identificar las variables fundamentales en el crecimiento se propusieron varias ideas, las más influyentes fueron presentadas en la subsección anterior, como las externalidades del capital, el modelo de capital y tecnología lineal, la distinción entre capital físico y humano y también la consideración sobre como las ideas y el conocimiento se comparten entre los miembros de una sociedad.

En conclusión, la evolución de la teoría del crecimiento se ha dado gracias a la discrepancia de ideas, la discusión sobre los factores que inciden en el crecimiento, el debate sobre la veracidad de los supuestos sobre los que están planteados los modelos y en términos más generales, por la búsqueda de la verdad. Las diferentes conclusiones a las que llegan los autores dependen sustancialmente de la forma de la función de producción que adoptan, lo cual se puede notar claramente en las subsecciones correspondientes a la teoría neoclásica y a la teoría del crecimiento endógeno, los últimos siguen un modelo casi idéntico al de Solow, pero a partir de una función de producción ligeramente diferente se llega, intuitivamente, a conclusiones diferentes.

Para finalizar y a modo de ofrecer una recapitulación más concisa sobre los elementos teóricos que sustentan el presente trabajo, se presenta el siguiente cuadro resumen sobre los autores más destacados en la teoría del crecimiento, la corriente a la que pertenecen, sus obras más importantes, los conceptos clave de cada uno y la función de producción que emplean para su análisis matemático, a partir de la cual se desprende el grueso de sus conclusiones, se omiten los argumentos presentados en la sección 1.5 con el propósito de recapitular exclusivamente las contribuciones que corresponden propiamente a la teoría del crecimiento.

Cuadro 1.- Contribuciones más importantes a la teoría del crecimiento.

	Autor	Obras destacadas	Conceptos relevantes	Función de producción
Keynesianos	Roy Harrod	Essay in dynamic theory (1936)	Tasa de crecimiento observada y garantizada. El crecimiento es inestable.	Función de producción implícita.
	Evsey Domar	Capital expansion, rate of growth and employment (1946)	El producto depende de la inversión, la tasa de ahorro y el multiplicador. La inversión debe crecer a una tasa estable para mantener el pleno empleo.	

Neoclásicos	Trevor Swan	Economic growth and capital accumulation (1956)	La acumulación de capital y el crecimiento de la fuerza de trabajo determina el ingreso per cápita en el estado estacionario. La depreciación afecta el crecimiento.	$Y = K^\alpha L^\beta$
	Robert Solow	A contribution to the theory of economic growth (1956) & Technical change and the aggregate production function (1957)	La tasa de ahorro determina el nivel de ingreso en el estado estacionario donde el producto y la población crecer a la misma tasa. Para que el PIB per cápita crezca sostenidamente es indispensable el progreso tecnológico.	$Y = F(K, AL)$
Crecimiento endógeno	Paul Romer	Increasing returns and long run growth (1986) & The origins of endogenous growth (1994)	La inversión tiene externalidades que benefician a otras empresas y a la sociedad.	$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} k^\beta$
	Sergio Rebelo	Long run policy analysis and long run growth (1990)	El capital humano y físico son, elementalmente, capital. El crecimiento depende de la diferencia entre la tasa de ahorro y la depreciación del capital, pero no hay convergencia al estado estacionario.	$Y = AK$
	Robert Lucas	On the mechanics of economic development (1988) & Reflections on new growth theory: Human capital and growth (2015)	El capital humano se acumula porque los individuos dedican tiempo a aprender. El conocimiento y el surgimiento de ideas son el motor de la acumulación de capital humano y con ello fomentan el crecimiento económico.	$Y = F(A, K, L, h)$

Fuente: Elaboración propia.

2 HECHOS ESTILIZADOS SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO.

2.1 Introducción del capítulo.

Para analizar propiamente el crecimiento económico es momento de dar un salto de los modelos teóricos al mundo real, es decir, a los indicadores macroeconómicos que registran los países. Para tales efectos el presente capítulo se encargará de proveer datos empíricos sobre el crecimiento y sobre las variables más relevantes que señalan los modelos para el conjunto de países seleccionados, los miembros de la OCDE. El objetivo del capítulo es obtener una primera aproximación a si las variables que señalan los modelos son congruentes con la realidad, el objetivo pretende cumplirse empleando elementos de estadística descriptiva y apoyo gráfico para presentar las tendencias generales del crecimiento en el periodo a estudiar para los países objetivo.

Este capítulo segundo se compone de siete subapartados, el primero es la presente introducción, el segundo analiza las tasas de crecimiento de los países objetivo, no sólo de su PIB, sino también el crecimiento de la población y del PIB per cápita. En el tercer apartado se analiza el comportamiento del ahorro y la inversión. El cuarto y quinto apartado corresponden al estudio de los indicadores más relevantes de progreso tecnológico y capital humano respectivamente. El sexto apartado concluye el capítulo.

En las bases de datos de diferentes organismos internaciones es posible encontrar una plétora de indicadores económicos para todos los países que comprenden el objeto de estudio de la presente investigación. Para mantener la información lo más homogénea posible y no comprometer la validez del análisis, el grueso de la información presentada en este capítulo y en el siguiente fue obtenida de la Base de Datos Abiertos del Banco Mundial (World Bank Open Data), se debe remarcar que de un mismo indicador existen, en ocasiones, más de una versión, por ejemplo el PIB per cápita puede encontrarse a precios corrientes, precios constantes, en formato de paridad de poder compra, en dólares y en moneda del país en cuestión; sin embargo, todos tienen un identificador único (ID) que será referido en pie de página cada vez que se hable de alguna de las variables macroeconómicas, con el propósito de evitar confusiones y para que el lector pueda consultar los datos por su propia cuenta en la fuente original si así lo desea.

2.2 Tasas de crecimiento.

2.2.1 PIB.

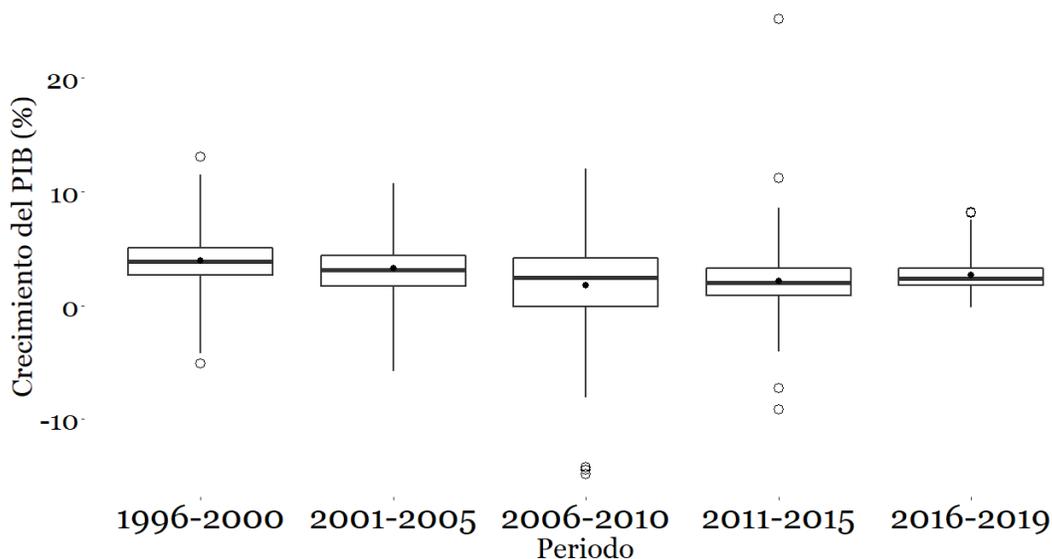
Por supuesto que el indicador más importante para comenzar el estudio empírico del crecimiento económico son las tasas de variación del PIB. Estas tasas de variación o simplemente *crecimiento* se toman con respecto al año anterior, es decir, la tasa de crecimiento de la economía de un país en 2020 es cuánto creció con respecto al año 2019. Los economistas han olvidado las reglas más básicas de la gramática y para referirse a una variación negativa del PIB suelen decir *crecimiento negativo*, que es cuando la economía en un año es más pequeña que en el año anterior y a pesar de

que pueda estar mal dicho sigue siendo un eufemismo muy común entre economistas. Para no nadar contra la corriente, en la presente investigación se utiliza la jerga que comúnmente se emplea entre estudiosos de la economía para referirse a variaciones negativas del producto.

Para hacer más presentables los datos se agruparon en periodos de cinco años, a excepción del periodo más reciente 2016-2019 que sólo comprende cuatro años. Agrupar los datos de esta manera permite ofrecer información por periodos determinados de tiempo sobre el comportamiento del crecimiento económico en todos los países de la OCDE de una forma adecuada para identificar tendencias generales y que gráficamente sea agradable al lector. De agrupar los datos en periodos más chicos no se lograría resumir el indicador y de hacerlo en periodos más largos podría incurrirse en la pérdida de información importante.

El crecimiento del PIB que se analiza a continuación corresponde a la variación anual del PIB a precios constantes, en dólares del 2010⁸. La información del indicador por periodos se presenta en la Gráfica 1 con diagramas de caja o *boxplots*, que también son útiles para resumir información estadística. La línea horizontal que se observa dentro de cada caja es la mediana, es decir, el dato que se encuentra exactamente a la mitad de todas las observaciones, el 50% de los datos se encuentran por encima y el 50% restante por debajo. El punto que está también dentro de la caja es la media aritmética del conjunto de datos. Las líneas verticales que salen de la caja, a veces conocidas como *bigotes*, son el primer (debajo de la caja) y cuarto (encima de la caja) cuartil. Por último, los puntos que salen de los bigotes son *outliers* o bien, observaciones atípicas.

Gráfica 1.- Crecimiento del PIB por periodo



Fuente: Elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial.

⁸ World Bank ID: NY.GDP.MKTP.KD.ZG

A partir de la gráfica es posible notar diferentes aspectos, para comenzar, desde el primer periodo de 1996-2000 hasta el tercero, que corresponde a los años 2006-2010 las tendencias del crecimiento para los países de la OCDE han ido a la baja, es decir, que en promedio las tasas de crecimiento han descendido. El periodo de mayor pesimismo para la economía de los países objetivos fue sin duda 2006-2010, primordialmente porque durante esos años sucedió la crisis hipotecaria y financiera del 2008 en los Estados Unidos que después se propagó a todo el mundo. Incluso cuando en los últimos dos periodos las variaciones del PIB han sido mayores siguen sin alcanzar niveles superiores a aquellos previos a la crisis del 2008.

Aun cuando lo ideal es que el crecimiento del PIB sea positivo año tras año sucede que los países experimenten crecimiento negativo en algunos años, pues ninguno es invulnerable a shocks externos que limitan su capacidad productiva por una u otra circunstancia. En el periodo 1996-2005 14 países diferentes experimentaron variaciones negativas en su producción, y fue Corea del Sur en 1998 quien vio la caída anual más grande, siendo de -5.13%, que de hecho es la observación atípica que se aprecia en la Gráfica 1 en la caja del periodo 1996-2000. Y de esos catorce países, cuatro (Alemania, Japón, República Checa y Turquía) tuvieron dos años en los que experimentaron crecimiento negativo, pero la caída no fue mayor al -0.70%, exceptuando Turquía en 1999 que decreció 3.16%.

El periodo 2006-2010 ha sido el más grave para todos los países de la OCDE, durante esos años 32 de los 37 países miembros de la organización internacional tuvieron contracciones en su PIB, los únicos países que no entraron en recesión fueron Australia, Colombia, Israel, Corea del Sur y Polonia. Como es de esperarse, en el año 2009 fue donde el mundo más resintió la crisis financiera, solamente los cinco países mencionados no tuvieron crecimiento negativo. En 2009 también fue cuando se registró la caída del PIB más grande, Letonia y Lituania decrecieron 14.26% y 14.84% respectivamente, dichas observaciones fueron extraordinarias y en la Gráfica 1 se observan los outliers correspondientes en la caja del periodo 2006-2010.

En los años que corren del 2011 al 2015 la economía mundial se recuperó, pero hubo una nueva crisis que si bien no azotó al mundo si afectó a algunos países europeos, fue la “Crisis del euro” que fue producto de una política monetaria y fiscal mal aplicada, irresponsabilidad institucional y un mal manejo de la deuda pública principalmente de parte de Grecia pero que otros países de la “periferia” europea también siguieron (Perrotini, 2012). En ese periodo todos los países que tuvieron una contracción fueron europeos, exceptuando Japón en 2011 cuya disminución del PIB fue consecuencia del terremoto que sacudió al archipiélago asiático y detuvo por un tiempo varias de las actividades económicas del país (Okada, 2011).

Los países más afectados por la crisis del euro y que redujeron su PIB en el periodo fueron Grecia, España, Portugal Italia, Eslovenia, Finlandia, Luxemburgo y los Países Bajos, todos miembros de la comunidad del euro. Otros dos países, también europeos, que sufrieron contracciones del producto en dicho periodo fueron Hungría y Suecia. De todos estos países el más afectado fue Grecia, a tal grado que comúnmente se hace referencia a la Crisis del euro denominándola la Crisis Griega,

en 2011 y 2012 Grecia tuvo una caída del PIB del -9.13% y -7.30% respectivamente, que también se observan como outliers en la caja correspondiente. Por último, en 2016-2019 sólo un país tuvo crecimiento negativo, fue México en 2019, cuando su economía se contrajo -0.05% de acuerdo con el Banco Mundial.

2.2.2 PIB per cápita.

Así como el PIB es el indicador con el cual es más sencillo medir el crecimiento de la economía de un país, es necesario utilizar medidas *ajustadas* que posibiliten propiamente el análisis de un país a otro. Para tal cosa la medida del PIB ajustada se hace con respecto al tamaño de la población, lo cual resulta en el PIB per cápita, que no es otra cosa más que el cociente del PIB entre el número total de habitantes. Este indicador tiene algunas consideraciones muy importantes que señalar antes de utilizarlo para analizar la dinámica del crecimiento entre los países de la OCDE, pues a pesar de su relevancia y utilidad como indicador económico, no se debe emplear esta medida para cosas para las que no fue diseñada.

Para empezar, el PIB per cápita no es sino un promedio, la suma de los valores monetarios de la actividad económica sobre el número total de habitantes en un país y bien, nada más. Al ser un promedio, como cualquier otra medida estadística, está sujeto a un sesgo, que puede devenir de diversas formas, ya sea como errores en la medición de la actividad económica o en el número de habitantes; pero es peor cuando el sesgo es sobre la interpretación. Es claro que no significa que todos los habitantes de un país perciban anualmente el monto que corresponde al PIB per cápita de un país, por ende, el indicador no funciona para capturar los niveles de desigualdad o pobreza en cualquier país.

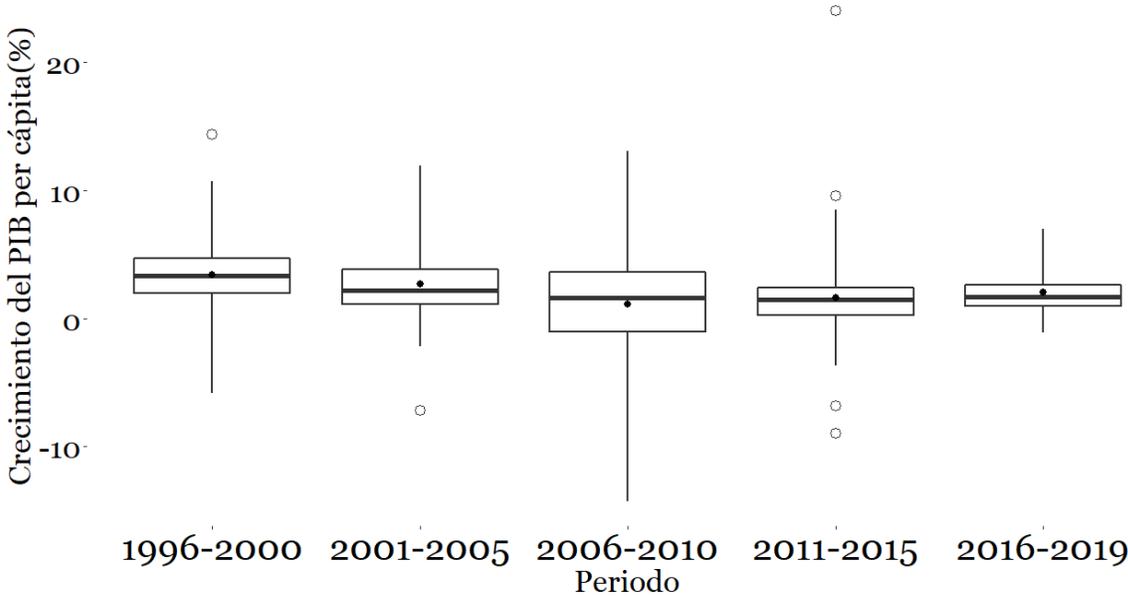
En algunas naciones más avanzadas, como algunos miembros de la Unión Europea, la desigualdad y la pobreza suele ser menor, aunque no dejan de existir diferencias importantes en los ingresos que perciben sus habitantes. Sin embargo, en países relativamente pequeños, como también son los europeos, el nivel de vida suele ser más homogéneo, cosa que es difícil de afirmar en países grandes como México, donde de una entidad federativa a otra el nivel de vida puede cambiar radicalmente. Incluso en Estados Unidos, que es uno de los países más ricos (y grandes) del mundo las disparidades en el ingreso son muy amplias. De igual forma, el PIB per cápita, por desprenderse directamente del PIB, tampoco considera ningún tipo de efecto medioambiental.

Por último, el PIB per cápita puede resultar un poco engañoso, porque como es un cociente ($PIB \div No.Habitantes$), año tras año varía no sólo por el crecimiento mismo del PIB, sino también por el crecimiento de la población. Hay consideraciones aritméticas, si el PIB no crece, pero por una razón la población decrece, entonces el PIB per cápita aumentará y viceversa. También, si el PIB crece significativamente, pero por alguna otra razón la población crece un porcentaje mayor que el PIB, entonces el PIB per cápita disminuirá. Matemáticamente, la tasa de crecimiento de un cociente es igual a la diferencia de las tasas de crecimiento del numerador y el denominador.

Una vez hechas todas estas aclaraciones con respecto al indicador, sus límites y sus consideraciones aritméticas se pasa a estudiar el comportamiento del crecimiento del PIB per cápita en los países de la OCDE tal y como se hizo previamente con el PIB en el mismo conjunto de países. La Gráfica 2, que se presenta a continuación, es muy similar a la Gráfica 1, con la única diferencia de que la variable presentada en los diagramas de caja es el crecimiento del PIB per cápita. Al igual que la primera gráfica, los componentes representan las mismas cosas, mediana, media, cuartiles y outliers, asimismo, los periodos en los que se dividen las cajas son los mismos que antes.

Se puede apreciar que las tendencias del crecimiento del PIB per cápita⁹ es muy similar con aquella de la Gráfica 1, en los primeros periodos el crecimiento de la variable fue mayor que en los subsecuentes, igualmente, en el periodo 2006-2010 el crecimiento fue el menor en los 23 años que se están estudiando y el grueso de los países observaron un decrecimiento en su PIB per cápita. Posteriormente, en los periodos 2011-2015 y 2016-2019 el crecimiento se recuperó ligeramente, pero sigue sin alcanzar las tasas observadas previo a la crisis del 2008-2009, aunque obsérvese cuidadosamente el periodo 2011-2015, donde Irlanda (el outlier más alto) en el 2015 tuvo un crecimiento del PIB per cápita de 23.99%, lo cual podría alterar un poco el promedio observado del periodo.

Gráfica 2.- Crecimiento del PIB per cápita por periodo



Fuente: Elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial.

Con respecto a las observaciones atípicas que se observan en la Gráfica 2, para el periodo de 1996-2000 sólo hay una por encima del diagrama de caja y corresponde a Estonia, que en el año 1997 el crecimiento de su producto per cápita fue de 14.34%

⁹ World Bank ID: NY.GDP.PCAP.KD.ZG

anual, aunque este crecimiento considerablemente por encima del promedio en el periodo (3.36%) se debe también a que en el mismo año la población tuvo una variación negativa del orden del -1.14%. En el segundo periodo (2001-2005) el punto atípico es Turquía, país que en el 2001 su PIB per cápita disminuyó -7.15% porque desde la década de 1990 se habían adoptado políticas de estabilización macroeconómicas basadas en el tipo de cambio para controlar la inflación pero que tienden a apreciar el valor de la moneda, haciendo a Turquía atractiva para la inversión extranjera, sin embargo, durante la *crisis del punto com* en el 2001, los flujos extranjeros dejaron de llegar al país y produjeron una crisis financiera (Boratav, 2003); lo cual hizo caer abruptamente el PIB y con el constante aumento de la población, el PIB per cápita disminuyó aún más.

Es posible notar que en el periodo del 2006-2010 no existen observaciones atípicas, pero también se observa que el diagrama de caja correspondiente al periodo es el más largo de todos, ambos bigotes, inferior y superior son los que llegan a los puntos más bajos y altos, correspondientemente. No existen observaciones atípicas porque derivado de la crisis financiera mundial del 2008 todos los países, salvo algunas excepciones que ya se mencionaron cuando se habló del crecimiento del PIB, tuvieron una caída de su producto, y aunado a que la población en todos los países de la OCDE tiende a mostrar un aumento constante, es normal que el PIB per cápita haya disminuido en todos estos países.

De igual manera, el crecimiento en este mismo periodo es el más alto porque después de una crisis suelen existir recuperaciones que compensan una parte de la fuerte caída que sufre el producto cuando un país atraviesa una crisis. Las caídas en el conjunto de países de la OCDE fueron grandes, pero la recuperación fue relativamente rápida, al menos para algunos, en los años subsecuentes era común observar cómo varios países de Europa del Este e incluso Chile y Colombia tenían tasas de crecimiento del PIB per cápita superiores al 5%. Sin embargo, otros países de la OCDE como Estados Unidos, México, Alemania, Italia, España y otros, no vieron tasas de crecimiento de su PIB per cápita suficientes como para compensar el daño ocasionado por la crisis.

Esto da cuenta de que incluso en un conjunto de países en el que todos tienen un nivel de vida medio-alto y alto, existen disparidades en su desempeño económico ante una crisis como la del 2008. Este tipo de comportamientos no es inocuo, pues aquellos países que no tienen tasas de crecimiento que compensen las caídas de una crisis están condenados a vivir con ese shock por todos los años subsecuentes, pues no tendrán los niveles de ingreso per cápita que podrían percibirse de no haber atravesado una crisis económica o bien, de haber tenido un crecimiento suficiente que sea muestra de una recuperación económica. Esto ha sido obviado por la teoría del crecimiento, pues en los modelos se hablan de tasas de crecimiento constantes y que convergen a un estado estacionario, sin embargo, ante la presencia de shocks externos como una crisis financiera siguen existiendo vacíos en la teoría que no señalan la dinámica del crecimiento y su importancia en un contexto postcrisis.

En el periodo del 2011-2015 existen cuatro observaciones atípicas, dos en la parte inferior de la caja y dos más en la parte superior. Comenzando por aquellos países que tuvieron un crecimiento excepcional en su PIB per cápita se encuentran Turquía en el 2011 e Irlanda en el 2015, cuyas tasas de crecimiento del indicador en cuestión fue de 9.51% y 23.99% respectivamente. Por el contrario, los dos puntos por debajo de la gráfica corresponden a Grecia en 2011 y 2012 como producto de la crisis que azotó a la periferia europea, evento conocido como la *Crisis del Euro* o *Crisis Griega* de la cual ya se habló previamente; la caída del PIB per cápita en Grecia fue de -9% en 2011 y -6.8% en 2012.

Probablemente sea llamativo para el lector el hecho de que Irlanda haya experimentado una tasa de crecimiento en su producto y producto per cápita sumamente alta, que en realidad es extraordinaria para cualquier país del mundo. Sin embargo, esto tiene una explicación que la misma OCDE aclaró en su momento. El crecimiento irlandés en el 2015 se debe a que el gobierno bajó considerablemente las tasas impositivas para las corporaciones, induciendo a que un gran número de empresas multinacionales se reubicarán en Irlanda, con ello, todas las innovaciones en propiedad intelectual reeditúan al producto irlandés y dado que las corporaciones que ahora se ubican en este país son grandes, su contribución al crecimiento del PIB en el 2015 fue considerable.

Aun con este sorprendente desempeño económico, la misma OCDE hizo un señalamiento a no sobrevalorar la economía de Irlanda. Independientemente del enorme crecimiento del PIB (y con ello del PIB per cápita) los hogares *tan sólo* experimentaron un crecimiento del 5.3% de su ingreso disponible, si bien es un aumento que no se puede obviar, no es tanto como el crecimiento del PIB per cápita. La OCDE asegura que es gracias a la globalización y al creciente valor monetario de los intangibles y la propiedad intelectual lo que ha producido el crecimiento en Irlanda (OECD, 2016), además el aumento de la actividad económica no se debe confundir con el aumento del bienestar material, pues este último no fue tan significativo en la población del país señalado.

Este tipo de consideraciones dan cuenta de que los indicadores más comúnmente utilizados para medir el crecimiento no son los más adecuados para medir el desarrollo, existen otros como el Índice de Desarrollo Humano (IDH) que monitorea conjuntamente más de un aspecto y que pueden resultar mejores para estos propósitos, ya que este indicador toma en cuenta dos aspectos además del índice del ingreso, los cuales son un índice de la esperanza de vida al nacer y el índice de escolaridad, que mide el progreso relativo tomando en cuenta los años de escolaridad promedio y esperados (PNUD México, s.f.).

Sin embargo, el IDH tampoco es perfecto, el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD o UNDP por sus siglas en inglés) propone la implementación de un nuevo IDH, dentro del cual, además de los tres elementos que ya considera, se añade el monitoreo de dos variables medioambientales, primero, la emisión de gases de los hogares y segundo, la huella material que dejamos en el planeta, este IDH reformado es conocido como PHDI (Planetary pressures adjusted human

development index o bien, Índice de Desarrollo Humano ajustado por presiones planetarias) (UNDP, 2020).

El nuevo índice tiene como propósito dinamizar la forma de medir el desarrollo, pues el IDH tiene treinta años, y a pesar de ser una alternativa fiable al PIB per cápita, sigue siendo posible implementar mejoras en él. Si bien el presente trabajo de investigación no se enfoca en alternativas al desarrollo sino en estudiar el crecimiento desde la teoría que ha sido propuesta, es importante señalar estas consideraciones alrededor de los indicadores. Incluso la teoría del crecimiento ha señalado como variables importantes al capital humano, y una forma de medirlo es mediante indicadores como el IDH, por lo tanto, se volverá a este indicador en la sección 2.5, cuando se expongan las medidas de capital humano.

Retomando y para terminar el análisis de la Gráfica 2, el periodo que va del año 2016 al 2019 tiene el diagrama de caja más compacto de todos y tampoco se aprecian observaciones atípicas. Esto representa que las tasas de crecimiento han sido mucho más homogéneas en estos últimos años en comparación con periodos anteriores, sin embargo, aun con que las tasas son similares entre sí, el crecimiento se ha desacelerado en todos los países lo cual no son buenas noticias para el producto per cápita, puesto que, con un crecimiento del PIB bajo, aun cuando es positivo, si la población crece a una tasa mayor, entonces el crecimiento del PIB per cápita será menor a cero.

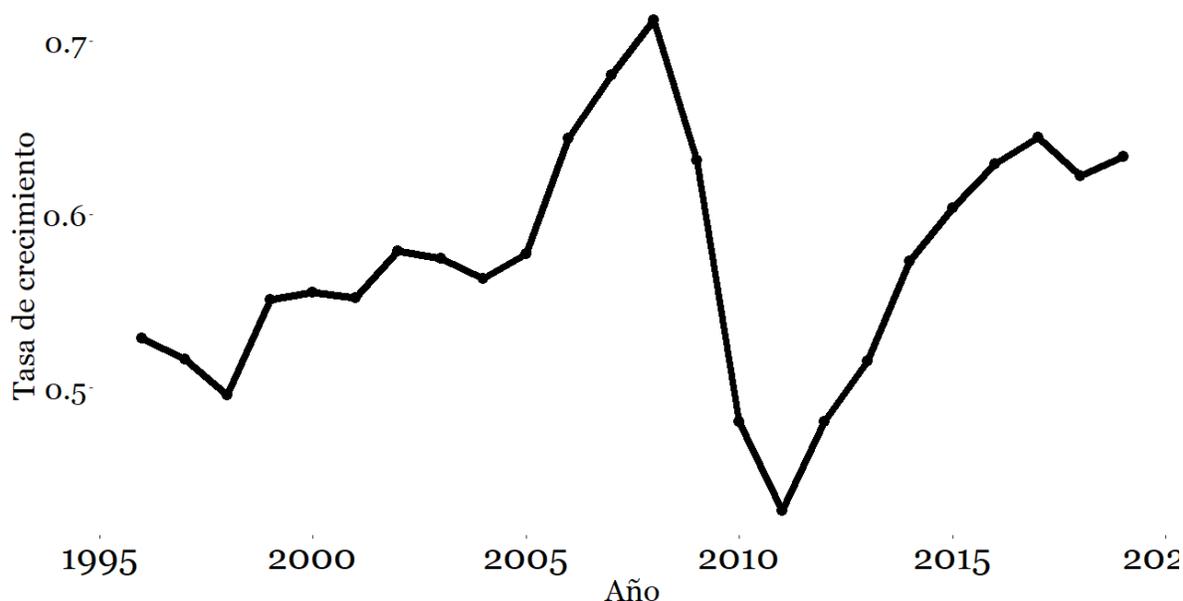
Y en efecto, existieron casos así. Previamente, al discutir este mismo periodo, pero tratando la tasa de crecimiento del PIB se mencionó que el único país que sufrió una variación negativa fue México en el 2019, en este caso en donde la tasa de crecimiento del PIB per cápita es la variable que se está estudiando, fueron más países los que experimentaron un decrecimiento. En el 2016 Canadá reportó una variación de -0.14%, en 2017 el PIB per cápita de Chile (-0.24%), Colombia (-0.16%) y Luxemburgo (-0.64%) disminuyó, aun cuando estos tres países tuvieron crecimiento del PIB positivo, debido a que la población creció más que el producto. Finalmente, en el 2019, Chile (-0.13%), Islandia (-0.50%), México (-1.14%) y Turquía (-0.43%) atravesaron por lo mismo para el crecimiento de su PIB per cápita, salvo México, que como ya se mencionó, este país si tuvo crecimiento negativo en el PIB.

El crecimiento del PIB y del PIB per cápita suelen ir muy de la mano, sin embargo, hay que tener consideraciones cuando las tasas de crecimiento son muy altas (como el caso irlandés) o muy bajas (como en Grecia), pues se debe estudiar el porqué de ese comportamiento, hasta ahora se ha visto que las caídas en las tasas de crecimiento se deben a crisis como la del 2001 en Turquía, la Gran Recesión del 2008-2009 y la Crisis del Euro en 2011 y 2012, asimismo el alto crecimiento no necesariamente es debido a un gran desempeño económico, puede deberse a factores externos como la amplia atracción de capital extranjero. Igualmente, la dinámica del crecimiento de la población es de suma relevancia para estudiar el crecimiento del PIB per cápita, no sólo es necesario un aumento del producto, sino que observar la dinámica poblacional se vuelve relevante para un análisis económico más completo.

2.2.3 Población.

Para finalizar con las tasas de crecimiento se presenta brevemente la dinámica del crecimiento poblacional¹⁰ para los países de la OCDE a lo largo del periodo de estudio. La Gráfica 3 presenta la tendencia de la tasa de crecimiento promedio de la población en todos los años a estudiar, desde 1996 y hasta el 2008 las tasas de crecimiento promedio experimentaron una tendencia constantemente creciente, después, justo en el comienzo de la Gran Recesión (2008) la tasa fue la más alta de todo el periodo, pero posteriormente disminuyó en 2009, 2010 y 2011, para que en 2012 volviera a mostrar una tendencia creciente hasta el último año (2019).

Gráfica 3.- Crecimiento promedio de la población por año



Fuente: Elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial.

Llama la atención que justo en el año de la crisis la tasa de crecimiento promedio poblacional haya sido la más alta, recordando que el PIB per cápita es un cociente del PIB y el número total de habitantes en el país, es una explicación adicional a por qué el PIB per cápita tuvo su caída más brusca en el periodo 2006-2010 tal y como se señaló en la sección 2.2.2. Entonces la disminución del producto per cápita no se explica exclusivamente por la crisis financiera, sino también por esta dinámica demográfica de crecimiento poblacional.

El presente trabajo de investigación no tiene dentro de sus objetivos estudiar el crecimiento a partir de una perspectiva demográfica, sino con base en los indicadores que la teoría ha señalado como los más relevantes. Entonces la exposición de la tasa de crecimiento promedio de la población resulta suficiente para explicar someramente la influencia que tiene sobre uno de los indicadores del crecimiento económico (el PIB per cápita), sin embargo, el análisis de la dinámica

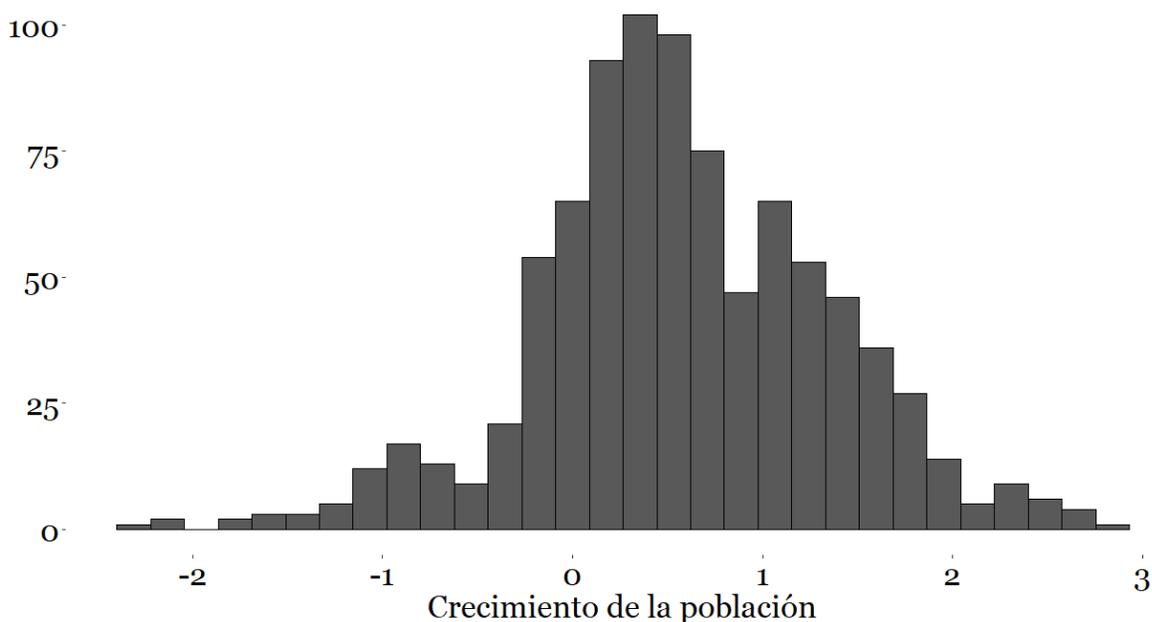
¹⁰ World Bank ID: SP.POP.GROW

demográfica no se profundiza en esta sección ni en otra posterior. Solamente se hacen algunas anotaciones finales al respecto.

La tasa de crecimiento promedio en todo el periodo nunca superó el 1%, aun cuando países como Irlanda, Islandia e Israel tuvieron crecimiento superior al 2% en varios de los años que se están estudiando. Esto se puede explicar porque hay países que observaron una disminución de su población, Polonia, Lituania, República Checa y otros países de Europa del Este tuvieron reducciones constantes en su número de habitantes. En la Gráfica 4 se presenta el histograma de las tasas de crecimiento poblacional para todos los países.

La gráfica se asemeja a una curva normal ligeramente sesgada a la izquierda. Este histograma ayuda a explicar el comportamiento de la línea de tendencia de la Gráfica 3, en donde se señalaba que ningún año el promedio fue superior al 1%, en el histograma se puede notar que la mayoría de las tasas de crecimiento observadas son positivas, sin embargo, también hay numerosas observaciones por el lado negativo del histograma, es decir, tasas de crecimiento negativas que representan disminución de la población, lo cual corresponde a los países europeos que ya se mencionaron.

Gráfica 4.- Histograma del crecimiento poblacional



Fuente: Elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial.

El análisis de la dinámica demográfica no se retoma en secciones posteriores, sólo se presenta aquí por las consideraciones ya señaladas, incluso en el Capítulo 3 que corresponde al análisis econométrico de los indicadores el crecimiento de la población no se incluirá como una variable que influya directamente sobre el crecimiento. La justificación es que el crecimiento de la población no influye por sí

mismo en el crecimiento económico, ya que los recién nacidos no aportan directamente a las actividades productivas que mide el PIB, sino que el aporte de la población se da a través del tiempo, una vez que las personas estudian, aprenden y se desenvuelven en el mundo económico, para tales efectos, los indicadores relacionados con estos aspectos son los que si se incluirán en el análisis cuantitativo.

En conclusión, la dinámica poblacional también es útil para explicar cabalmente el comportamiento del crecimiento del PIB per cápita, mientras la población crezca en menor medida que el PIB, el PIB per cápita no disminuirá tanto en periodos de crisis, e incluso si la población disminuye cuando el PIB también lo hace, si la población cae más en puntos porcentuales que el PIB entonces la variación del producto per cápita incluso será positiva. Son consideraciones más aritméticas que económicas, sin embargo, es necesario tenerlas en mente cuando se estudia la información disponible para intentar explicar la naturaleza y tendencia de indicadores del crecimiento.

2.3 Ahorro e Inversión.

2.3.1 Ahorro.

Los modelos teóricos de crecimiento económico le dan un peso importante a la tasa de ahorro (sY), pues recapitulando brevemente lo establecido en el primer capítulo de la investigación recuérdese que el ahorro es determinante de la tasa de crecimiento natural y garantizada del modelo de Harrod, para Solow la tasa de ahorro era una variable explicativa de la acumulación de capital a lo largo del tiempo y en los modelos de crecimiento endógeno el ahorro también influenciaba al capital de una manera similar a lo que estableció Solow, pero con la añadidura de otros factores como las externalidades del capital y el conocimiento.

Las tres escuelas del pensamiento más importantes dentro de la teoría, a saber: la keynesiana, la neoclásica y la del crecimiento endógeno, tomaron a la tasa de ahorro como un factor de suma relevancia para el crecimiento y la acumulación de capital, que en primera instancia es el principal motor del crecimiento económico. Sin embargo, los neoclásicos fueron quienes más estudiaron la influencia de esta variable sobre los modelos, pues sabían que el ahorro debía contrastarse con la tasa de depreciación del capital, la cual sería cada vez mayor, obviamente ya que mientras más pasa el tiempo, es más el stock de capital existente dentro de la capacidad productiva de la economía.

Incluso cuando en los modelos neoclásicos la tasa de ahorro es constante, se estudió la influencia que tendría un cambio en esta sobre la dinámica de crecimiento. De acuerdo con los modelos, una tasa de ahorro elevada es buena ya que así la acumulación de capital será más grande año tras año, sin embargo, una excesivamente elevada mermaría el crecimiento, ya que, si se llegase a ahorrar el 100% del producto, entonces no existiría consumo. Asimismo, un aumento en la tasa de ahorro no influencia la tasa de crecimiento del producto, pero si el nivel de este cuando se alcance el estado estacionario, en donde el PIB per cápita es estable y el PIB y la población crecen a la misma tasa.

En los modelos la tasa de ahorro es una fracción del producto, y en el Banco Mundial está disponible la variable para todos los países de la OCDE bajo el nombre de *Ahorro Neto* y se presenta como porcentaje del PIB¹¹. Este indicador se calcula como el ingreso nacional neto menos el consumo total (que incluye consumo en bienes nacionales e importados) más las transferencias netas. También existe el ahorro bruto, que se calcula de la misma manera que el ahorro neto, pero tomando en cuenta el ingreso nacional bruto, sin embargo, este indicador no está disponible directamente en la base de datos del Banco Mundial.

Los datos correspondientes a la tasa de ahorro para los países de la OCDE se presentan en el Cuadro 2, en él se incluye el país abreviado, el ahorro promedio en el periodo de estudio, la desviación estándar, y también el valor mínimo y máximo que tomó la tasa de ahorro en el periodo para cada uno de los países. La desviación estándar es una medida de variabilidad de los datos, un valor bajo significa que los valores de la serie se encuentran cercanos a la media, lo que quiere decir que no existe una variación o volatilidad significativa en la información, mientras que una desviación estándar mayor significa que los datos se encuentran muy dispersos.

No existe un número “óptimo” o “ideal” para decir que la desviación estándar es grande o pequeña ya que eso depende de la distribución y la naturaleza del conjunto de datos. Para fines prácticos aquí se asumirá que una desviación estándar *pequeña* es menor o igual a 3 ($\sigma \leq 3$) pues como se observa en el Cuadro 2 aquellos países que tienen una desviación típica menor a 3 son quienes tienen un valor mínimo y máximo no muy alejado de su nivel promedio de ahorro durante el periodo. La tasa de ahorro se trabaja como constante en los modelos de crecimiento porque suele mantenerse estable en largos periodos de tiempo, aunque por supuesto, no puede asumirse que será idéntica año tras año, pues los patrones de consumo de un país cambian en el tiempo.

En el cuadro, 25 de los 37 países miembros tienen una tasa de ahorro entre 20 y 30 por ciento del PIB y 27 de los 37 tienen una desviación estándar menor a 3, lo cual indica poca variabilidad en el indicador a lo largo del periodo. Algunos países destacan por tener tasas de ahorro sumamente altas, como Suiza (CHE), Corea del Sur (KOR) y Noruega (NOR), de hecho, este último país tuvo la tasa más alta en todo el periodo (41.94%) y fue en el año 2008. Sin embargo, se podría aseverar que el país con la tasa de ahorro más alta constantemente ha sido Corea del Sur, con un ahorro promedio de 34.68% y una desviación estándar de 1.60, además de que en el periodo su valor mínimo fue 31.45, valor superior al promedio de la mayoría de los países miembros.

¹¹ World Bank ID: NY.GNS.ICTR.ZS

Cuadro 2.- Estadísticos de la tasa de ahorro para los países de la OCDE 1996-2019.

País	Ahorro promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
AUS	22.02	1.09	20.67	24.31
AUT	26.54	1.14	24.84	28.7
BEL	25.75	1.43	23.5	28.78
CAN	21.45	1.96	18.57	24.69
CHE	34.24	2.68	27.76	39.69
CHL	21.95	1.85	18.57	25.38
COL	16.56	2.22	12.83	19.57
CZE	26.49	2.11	22.46	30.36
DEU	25.52	2.49	21.79	28.71
DNK	26.39	2.34	22.57	31.57
ESP	21.24	1.65	17.85	23.63
EST	25.19	2.33	21.91	29.05
FIN	25.84	3.75	20.53	31.96
FRA	22.63	0.99	20.96	24.49
GBR	14.31	1.68	11.44	17.18
GRC	8.78	3.08	3.08	15.36
HUN	20.94	3.56	15.78	27.84
IRL	24.85	7.63	14.96	35.93
ISL	15.85	6.53	2.4	25.95
ISR	22.94	1.55	20.1	25.39
ITA	20.01	1.55	17.27	22.42
JPN	27.65	2.52	23.56	32.29
KOR	34.68	1.60	31.45	37.72
LTU	16.74	3.11	10.51	23.08
LUX	25.89	8.29	15.61	39.7
LVA	20.99	4.02	12.38	30.6
MEX	22.33	1.40	19.1	23.83
NLD	28.17	1.63	25.7	31.79
NOR	35.44	3.71	28.01	41.94
NZL	19.23	1.84	15.68	21.79
POL	18.02	1.79	14.35	21.11
PRT	16.20	3.34	10.62	22.16
SVK	22.87	1.72	18.27	25.32
SVN	25.00	2.21	20.37	28.72
SWE	27.70	2.37	22.57	32.56
TUR	23.50	1.92	20.49	27.72
USA	18.64	1.87	14.02	21.38
Promedio	23.04			

Fuente: Elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial.

Asimismo, algunos países destacan por tener tasas de ahorro relativamente pequeñas, Nueva Zelanda (NZL), Polonia (POL) y Estados Unidos (USA) tienen un valor promedio menor al 20%. Otros como Colombia, Gran Bretaña, Islandia, Lituania y Portugal tienen un ahorro entre el 14 y 17%, pero Islandia fue el país que

tuvo la tasa de ahorro menor en todo el periodo (2.4%) en el 2008 y fue resultado de las políticas económicas contra cíclicas empleadas en el país para combatir la crisis financiera (Bergmann, 2014), estas políticas duraron hasta 2012, previo y después de la crisis el país tenía tasas similares a los demás países, de hecho puede notarse que el valor máximo fue 25.95%, un nivel similar al del grueso de los otros países miembros de la OCDE.

Grecia destaca por ser el país con el ahorro promedio más pequeño entre todos los países, durante el periodo 1996-2019 la media apenas fue de 8.78%, con un mínimo y máximo de 3.08% y 15.36%, respectivamente. Incluso el valor máximo del ahorro en el periodo para el país helénico es menor que el promedio de 35 de los 36 países restantes, superando sólo la media de Gran Bretaña. Los bajos niveles de ahorro en este país pueden atribuirse a impuestos excesivos para los hogares que resultan incluso en ahorro negativo para las personas, es decir, endeudamiento (Karavasili, 2017), de igual manera es producto de la crisis del euro que azotó gravemente a Grecia.

2.3.2 Inversión.

La inversión es otra de las variables fundamentales dentro de la teoría del crecimiento. Recordando brevemente los planteamientos teóricos, el producto es una función del capital y del trabajo $Y = f(K, L)$, de acuerdo con la escuela de pensamiento la función de producción adopta formas diferentes (Véase Cuadro 1), sin embargo, como se puede apreciar en las ecuaciones 1.8, 1.9 y 1.10, el análisis fundamental del crecimiento se deriva de las ecuaciones que tienen como variable dependiente el cambio del capital a lo largo del tiempo, y en la vida real la acumulación de capital (físico y humano) se da mediante la inversión. Y a través de este cambio en el capital cambia el producto y sucede la dinámica de crecimiento que se establece en los modelos, junto con la influencia de las demás variables como el nivel de la tecnología, la tasa de ahorro, el conocimiento, las externalidades del capital, entre otros.

En la ecuación 1.8 la variable dependiente es $\frac{dk}{dt}$ que se refiere al cambio del capital a lo largo del tiempo, y en 1.9 y 1.10 es $\frac{\dot{k}}{k}$ que es igual a $\frac{\frac{dk}{dt}}{k}$, es decir el cambio del capital en el tiempo con respecto del capital existente, ambos en términos per cápita. Dado que en los modelos se tienen derivadas con respecto al tiempo se asume que este es continuo y en efecto lo es, sin embargo los niveles de inversión no se registran segundo tras segundo, sino de manera trimestral o anual, por lo tanto lo más aproximado en la práctica sería medir el cambio en el capital (inversión) de una manera discreta, con esto en mente la expresión $\frac{\frac{dk}{dt}}{k}$ puede aproximarse a $\frac{(k_t - k_{t-1})}{k_{t-1}}$, lo cual si se multiplica por 100 se obtiene una tasa de crecimiento. Para la ecuación 1.8, $\frac{dk}{dt}$ puede aproximarse a sólo $k_t - k_{t-1}$.

Existen varios indicadores que miden la inversión en la economía, el más comúnmente utilizado es la formación bruta de capital fijo (FBKF) que de acuerdo con la definición del Sistema de Cuentas Nacionales de la Organización de las Naciones Unidas, que es respaldado por el Banco Mundial y por los países miembros de la OCDE se refiere a todas las compras de bienes de capital, maquinaria y equipo, la construcción de carreteras, caminos, escuelas, oficinas, hospitales, viviendas privadas, edificios comerciales e industriales así como mejoras en la tierra. Es FBKF y no formación neta de capital porque no toma en cuenta la depreciación, de hecho, no existe un indicador que mida la depreciación, probablemente por la dificultad que representa medir el deterioro de todos los activos fijos de una economía.

La FBKF que se emplea para el análisis se encuentra a precios constantes, en dólares del 2010, al igual que las tasas de crecimiento del PIB y el PIB per cápita presentados en los apartados 2.2.1 y 2.2.2, respectivamente, con el propósito de mantener el análisis lo más homogéneo posible. La variable se mide en miles de millones de dólares, sin embargo, resulta inadecuado utilizarla para comparar a las economías ya que el volumen en dólares también depende del propio tamaño de la economía, por ejemplo, en el 2019 Estados Unidos registró una FBKF de 4 mil millones de dólares, mientras que Francia sólo tuvo 700 millones de dólares de inversión, casi 6 veces menos que el primer país, sin embargo, la economía estadounidense es casi 10 veces mayor que la francesa.

Por tales consideraciones con respecto a la diferencia en tamaño de las economías en la OCDE, la variable de análisis en esta sección será la tasa de crecimiento anual de la FBKF¹², variable que también se encuentra disponible directamente en la base de datos del Banco Mundial y se presenta en el Cuadro 3, el cual tiene las mismas características que el Cuadro 2, se incluye el crecimiento promedio de la formación bruta de capital fijo por país, su desviación estándar y el valor mínimo y máximo que tuvo la tasa de crecimiento en el periodo de estudio.

Repasar el crecimiento de la FBKF de cada uno de los países podría constituir una tesis entera, sin embargo, lo más relevante del Cuadro 3 es que las tasas de crecimiento de la inversión son sumamente volátiles en el periodo, y eso se nota en los valores relativamente altos de las desviaciones estándar. Esto se debe a que en los años de crisis como el 2001 y la Gran Recesión del 2008 y 2009, la inversión es uno de los indicadores que caen más abruptamente en la economía, pues las condiciones dejan de ser adecuadas para la adquisición de bienes de capital u cualquier tipo de equipamiento productivo.

También, se debe tener en cuenta que las tasas de crecimiento de la inversión, al igual que con el PIB y PIB per cápita, se miden con respecto al año inmediato anterior, por lo que, si después del 2009 cuando la economía se recuperaba, se decidió invertir suficiente como para compensar lo no invertido en el año anterior entonces la tasa de crecimiento será considerablemente mayor. Pero no sólo la caída de la inversión sucede en años de crisis, en la base de datos se puede comprobar que

¹² World Bank ID: NE.GDI.FTOT.KD.ZG

esporádicamente todos los países tienen tasas negativas, indicando que el crecimiento de la inversión no es estable, constante, ni está garantizado.

Cuadro 3.- Estadísticos de la tasa de crecimiento de la FBKF (1996-2019)

País	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
AUS	4.06	5.27	-7.94	12.57
AUT	1.73	3.12	-7.18	6.65
BEL	2.51	3.59	-6.62	9.03
CAN	3.27	5.15	-11.31	11.68
CHE	2.11	2.97	-7.07	6.94
CHL	5.69	9.07	-14.27	23.46
COL	4.11	10.77	-34.56	19.89
CZE	2.64	5.37	-9.02	13.28
DEU	1.35	3.86	-9.46	7.54
DNK	2.77	5.44	-12.97	13.67
ESP	2.28	6.61	-17.29	10.79
EST	8.04	15.42	-37.2	35.6
FIN	2.86	5.38	-12.03	10.88
FRA	2.19	3.35	-9.07	7.84
GBR	1.89	4.07	-12.41	7.67
GRC	0.05	12.62	-23.46	22.59
HUN	4.58	7.69	-10.59	19.68
IRL	11.45	24.99	-21.14	94.19
ISL	5.83	18.16	-47.91	31.77
ISR	3.12	5.32	-5.49	13.16
ITA	0.56	4.22	-9.75	6.81
JPN	-0.13	3.56	-9.74	6.49
KOR	2.85	6.45	-20.54	13.99
LTU	7.77	13.55	-38.9	25.63
LUX	3.76	7.26	-12.45	17.92
LVA	8.59	17.61	-34.58	42.98
MEX	3.69	6.82	-11.67	19.4
NLD	2.64	8.11	-8.57	28.99
NOR	3.81	6.43	-7.02	14.76
NZL	4.16	5.75	-10.28	14.37
POL	5.83	8.64	-10.56	22.29
PRT	1.07	7.32	-16.71	14.16
SVK	4.00	11.65	-19.73	28.75
SVN	2.71	8.56	-22.08	13.37
SWE	3.35	4.59	-12.67	9
TUR	6.86	14.93	-27.01	31.92
USA	3.20	4.69	-12.52	9.29

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

Todos los países presentaron crecimiento negativo más de una vez en todo el periodo, pero definitivamente llama la atención que Japón haya tenido una tasa de crecimiento de la formación bruta de capital fijo promedio negativa, siendo el único país de toda la OCDE con este comportamiento. Esto puede deberse a la deflación que Japón ha atravesado constantemente por muchos años, si bien con una política monetaria expansiva se ha logrado estimular la demanda agregada, los precios son prácticamente insensibles a estas políticas económicas debido al alto nivel de competencia en el que operan las firmas en el país, obligándolas a mantener precios muy estables (Watanabe & Watanabe, 2018).

Esta dinámica es interesante, pues como se observa en el Cuadro 2, Japón es un país con una tasa de ahorro promedio alta, sin embargo, dado el bajo crecimiento de su inversión es claro que todo ese ahorro no se está destinando a la adquisición de bienes de capital, lo cual ya es una inconsistencia de la identidad teórica macroeconómica que establece que el ahorro es igual a la inversión. Incluso con la política monetaria que se citó en el párrafo anterior, la inversión sigue estando en niveles muy por debajo de los deseados. Entonces es probable que el incremento de la demanda agregada sea debido al consumo y no a la inversión.

El caso de Japón resulta interesante de estudiar porque la acumulación de capital en el país asiático no es el principal motor del crecimiento económico, sino que el consumo adopta este papel protagónico. Por lo tanto, lo que la teoría señala no se cumple cabalmente en Japón, esto no necesariamente quiere decir que la teoría del crecimiento no se cumple, puesto que la tasa de ahorro sigue siendo alta y el crecimiento si existe en este país, sin embargo, es muestra de que hay que considerar factores más allá de aquellos que se aprecian a simple vista.

Japón es un país objeto de estudio particular por la dinámica económica señalada, a saber, que la tasa de crecimiento de la FBKF es negativa y el crecimiento económico es comúnmente positivo. Aunque también hay que señalar el hecho de que la tasa negativa de crecimiento de la FBKF no significa que no exista inversión, sino simplemente que fue menor que la del año pasado. Para “defender” la economía de Japón podría incluso establecerse que la inversión que se hace en el país, aunque sea menor que la de un periodo anterior, es más productiva y ofrece mejores rendimientos, empero, estas son solo conjeturas, pues medir la productividad potencial de los proyectos de inversión en Japón y en cualquiera de los otros países de la OCDE está fuera del alcance de esta investigación.

Esta lección da cuenta de la importancia de conocer no sólo los indicadores involucrados en la dinámica económica del crecimiento, sino también del contexto económico en general en el cual se desenvuelven los países que se estudian. Si bien esto rebasa las fronteras de la investigación, es cierto que tanto el lector como las interpretaciones que se derivan de este trabajo deben hacerse bajo el criterio de que la teoría del crecimiento y su contraste con la realidad se hacen desde la perspectiva global y agregada de los países de la OCDE. Un tratamiento y análisis específico para cada uno de los países, aunque interesante, no es necesario para cubrir los objetivos de este trabajo, exclusivamente se repasan casos específicos y dinámicas atípicas

como es el ejemplo anterior de Japón o el extraño alto crecimiento de la FBFK en Irlanda.

En los modelos teóricos del crecimiento se establece que la acumulación de capital, la inversión o bien, la formación bruta de capital fijo es la principal fuente del crecimiento. En este breve apartado sólo se ha presentado el indicador con algunos estadísticos para exponer el comportamiento de la tasa de crecimiento de la inversión, posteriormente, en el Capítulo 3 será puesta a prueba la significancia estadística de este indicador al establecerse como una variable explicativa del crecimiento económico.

2.4 Indicadores de progreso tecnológico.

Medir el progreso tecnológico no es una tarea sencilla pues el “estado de la tecnología” o las innovaciones en las tareas productivas de la economía son conceptos un tanto abstractos cuya medición resulta ser arbitraria, ya que generalmente se miden con índices que están calculados con base en varios otros indicadores. Existen aproximaciones que buscan calcular el progreso de diferentes maneras, tal y como fue expuesto en el Capítulo 1, pero no todos son igual de apropiados, las subsecciones que a continuación se presentan exponen tres indicadores importantes para estimar el progreso tecnológico.

2.4.1 Gasto destinado a Inversión y Desarrollo (I+D).

En los modelos de crecimiento no se introduce explícitamente esta variable, sin embargo, se ha estudiado ampliamente su efecto y contribución al crecimiento económico, aunque las conclusiones de estas investigaciones han sido poco claras, pues parece ser que el efecto del gasto destinado a I+D es ambiguo. Por ejemplo, para un estudio realizado en los Estados Unidos, se encontró que el gasto en I+D induce la incorporación de innovaciones en la economía, pero no precisamente el crecimiento, incluso no todas las innovaciones son igual de redituables, pues las innovaciones privadas están enfocadas a la comercialización y las públicas tienen más énfasis en generar conocimiento por lo que su aplicabilidad está limitada (Bilbao & Rodríguez, 2004).

Otra consideración que señala Griliches (2007) es que al introducir la I+D como variable explicativa del crecimiento se suele encontrar que no es significativa, y cuando si lo es se debe a que los análisis se enfocan mucho en campos de innovación muy específicos, por lo que nunca está claro qué conclusiones pueden derivarse de dichos estudios. Asimismo, una consideración adicional es que el gasto en I+D puede no tener efectos directos sobre el crecimiento ni tampoco instantáneos, pues es poco probable que los recursos destinados a este fin tengan rendimientos durante el mismo año. Regularmente los retornos sobre este tipo de inversiones se aprecian hasta varios años después.

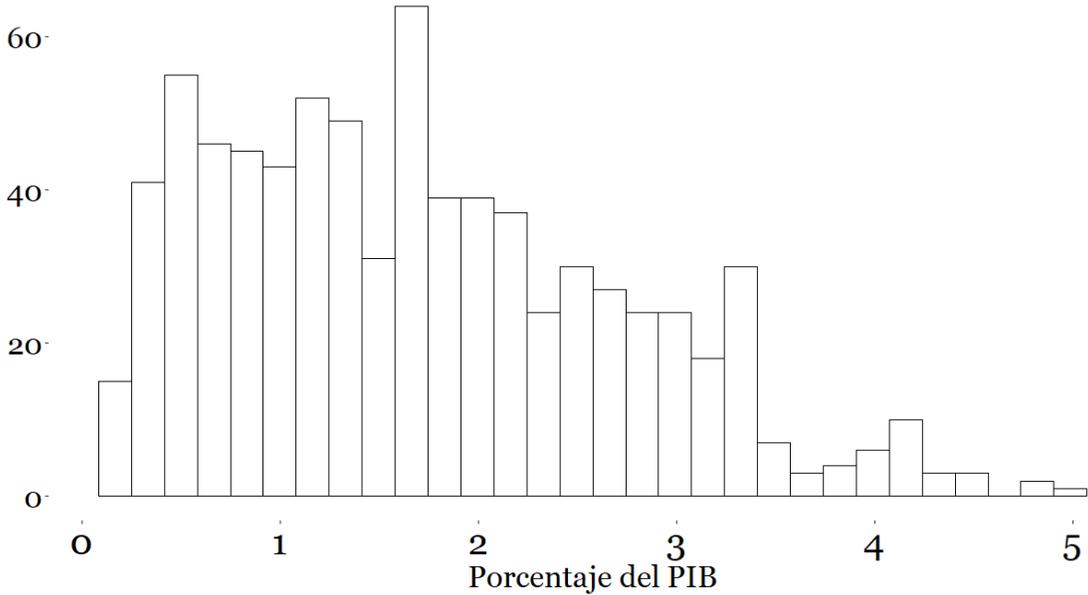
La cuestión de si lo destinado a I+D es útil para explicar el crecimiento en el contexto que se analiza en la presente investigación es una tarea que se delega al Capítulo 3, de momento, se presenta el comportamiento del indicador del porcentaje del PIB

destinado a I+D¹³, que incluye recursos del sector público y privado en sectores de negocios, gobierno, educación superior y organizaciones sin fines de lucro, el concepto cubre investigación básica, aplicada y experimental. Sin embargo, en el metadato del indicador no se menciona si el PIB del cual se extrae el porcentaje se encuentra en dólares constantes, corrientes, paridad de poder de compra, etc.

En la Gráfica 5 se puede observar que el histograma del indicador está sesgado a la izquierda y los valores suelen acumularse debajo del 2%, de hecho, la mediana de los datos es de 1.59, el valor mínimo fue 0.13% en Colombia en el año 2000 y el mayor fue 4.95% correspondiente a Israel en el 2018. Los países de la OCDE que menos recursos destinan a la I+D son Colombia, México, Chile, Latvia y Turquía (menos del 0.5% en casi todos los años) , mientras que aquellos que destinan en promedio un mayor porcentaje de su PIB a este fin son Israel, Corea del Sur, Finlandia y Suecia.

Desafortunadamente hay numerosos datos faltantes en la base de datos del Banco Mundial, el indicador llega hasta el año 2018 y para Chile, Suecia, Estonia, Grecia, Islandia, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Australia, Suiza, Colombia, Dinamarca, Irlanda y Turquía (14 de 37 países miembros), hay datos faltantes esporádicamente en algunos años de los que comprenden el periodo de estudio. Para el resto de los países la serie si está completa, sin contar 2019. Del panel de la base de datos hay 79 datos faltantes, lo cual es importante de tomar en cuenta para la forma del histograma.

Gráfica 5.- Porcentaje del PIB destinado a I+D



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

¹³ World Bank ID: GB.XPD.RSDV.GD.ZS

2.4.2 Productividad multifactorial.

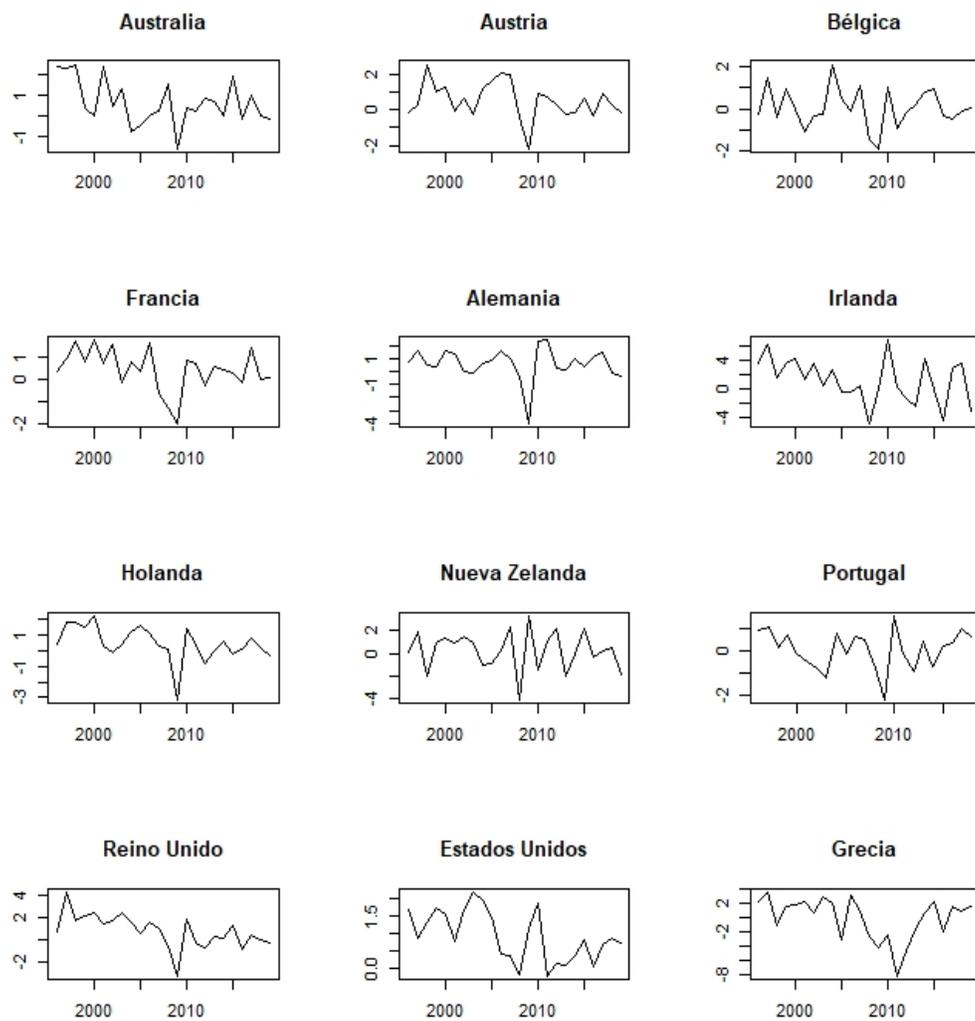
La productividad multifactorial es una variable calculada por la misma OCDE y refleja la eficiencia general con la que el trabajo y el capital son usados de manera conjunta en el proceso de producción. Los cambios en la productividad multifactorial (PMF) reflejan cambios en prácticas de administración, organización, conocimiento, costos, economías de escala, entre otros factores que alteran la eficiencia de los dos factores productivos mencionados (OECD, 2021). Además, estos aumentos en productividad producen mejores “servicios de capital”, que son los rendimientos que generan los bienes de capital cuando se combinan eficientemente con el trabajo (Schreyer, 2004), lo cual lo hace una buena medida del estado de la tecnología.

También se ha estudiado el impacto que tienen las innovaciones en la productividad de las firmas, pues cuando se introduce un nuevo bien de capital más eficiente o cuando se implementan nuevos métodos de producción, las demás empresas suelen adoptar bienes o procesos similares con el propósito de mantenerse a flote en mercados que son al menos medianamente competitivos y esto se ve reflejado en el incremento de la productividad multifactorial (Van-Leeuwen & Kloomp, 2006). Este estudio respalda la teoría de las externalidades de capital postulada por Romer, que fue mencionada en el Capítulo 1.

En esta sección se presenta el indicador, la variable se encuentra disponible en la base de datos de la OCDE, a diferencia de las anteriores que se obtuvieron del Banco Mundial. Y se presenta como tasas de crecimiento, lo cual es bastante útil ya que en el Capítulo 3 se puede estudiar el efecto directo que tienen el cambio en la PMF con el cambio en el producto de la economía. Sin embargo, este indicador no está disponible para todos los 37 países miembros de la organización; Chile, Colombia, República Checa, Estonia, Hungría, Islandia, Lituania, Letonia, México, Polonia, Eslovaquia, Eslovenia y Turquía son los 13 países para quienes no existen datos sobre este indicador en particular.

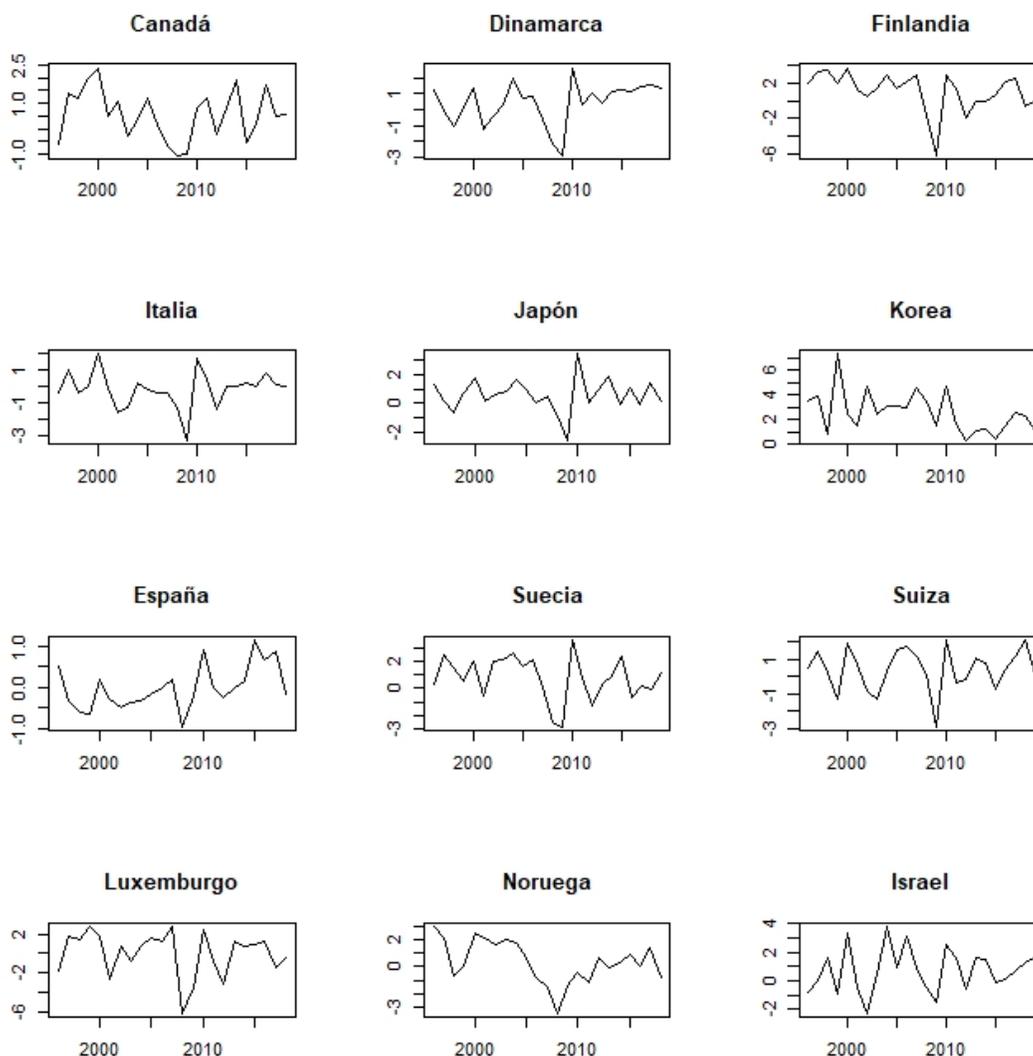
En la Gráfica 6 se presenta el comportamiento de la tasa de variación de la productividad multifactorial para aquellos países en los que si existe la información. Solamente señalando algunas generalidades; las series de la tasa son bastante estables en todos los países, en ninguno muestra una tendencia clara ascendente o descendente, lo cual es normal considerando que la productividad crece, pero no es de esperarse que crezca la tasa a la cual lo hace. También, en prácticamente todos los países la PMF disminuyó en 2008-2009, el año de la Gran Recesión, pero se recuperó rápidamente en el 2010.

Gráfica 6.- Variación de la PMF en países de la OCDE (1996-2019).



(Continúa).

Gráfica 6 (continuación).



Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

En conclusión, la PMF es un buen indicador que puede utilizarse adecuadamente para medir el estado de la tecnología en periodos particulares de tiempo, pues implica el uso de innovaciones, nuevas tecnologías, métodos y en general, formas más eficientes de utilizar los factores de la producción, lo que sucede cuando existe progreso técnico y se pone en práctica para beneficio del sistema económico.

2.4.3 PIB por hora trabajada.

Robert Solow utilizó un indicador similar al PIB por hora trabajada en uno de sus artículos a los que se hizo referencia en el Capítulo 1 de esta investigación cuando intentaba medir el progreso tecnológico en los Estados Unidos, la variable que el utilizó fue el PIB por trabajador y lo convirtió en un índice para medir su progreso a lo largo de cuarenta años. Esta aproximación de Solow sigue siendo útil pues ofrece una medida de lo producido por un número determinado de trabajadores en la

economía. Es de esperarse que crezca el producto y que también lo haga el número de trabajadores, pero el que crezca la razón entre ellos es una señal de que existe algún tipo de progreso, por ello se presenta también este indicador a continuación.

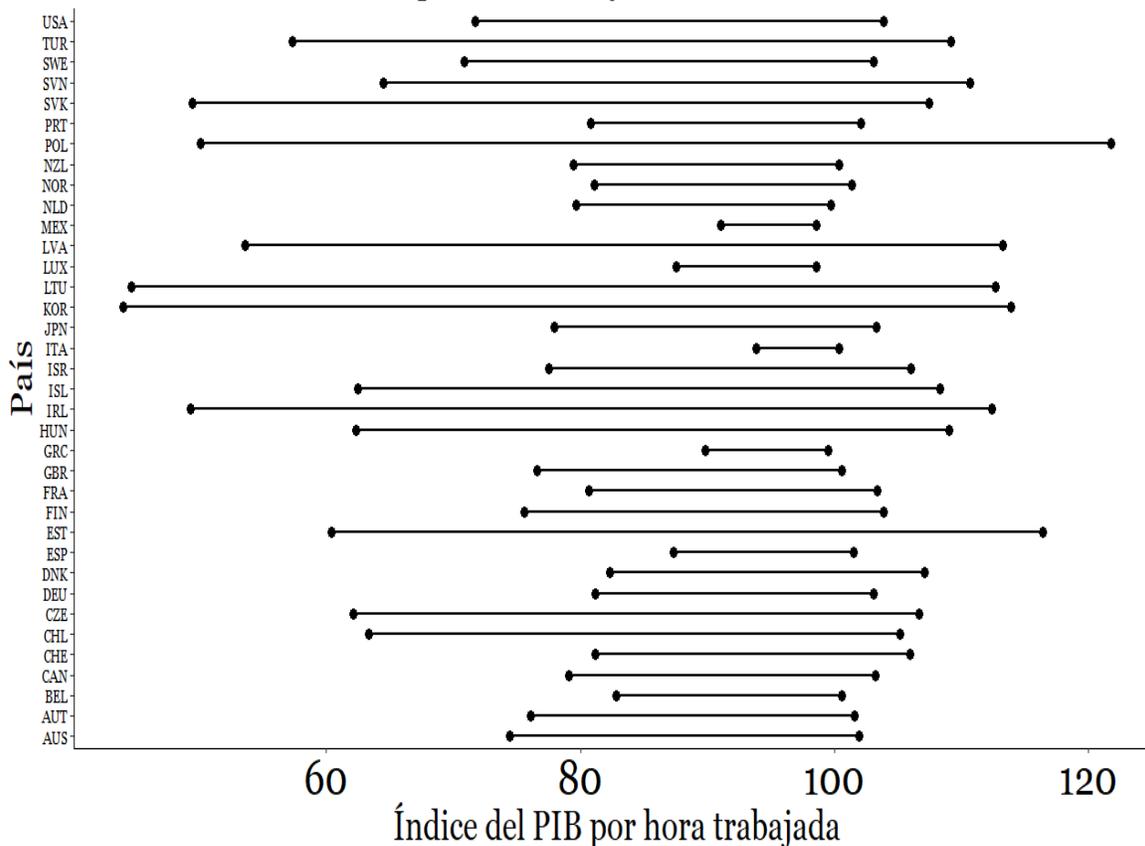
El producto por hora trabajada es un indicador que mide la productividad del trabajo, sirve para identificar que tan eficiente es el factor trabajo al combinarse con otros factores de la producción dentro de los procesos productivos. El trabajo en este indicador está definido como las horas totales que trabajan todas las personas en la economía, sin embargo, sólo refleja parcialmente la productividad del trabajo pues no identifica cosas como las capacidades de los trabajadores o la intensidad de sus actividades y esfuerzo (OCDE, 2021). La variable se presenta como un índice basándose en el producto en dólares constantes del 2010 a valores paridad poder de compra (PPC).

En la Gráfica 7 se presenta el comportamiento del indicador para 36 países de la OCDE (no existe el indicador para Colombia), en el eje vertical se encuentran los países y en el horizontal el nivel del indicador. El primer punto, a la izquierda de las líneas muestra el nivel del índice para el primer año del periodo de estudio que es 1996, excepto en el caso de Estonia y Letonia, cuyo primer año con información disponible es el 2000, mientras que el segundo y último punto, a la derecha, muestra el nivel del índice en el 2019. En general, la gráfica expone la evolución del indicador en todo el periodo de estudio.

La gráfica dice que todos los países han tenido un incremento en el indicador, lo cual es una buena noticia ya que es señal de que la productividad por hora trabajada ha aumentado en el tiempo. Segundo, algunos países han visto una mejoría sustancial con respecto a los demás países, por ejemplo, Turquía, Eslovaquia, Polonia, Letonia, Lituania, Corea del Sur e Irlanda, eran los países que tenían el indicador más desfavorable en 1996 (2000 para Letonia y Estonia), pero en el 2019 estos países tienen un escenario completamente diferente pues son quienes ostentan los niveles más altos del indicador entre toda la OCDE, superando en el camino a prácticamente todos los demás miembros, incluyendo a los Estados Unidos.

Así como estos últimos países han mejorado en gran medida, otros no lo han logrado en lo absoluto y al parecer muestran dificultades para incrementar su productividad. México, Luxemburgo, Italia, Gran Bretaña y España son países que tenían los niveles más altos en 1996, pero han fallado en hacer más eficiente sus procesos productivos lo que se aprecia sólo con observar lo corta que es su respectiva línea en la gráfica, con ello, para el 2019 son de los países con los niveles más bajos. Otros países que podría decirse que son de “media tabla” como Portugal, Nueva Zelanda, Noruega, Holanda, entre otros, no tenían un indicador destacable en 1996 y a pesar de que ha aumentado tampoco son sobresalientes en el 2019 al compararse con el resto de los países.

Gráfica 7.- Índice del PIB por hora trabajada (Base 2015)



Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

Ahondar en el comportamiento de la productividad y explicar por qué crece mucho o poco en diferentes países es una tarea que se encuentra fuera de los límites de esta investigación. En este breve apartado sólo se expone cómo algunos países han visto aumentos de su productividad y cómo otros tantos no lo han tenido. Incluso podría ser una aproximación para verificar la convergencia entre los países, pues aquellos que estaban rezagados ahora han alcanzado a quienes estaban en los primeros lugares, al menos en cuanto a productividad se refiere. Sin embargo, tanto la convergencia como la influencia de la productividad (que es una forma de medir el progreso tecnológico) en el crecimiento serán temas revisados en el Capítulo 3.

2.5 Indicadores de capital humano.

El último tipo de indicadores que serán revisados para los países de la OCDE son los correspondientes al capital humano. Hablar de este tipo de variables resulta un poco ambiguo y es necesario remitirse no tanto a la teoría, sino a los estudios que ya se han realizado sobre el tema, pues en los modelos se menciona al capital humano como el conocimiento de los individuos en una sociedad y que este es un motor de la economía pues a partir de él se derivan las innovaciones que impulsan el crecimiento del producto. Sin embargo, resulta sumamente complicado medir el acervo de

conocimiento de una sociedad en un punto determinado del tiempo pues prácticamente habría que asignar un número a lo que las personas saben.

En un artículo al que se hizo referencia en el Capítulo 1, Barro (1991) utiliza el porcentaje de alumnos inscritos en diferentes niveles de educación (primaria, secundaria y terciaria) en el primer año del periodo (1960-1985) para explicar el crecimiento promedio de 1960 a 1985, la justificación que menciona el autor para utilizar dichas variables como explicativas es que no se puede esperar que los alumnos inscritos en un año en particular puedan contribuir al crecimiento económico, pues aun se encuentran en un proceso de formación educativa que será productivo para la economía en años posteriores, cuando los alumnos se incorporen al mundo laboral.

2.5.1 Tasa Bruta de Matrícula en diferentes niveles de educación.

En la presente investigación se adopta la metodología de Barro para medir la influencia del capital humano en el crecimiento. A continuación, se presenta la inscripción escolar para los países de la OCDE en el primer año del periodo, para los niveles primario, secundario y terciario. La variable está disponible en el Banco Mundial, pero es recopilada por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Se utiliza la Tasa Bruta de Matrícula que corresponde porcentaje de estudiantes matriculados en el respectivo nivel de educación independientemente de su edad, expresado como porcentaje de la población total en edad oficial de cursar enseñanza primaria. La TBM puede ser mayor a 100% debido a la inclusión de estudiantes mayores y menores a la edad oficial (UNESCO, 2021).

De acuerdo con la UNESCO la educación primaria provee a los niños con habilidades básicas de lectura, escritura, matemáticas y un entendimiento general de historia, geografía, ciencias naturales y sociales, artes y música. La educación secundaria intenta ofrecer fundamentos para el aprendizaje a lo largo de la vida ofreciendo instrucciones más especializadas. Por último, el nivel de educación terciario incluye todo tipo de instrucción ya sea calificado o no (que ofrezca algún tipo de título o carrera técnica) que para cursarse es necesario haber cubierto satisfactoriamente la educación secundaria (UNESCO, 2021).

En general, la educación provee a los individuos de habilidades para la vida, conocimiento y aptitudes que tienen como objetivo fomentar su desarrollo humano. Por lo tanto, la educación es un buen indicador para medir el capital humano y probablemente el mejor que existe hasta el momento. En el Cuadro 4 se presenta la TBM para los países de la OCDE en el primer año del periodo, excepto para Chile, Japón, Reino Unido y Turquía que se utiliza el dato de 1997 o 1998 ya que es el primero disponible. En el cuadro se observa que en la educación primaria los países tenían una TBM muy similar, la cobertura a este nivel parece ser bastante homogénea entre los países para el primer año de estudio.

Cuadro 4.- TBM en el primer año del periodo (%).

País	Nivel de educación		
	Primaria ¹⁴	Secundaria ¹⁵	Terciaria ¹⁶
AUS	101.6	148.6	75.6
AUT	102.4	105.7	47.5
BEL	102.0	146.4	55.4
CAN	102.8	105.5	89.2
CHE	98.1	101.1	32.4
CHL	100.3	78.9**	29.2
COL	118.6	68.8	17.9
CZE	104.2	98.0	21.5
DEU	102.6	104.5	46.9
DNK	100.6	120.5	47.8
ESP	104.8	117.6	47.7
EST	95.5	92.8	40.2
FIN	99.0	115.7	70.3
FRA	106.1	112.6	52.4
GBR	100.8**	102.0	50.1
GRC	92.2	89.7	39.6
HUN	102.1	91.4	24.6
IRL	101.3	110.6	37.6
ISL	98.1	103.2	35.9
ISR	104.6	90.5	42.5
ITA	99.2	89.5	42.3
JPN	99.5	99.8	44.6**
KOR	102.9	100.8	53.7
LTU	100.2	87.6	28.5
LUX	95.5	88.0	8.1
LVA	89.5	87.1	26.9
MEX	108.7	61.1	16.6
NLD	107.4	137.4	48.1
NOR	98.6	115.6	58.1
NZL	100.2	115.6	59.3
POL	97.7	93.9	35.3
PRT	121.0	106.0	38.7
SVK	98.8	91.0	20.1
SVN	97.7	90.1	33.5
SWE	104.4	135.2	46.0
TUR	99.5*	61.9*	23.9*
USA	103.6	96.5	78.8

*Dato de 1997.

**Dato de 1998.

Fuente: Elaboración propia con datos de la UNESCO-Banco Mundial.

¹⁴ World Bank ID: SE.PRM.ENRR.

¹⁵ World Bank ID: SE.SEC.ENRR.

¹⁶ World Bank IND: SE.TER.ENRR

En el nivel secundario se comienzan a observar disparidades entre los países, aunque varios tienen una TBM cercana o superior al 100% existen otros como México, Colombia y Turquía que tuvieron una apenas superior al 60%, y algunos más como Grecia, Italia, Lituania y Luxemburgo tenían una cobertura entre el 80-90%, pero sin duda las diferencias más grandes se observan en la educación terciaria, en donde ningún país alcanza el 100%, pero algunos tienen una TBM sumamente baja como Luxemburgo, México, Colombia, República Checa y Eslovaquia. Para este último nivel de educación podría decirse que una TBM alta sería una superior al 70% como la que tienen Australia, Canadá, Finlandia y Estados Unidos.

Si los modelos de crecimiento endógeno que incluyen al capital humano dentro de los determinantes del crecimiento económico fueran acertados, se debería esperar que el nivel de educación (considerando que es el indicador más adecuado para medir la variable en cuestión) tenga un efecto significativo en el producto de la economía. Será en el Capítulo 3 que se pondrá a prueba la significancia de la educación sobre el crecimiento.

2.5.2 Índice de Capital Humano.

Existe un indicador que precisamente tiene como objetivo medir el capital humano de una economía y se encuentra disponible en el Banco Mundial para todos los países de la OCDE, pero sólo para los años 2010, 2017 y 2018. El indicador es el Índice de Capital Humano (ICH), que calcula las contribuciones de la salud y la educación en la productividad futura de los nacidos en el año correspondiente cuando se conviertan en trabajadores suponiendo que tengan educación completa y salud plena. Va de 0 a 1 y mientras más cerca esté el indicador de la unidad significa que la productividad en el futuro será mayor.

Incluir esta variable en el análisis del crecimiento puede resultar complicado dado que sólo está disponible para tres años de todo el periodo, sin embargo, se presenta a continuación como acervo y para no omitir la existencia del indicador. El Cuadro 5 expone el nivel del indicador para los países miembros de la OCDE y en los años en los que está disponible. En algunos países el indicador ha aumentado, en otros ha permanecido relativamente constante y en algunos ha disminuido. En general los países tienen un ICH bastante similar en los tres años, la mayoría ronda entre 0.70 y 0.80 pero existen algunos que destacan y no necesariamente por buenas razones.

Los tres países latinoamericanos que pertenecen a la OCDE Chile, México y Colombia, son quienes tienen un ICH más bajo en los tres años. Pero también algunos países de Europa del Este no están en condiciones mucho mejores, Hungría, Eslovenia, Letonia, Lituania y Turquía tienen niveles similares a los países de América Latina. Y sorprendentemente, Estados Unidos en 2010 se encontraba a la par de estos países, pero en 2017 su indicador mostró gran mejoría, pero para el 2018 disminuyó nuevamente. El bajo nivel de estos países puede explicarse debido al precario sistema de salud y educación con el que cuentan y para Estados Unidos probablemente se deba al elevadísimo costo de la salud que provoca que gran parte de la población no tenga cobertura de estos servicios.

Cuadro 5.- Índice de Capital Humano (2010, 2017 y 2018)¹⁷

País	Año		
	2010	2017	2018
AUS	0.755	0.803	0.781
AUT	0.738	0.793	0.769
BEL	0.753	0.757	0.763
CAN	0.774	0.799	0.800
CHL	0.626	0.674	0.665
COL	0.580	0.593	0.599
CZE	0.727	0.782	0.765
DNK	0.749	0.774	0.771
EST	0.726	0.747	0.774
FIN	0.817	0.814	0.814
FRA	0.757	0.765	0.756
DEU	0.761	0.795	0.764
GRC	0.715	0.681	0.695
HUN	0.690	0.703	0.705
ISL	0.755	0.740	0.743
IRL	0.766	0.806	0.814
ISR	0.718	0.763	0.763
ITA	0.750	0.769	0.753
JPN	0.816	0.844	0.841
KOR	0.825	0.845	0.835
LVA	0.676	0.724	0.738
LTU	0.688	0.712	0.727
LUX	0.700	0.692	0.692
MEX	0.589	0.607	0.612
NDL	0.797	0.800	0.803
NZL	0.779	0.767	0.771
NOR	0.771	0.771	0.769
POL	0.701	0.747	0.760
PRT	0.743	0.776	0.783
SVK	0.678	0.694	0.680
SVN	0.752	0.788	0.789
ESP	0.708	0.743	0.736
SWE	0.762	0.800	0.803
CHE	0.768	0.767	0.766
TUR	0.627	0.626	0.625
GBR	0.765	0.781	0.777
USA	0.692	0.762	0.714

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial.

Por último, los países que más destacan son los que se encuentran en Asia, como Japón y Corea del Sur que tienen un indicador constantemente superior a 0.80. A

¹⁷ World Bank ID: HD.HCI.OVRL

ellos se suma Irlanda, Holanda, Finlandia y Suecia. En general este indicador es interesante, pero tienen muchas limitantes, pues se basa en un análisis microeconómico de los retornos de la educación y la salud que una persona puede esperar obtener al llegar a los 18 años con el propósito de medir su productividad como trabajador en el futuro (Kraay, 2019). Como se mencionó, se presenta el indicador como parte del acervo de la presente investigación, pero no se recurrirá a este de nuevo en secciones posteriores dado que no existe justificación teórica para incluirlo como una variable explicativa.

2.6 Conclusiones del capítulo.

En este capítulo fueron presentados los indicadores más relevantes que de acuerdo con la teoría son aquellos que están mayormente relacionados con el crecimiento. Es importante comprender la naturaleza de los indicadores, lo que expresan, lo que tratan de comunicar y también sus alcances y limitaciones para poder utilizarlos adecuadamente en el análisis del crecimiento como se hará en el siguiente capítulo, de lo contrario, la tarea sería únicamente introducir números a un programa para que devuelva más números, lo cual es verdaderamente inútil, pues un coeficiente estimado no dice absolutamente nada si no se comprende lo que subyace en él.

Resulta crucial comprender el indicador o la variable en cuestión porque no es solamente un número, un índice o un porcentaje, es un elemento cuantitativo que representa una característica importante en la economía para todo el conjunto de países que se está estudiando. De igual manera, se debe conocer como ha sido el comportamiento de este a lo largo del periodo a estudiar, las tendencias que ha mostrado y cómo ha evolucionado en el tiempo, con ello el análisis econométrico posterior será más enriquecedor y ofrecerá respuestas más concretas al intentar explicar el crecimiento económico en los países de la OCDE.

A lo largo del capítulo se ha mencionado en varias ocasiones que los países que son objeto de estudio tienen algunos indicadores en los que son relativamente similares, sin embargo, en algunas ocasiones si existen diferencias considerables, como en la tasa bruta de matrícula o en el crecimiento de la productividad que se mide por el PIB por hora trabajada. Asimismo, el ahorro y la tasa de crecimiento de la FBKF no son iguales en todos los países y en el siguiente capítulo se estudiará más formalmente cómo estas diferencias tienen una influencia directa en las tasas de crecimiento de los países, con lo que se pueden cubrir cabalmente los objetivos establecidos al inicio de esta investigación y analizar si la teoría es congruente con la realidad.

3 ANÁLISIS ECONÓMÉRICO DEL CRECIMIENTO.

3.1 Introducción del capítulo.

Este tercer capítulo presentará pruebas estadísticas y econométricas que ayuden a dilucidar la hipótesis planteada en esta investigación, a saber, si la teoría del crecimiento se cumple para los países de la OCDE. En los capítulos anteriores ya se expusieron las bases necesarias para comenzar con un análisis más formal, en el primer capítulo se presentaron los modelos más importantes en la materia y en el segundo se mostraron los indicadores que los modelos señalan y cómo se han comportado para los países que son objeto de estudio. Con esto se ha develado una primera aproximación a responder la pregunta central de esta tesis, pues ya ha sido posible identificar algunos países que además de tener relativamente altas tasas de crecimiento también demuestran buen rendimiento en los demás indicadores.

A continuación, se realizan pruebas econométricas para dar por fin con una respuesta. Es importante señalar que no hay una prueba que pueda denominarse “la prueba” para poder comprobar la hipótesis, sino que a lo largo del capítulo serán empleados diferentes métodos para obtener una respuesta sólida y lo suficientemente confiable para sacar conclusiones de ella. También se debe considerar antes de avanzar, que algunos de los indicadores no están disponibles para todo el periodo, como es el caso del IDH, o bien, la productividad multifactorial para Estonia, Letonia, México y otros. Aunque estas pequeñas divergencias en la estructura temporal de los datos no deberían significar un problema grande en el análisis pues se trabaja con la estructura de datos de panel (una combinación de series de tiempo y corte transversal).

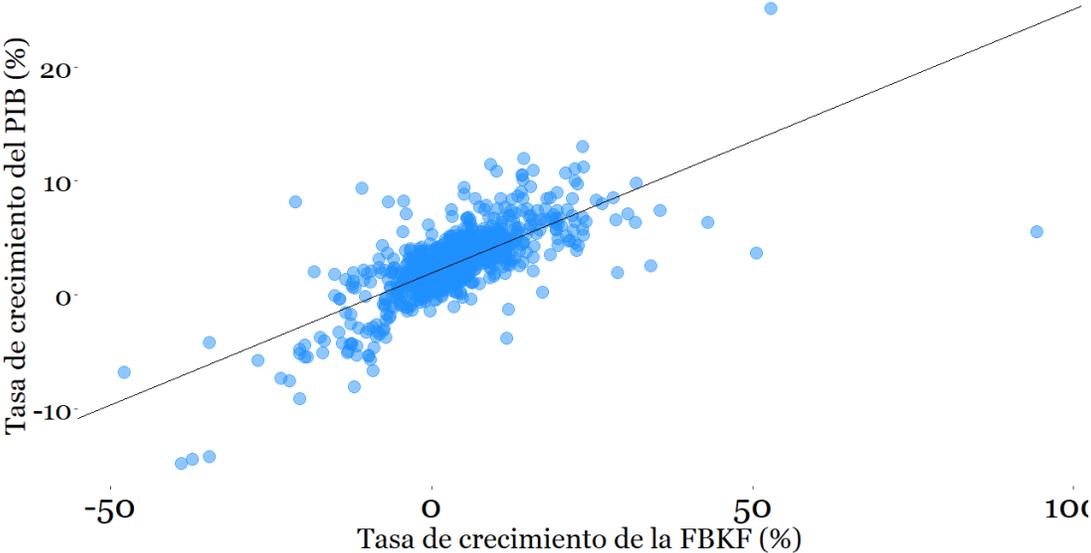
3.2 Crecimiento del PIB, PIB per cápita y crecimiento de la FBKF y tasa de ahorro.

Los modelos de crecimiento tienen como propósito principal, obviamente, explicar la dinámica del crecimiento económico identificando variables que lo afecta directamente de forma positiva o negativa. El modelo de Harrod-Domar, Solow-Swan y aquellos correspondientes a la teoría del crecimiento endógeno identifican uno en común, cada uno a su manera, pero finalmente el mismo, este factor tan importante es la inversión o bien, la acumulación de capital a lo largo del tiempo. En la práctica y en el Sistema de Cuentas Nacionales por el cual se rigen los países de la OCDE, referirse a “inversión” por sí misma resulta ambiguo pues existen diferentes variaciones de esta. Para tales efectos, cómo se discutió anteriormente será considerado el indicador de la Formación Bruta de Capital Fijo (FBKF).

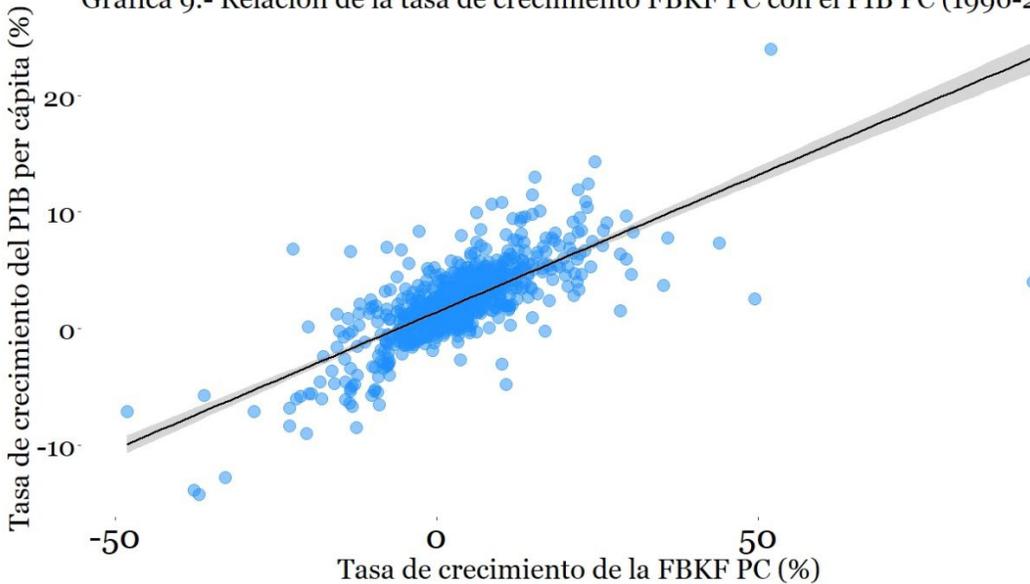
Una buena forma de apreciar en primera instancia la relación existente entre dos variables es a través de un diagrama de dispersión, la Gráfica 8 muestra los pares ordenados de la tasa de crecimiento del PIB y la tasa de crecimiento de la FBKF para todos los países en todos los años del periodo. En el diagrama se puede apreciar una tendencia positiva, una mayor tasa de crecimiento de la FBKF está relacionada con una tasa de crecimiento del PIB mayor, lo cual se destaca a través de la línea de tendencia que también se incluye en el gráfico. Los datos se concentran en el centro

de la gráfica y a los extremos se aprecia una mayor variabilidad, sin embargo, la relación parece mantenerse a lo largo de todo el gráfico. Si se repite el mismo ejercicio, pero con el PIB per cápita y el crecimiento de la FBKF per cápita se obtiene la Gráfica 9, que es sumamente parecida a la anterior. No existe el indicador del crecimiento de la FBKF per cápita en las bases de datos del Banco Mundial, pero dado que este indicador es un cociente, es posible calcularlo como la diferencia entre la tasa de crecimiento de la FBKF (indicador que si existe) y la tasa de crecimiento de la población. Puesto que la tasa de crecimiento de un cociente es igual a la diferencia entre el crecimiento de su numerador y denominador.

Gráfica 8.- Relación de la tasa de crecimiento FBKF con el PIB (1996-2019)



Gráfica 9.- Relación de la tasa de crecimiento FBKF PC con el PIB PC (1996-2019)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

A pesar de que los diagramas de dispersión son un buen recurso para apreciar la relación entre dos variables es cierto que tienen limitaciones, pues no es posible saber la “calidad” de la relación. Para ello es necesario recurrir a la primera prueba estadística-econométrica en este capítulo, a saber, una regresión lineal simple. Con este método es posible no sólo cuantificar la relación entre las variables sino también conocer que tan bueno es el ajuste. A continuación, en el Cuadro 6 se presentan los estadísticos obtenidos de la regresión.

Cuadro 6.- Resultados de la regresión entre el crecimiento del PIB per cápita y el crecimiento de la FBKF per cápita.

	Coeficientes	Error estándar	P-value
Intercepto	1.427115	0.076289	0.000
Crecimiento de la inversión per cápita	0.235547	0.007545	0.000
Error estándar de los residuales			
2.159 con 884 grados de libertad			
R cuadrada múltiple			
0.5244			
Estadístico F			
974.6			
P-value del estadístico F			
0.000			

Fuente: Resultados obtenidos a partir de la regresión utilizando datos del Banco Mundial.

Cómo recapitulación de lo que un modelo econométrico representa, se trata de calcular una variable en función de otra para medir su relación y la fortaleza de esta. En términos generales, un modelo econométrico simple tiene la siguiente estructura:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + u_i \quad (3.1)$$

Dónde Y es la variable dependiente (explicada, regresada, endógena), β_0 es el término del intercepto, β_1 es el coeficiente de pendiente, X_1 es la variable independiente (explicativa, regresora, exógena) y finalmente u_i es el término de error. Básicamente en un modelo de regresión simple como el que está aquí presente, se estima una línea recta con los coeficientes correspondientes a la relación que existe entre las dos variables. En el contexto del modelo presentado aquí, la estructura general se traduciría a la siguiente, tomando el crecimiento del PIB como variable dependiente y el crecimiento de la FBKF como independiente:

$$Crec. PIB_{pc} = \beta_0 + \beta_1 Crec. FBKF_{pc} + u_i \quad (3.2)$$

Luego, con los coeficientes obtenidos mediante el análisis de regresión se tiene:

$$Crec. PIB_{pc} = 1.43 + 0.24Crec. FBKF_{pc} + u_i \quad (3.3)$$

Es decir, que un incremento de 1 unidad en la tasa de crecimiento de la FBKF está relacionado con un incremento de 0.24 unidades en la tasa de crecimiento del PIB. Además, en el Cuadro 6 se puede observar que los p-values de los coeficientes son prácticamente cero, lo cual significa que son estadísticamente significativos y las regresoras si tienen una relación sólida con la variable dependiente.

Asimismo, en el Cuadro 6 se presenta el estadístico R^2 el cual es el coeficiente de determinación y sirve para determinar en qué cuantía la variable independiente explica a la variable dependiente. En este caso, el coeficiente es del 0.5244, lo cual indica que el crecimiento de la FBKF explica en 52.44% al crecimiento del PIB. La R^2 no es particularmente alta, sin embargo, el estadístico F es muy alto, lo que se traduce en un p-value de prácticamente cero; esto indica que el modelo tiene bondad de ajuste global y es significativo en conjunto, es decir, la relación existente entre ambas tasas de crecimiento es sólida.

La regresión arrojó buenos resultados para los objetivos de esta investigación, pero aun así se pueden hacer más pruebas para comprobar que tan buena y sólida es la relación entre estas dos variables. Una prueba interesante que se puede aplicar es la prueba de correlación de rangos de Spearman, la cual es parte de la estadística no paramétrica y busca calcular la correlación que existe entre dos variables al ordenarlas de mayor a menor, esta prueba no utiliza los valores de las variables sino su posición en todo el conjunto de datos. Para realizar este cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\rho = 1 - \frac{6 - \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (3.4)$$

Dónde ρ es el coeficiente de correlación de rangos, d_i^2 es la diferencia al cuadrado de un rango con respecto al otro de la misma observación y n es el número total de observaciones. Para ejemplificar como se realiza la prueba, se toman los primeros diez datos del crecimiento del PIB ordenados de mayor a menor, al más grande se le asigna el 1, al segundo más grande el 2, y así sucesivamente. Se repite lo mismo con la tasa de crecimiento de la FBKF. Luego se ordenan los datos para que las observaciones estén emparejadas cada una con sus correspondientes rangos. El Cuadro 7 ejemplifica el proceso con las diez tasas de crecimiento del PIB más grandes de todo el periodo.

El País que tuvo la tasa de crecimiento del PIB más grande en todo el periodo fue Irlanda en el 2015, entonces se le asigna el número 1, sin embargo, fue el segundo puesto en cuanto a tasa de crecimiento de la FBKF en el periodo, por ello se le asigna el 2 en esa categoría. Esto se repite con todos y cada uno de los datos para posteriormente calcular la diferencia al cuadrado de los rangos. En el Cuadro 7 sólo se muestran las primeras diez entradas de 888 en total. De los 37 países a lo largo de los 24 años del periodo de estudio, pero por supuesto, el cálculo del coeficiente se hace tomando en cuenta todas las observaciones.

Cuadro 7.- Ejemplo de la prueba de rangos de Spearman.

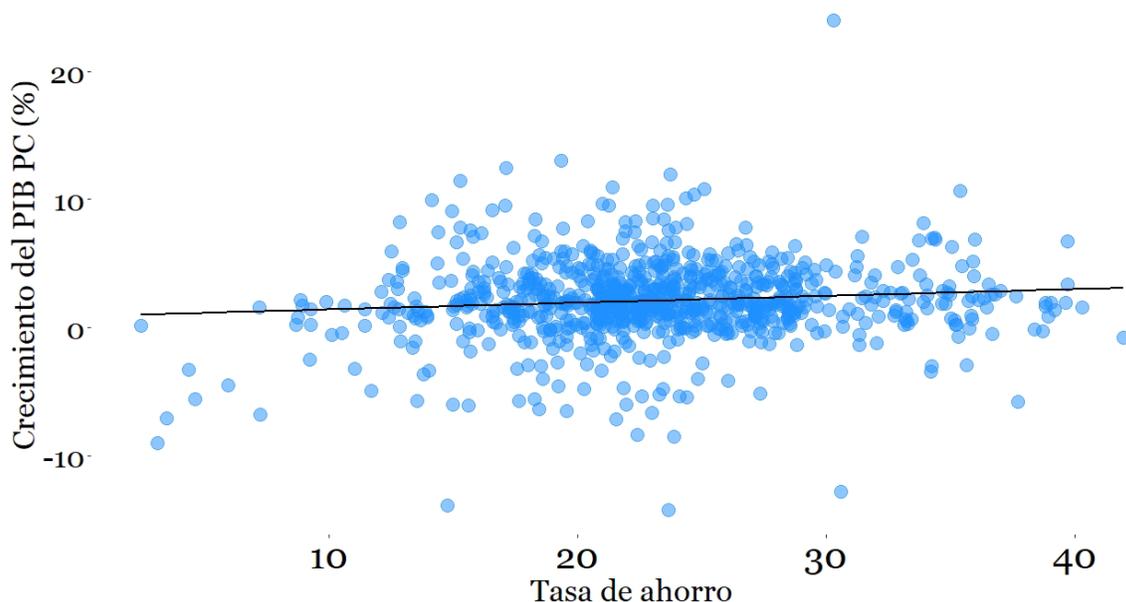
País	Crecimiento del PIB	Crecimiento FBKF	Año	Rango C. PIB	Rango C. FBKF	Diferencia al cuadrado
IRL	25.16	52.87	2015	1	2	1
EST	13.05	23.49	1997	2	19	289
LVA	11.99	14.33	2006	3	75	5184
KOR	11.47	9.25	1999	4	171	27889
TUR	11.2	23.68	2011	5	16	121
LTU	11.11	22.33	2007	6	25	361
IRL	10.9	15.81	1997	7	64	3249
SVK	10.83	10.11	2007	8	145	18769
LVA	10.73	20.89	2005	9	35	676
LTU	10.57	14.06	2003	10	83	5329

Así como en el capítulo segundo de esta investigación se expuso la FBKF junto con la tasa de ahorro, se sigue la misma lógica en esta sección. La tasa de ahorro tiene una influencia importante en el crecimiento económico de acuerdo con las teorías que son tomadas como referencia en este trabajo, si se recuerda la función neoclásica de Solow $\frac{d\hat{k}}{dt} = sf(\hat{k}) - (n + \delta + x)\hat{k}$, se observa que la tasa de acumulación de capital es directamente proporcional a la tasa de ahorro y dado que en el modelo el producto es una función del capital $Y = f(K)$, se tiene que $\frac{dY}{dt} = f\left(\frac{d\hat{k}}{dt}\right)$, es decir, que las variaciones del producto a través del tiempo son una función de la acumulación de capital, y dado que esta última depende directamente de la tasa de ahorro entonces se concluye que la tasa de ahorro termina afectando al crecimiento económico.

La Gráfica 10 presenta la relación entre la tasa de ahorro y el crecimiento del PIB per cápita para los países de la OCDE en el periodo de estudio. Llama la atención que la nube de puntos se aprecia prácticamente horizontal, si bien tiene una pendiente positiva, esta es casi plana. Esto puede interpretarse como si la tasa de ahorro, graficada en el eje horizontal, independientemente de que tan alta o baja sea, influye muy poco en el crecimiento económico. Aunque por supuesto, aquí se está

considerando el efecto único del ahorro sobre el crecimiento. A pesar de la pendiente yacente, si se realiza una regresión añadiendo al ahorro como variable explicativa se obtienen los resultados expuestos en el Cuadro 8.

Gráfica 10.- Tasa de ahorro y crecimiento del PIB PC (1996-2019)



Fuente: Elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial.

Cuadro 8.- Resultados de la regresión entre el crecimiento del PIB per cápita y el crecimiento de la FBKF per cápita y la tasa de ahorro.

	Coeficientes	Error estándar	P-value
Intercepto	1.029496	0.29119	0.000
Crecimiento de la inversión per cápita	0.232193	0.007732	0.000
Tasa de Ahorro	0.01543	0.012232	0.207
Error estándar de los residuales	2.157 con 838 grados de libertad		
R cuadrada múltiple	0.5235		
Estadístico F	460.3		
P-value del estadístico F	0.000		

Fuente: Resultados obtenidos utilizando datos del Banco Mundial.

La interpretación del Cuadro 8 es análoga a aquella del Cuadro 6, aquí lo que vale la pena resaltar es que, al añadir la tasa de ahorro como una variable explicativa, esta no es estadísticamente significativa, lo cual es posible identificar debido a que el valor p del coeficiente estimado es mucho mayor a 0.05. Por lo anterior es complicado aseverar que la tasa de ahorro tenga un efecto sustancial en el crecimiento económico, al menos en este momento. Se debe recordar y hacer un importante hincapié en que el análisis econométrico no se trata de arrojar números a un programa y simplemente tomar e interpretar los resultados literalmente, detrás de estos resultados es posible encontrar una explicación económica y no exclusivamente estadística-matemática. Las reflexiones sobre los resultados serán expuestas en las conclusiones en el capítulo siguiente, una vez que se cuente con datos suficientes para extraer un desenlace satisfactorio a la presente investigación.

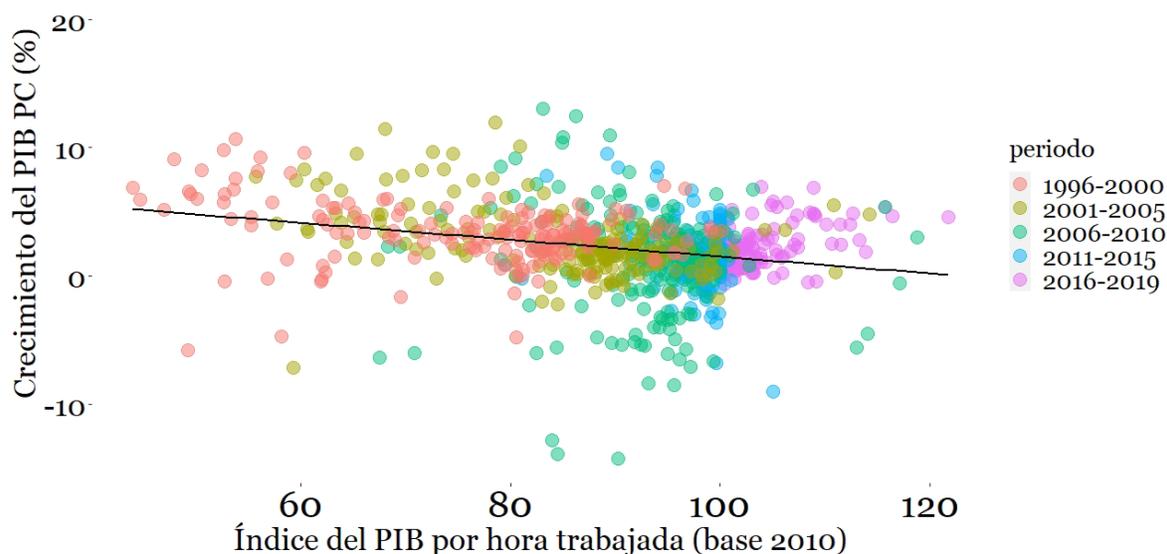
3.3 El progreso tecnológico y su influencia en el crecimiento económico.

Los modelos de crecimiento neoclásicos y aquellos correspondientes a la escuela del crecimiento endógeno ponen mucho énfasis en el papel del progreso tecnológico. Como se ha explicado previamente no existe una variable estadística que mida por sí misma la tecnología, ni el “estado del arte” en un momento específico del tiempo, para sustituir esta carencia se emplean otras variables que son útiles para medir el nivel de eficiencia de una economía. Como fue presentada anteriormente, una es el PIB por hora trabajada, que de hecho fue la misma variable que Robert Solow utilizó en uno de sus artículos citados en el capítulo anterior.

Si se continúa con un tratamiento similar como el presentado en gráficas anteriores y se presenta el PIB por hora trabajada contra las tasas de crecimiento de los países de la OCDE en el periodo de estudio, se obtiene la Gráfica 11, a partir de la cual es posible extraer un análisis interesante. Obsérvese que la línea de tendencia es negativa, en términos simplistas podría decirse que la relación entre el PIB por hora trabajada y la tasa de crecimiento de este tienen una relación inversa, es decir, que mientras más productiva es una economía, entonces las tasas de crecimiento de esta son proporcionalmente menores. A pesar de que esto pueda parecer contraintuitivo un breve ejercicio de reflexión puede ayudar a esclarecer la situación.

La gráfica en una primera instancia llamó mucho la atención por la relación negativa que existe entre ambos indicadores, por lo cual, para obtener un poco más de contexto sobre el comportamiento del fenómeno, fue agregada una segmentación por periodo (de 5 años cada uno y 4 en el último caso) de la misma manera que en las Gráficas 1 y 2 expuestas en el capítulo anterior. A cada periodo le corresponde un color diferente y con ello es posible notar lo siguiente: independientemente del incremento de la productividad ha habido una desaceleración en el crecimiento económico de los países de la OCDE a lo largo del periodo de estudio.

Gráfica 11.- PIB por hora trabajada y crecimiento del PIB PC (1996-2019)



Fuente: Elaboración propia utilizando datos de la OCDE y del Banco Mundial.

Al observar la Gráfica 11 se puede notar que las burbujas de colores, correspondientes a los periodos especificados en la leyenda, tienden a agruparse a lo largo de la nube. De izquierda a derecha se observan puntos rosados correspondientes al primer quinquenio, luego verdes, azules y finalmente violetas; precisamente porque a medida que pasa el tiempo la productividad ha ido aumentando constantemente. Aunque por supuesto esta secuencia está lejos de ser perfecta, como cualquier otra secuencia o relación en el mundo económico, sí se puede identificar este patrón generalizado en la gráfica.

La aseveración hecha dos párrafos atrás respecto a la desaceleración del crecimiento económico es un punto muy importante para considerar al momento de reflexionar sobre si la teoría del crecimiento ha sido acertada mencionando que el estado de la tecnología, medida en este escenario por la productividad por hora trabajada, tiene un efecto positivo sobre la tasa de crecimiento. Además, se debe recordar que el mismo Robert Solow en su artículo citado previamente, a saber, *Technical change and the aggregate production function*, utilizó el indicador, PIB por trabajador como una variable explicativa del crecimiento económico.

Como fue citado en el Capítulo 1, Solow descubrió que el producto crecía más que proporcionalmente comparado con el aumento del índice del PIB por trabajador, en última instancia estos rendimientos crecientes fueron atribuidos al papel de la tecnología en la economía, cosa que Solow no se dedicó el explorar más y fue una tarea delegada a la escuela del crecimiento endógeno. Aun así, ¿por qué ahora la relación entre las variables es negativa? Completamente diferente a los hallazgos del economista laureado con el Premio Nobel de Economía. La respuesta no es sencilla,

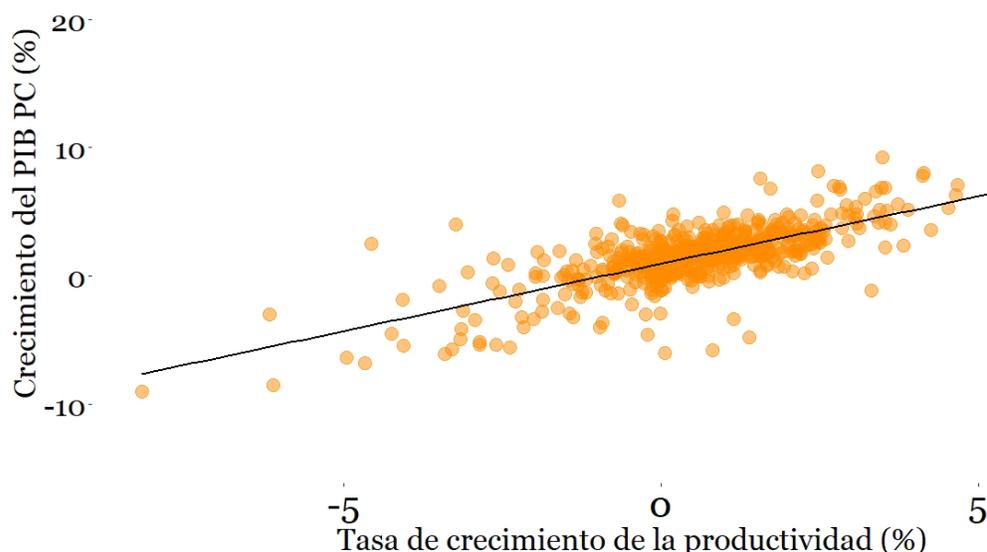
sin embargo, una buena primera aproximación puede surgir de los *rendimientos marginales decrecientes*.

La teoría de los rendimientos marginales decrecientes en economía hace referencia, en un modelo sencillo, que un producto que depende de dos factores puede crecer si uno de los factores incrementa mientras el segundo permanece constante, pero cada vez lo hará proporcionalmente en menor medida. Entonces, es posible que el periodo que estudió Solow (1909-1949) era de bonanza y con retornos crecientes, pero marginalmente decrecientes, lo cual está evidenciándose por fin en los últimos años. A pesar de que el trabajo de Solow y el presente no son directa y estrictamente comparables, dado que él estudió específicamente a los Estados Unidos, no es descabellado hacer esta reflexión, dado que el mismo modelo de crecimiento neoclásico establece que la función de producción tiene rendimientos marginales decrecientes, pues a partir de $Y = f(K, AL)$, puede demostrarse que $\frac{\partial Y}{\partial x} < 0$, donde x es ya sea K , o AL .

También debe recordarse y tener muy en mente que se está graficando y analizando la tasa de crecimiento de la economía, tal y cómo los modelos estudian, pues las variables que se enfocan en analizar los modelos son la derivada del producto $\frac{d}{dx}(Y)$, o bien del capital $\frac{d}{dx}(K)$ que matemáticamente es una tasa de cambio, y no precisamente el nivel de las variables por sí mismas. De ser así, la historia respecto al PIB por hora trabajada sería completamente diferente, dado que este indicador tiende a crecer con el paso de los años, lo mismo que sucede con el PIB por sí mismo, por lo tanto, al graficar ambas variables se encontraría una relación positiva. Estas consideraciones son más detalladas en las conclusiones generales que son expuestas en el siguiente y último capítulo.

Consecuentemente, ¿no hay una relación positiva entre la productividad (tecnología) y el crecimiento económico? Todo lo contrario, al utilizar el indicador que también se presentó en el capítulo anterior, la variación de la Productividad Multifactorial, y al contrastar esta variable con el crecimiento económico se obtiene la Gráfica 12, de la cual se aprecia una relación positiva entre ambas variables. Esto puede interpretarse como si el crecimiento de la productividad en la economía se ve reflejado también en un crecimiento del producto. Los cambios en la productividad multifactorial (PMF) reflejan cambios en prácticas de administración, organización, conocimiento, costos, economías de escala, entre otros factores que alteran la eficiencia de los factores trabajo y capital.

Gráfica 12.- Crecimiento de la productividad y del PIB PC (1996-2019)



Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE y del Banco Mundial.

La relación positiva que es posible apreciar en la Gráfica 12 es bastante buena, ambas variables tienen un coeficiente de correlación de 0.7285 que resulta estadísticamente significativo. Por lo tanto, de acuerdo con la teoría del crecimiento neoclásica, si es posible notar que existe una relación positiva entre ambas variables, no necesariamente entre sus niveles, sino en sus patrones de crecimiento, pues cuando la productividad aumenta, el crecimiento económico también tiende a ser más alto. Sólo hay que considerar, que como se mencionó en el capítulo anterior al exponer este indicador, no están disponibles los valores para algunos de los países que se están estudiando. Aun con ello, la relación no puede negarse.

El otro indicador que se había expuesto en el capítulo anterior cuando se cubrió el apartado correspondiente a las variables que representan el progreso tecnológico fue el gasto realizado en I+D como porcentaje del PIB. Para este en particular no se presenta una gráfica comparándolo contra el crecimiento del PIB porque no es posible esperar que el gasto realizado en I+D tenga efectos inmediatos sobre el crecimiento económico, puesto que la tecnología y la innovación que se espera obtener de esta inversión no es inmediata, sino que se ve reflejada una vez pasado determinado tiempo.

Una alternativa sería buscar una forma de graficar el crecimiento económico contra una estructura de rezagos del gasto de I+D, para reflejar que lo desembolsado en años anteriores tiene o no un efecto sobre las tasas de crecimiento del PIB. Sin embargo, aun con esto las interpretaciones no serían sencillas de realizar, por no decir además poco confiables; puesto que no todo el gasto en I+D está enfocado a los mismos objetivos, no todos generan rendimientos en el mismo periodo de tiempo y algunos quizá ni siquiera generen beneficio alguno. Por las complicaciones que

representa interpretar el gasto en I+D como porcentaje del PIB y sus efectos directos sobre el crecimiento económico, será puesto de lado en el análisis econométrico y quedará exclusivamente como una variable de acervo que es considerada un indicador del progreso tecnológico por algunos autores.

Si se efectúa una regresión lineal teniendo como variable dependiente a las tasas de crecimiento económico per cápita y como explicativas a la variación de la productividad multifactorial (PMF) y al PIB por hora trabajada se obtienen los resultados del Cuadro 9, expuesto a continuación. Lo que se está calculando en este caso es una ecuación de la forma $Crec. PIB_{PC} = \beta_0 + \beta_1 Crec. PMF + \beta_2 PIB_{hora}$. Para estimar los efectos de las variables correspondientes al progreso tecnológico sobre el crecimiento económico. A partir del cuadro y sus resultados la ecuación anterior se convierte en:

$$Crec. PIB_{PC} = 2.99 + 1.01Crec. PMF - 0.02PIB_{hora} + u_i \quad (3.5)$$

Cuadro 9.- Resultados de la regresión con variables explicativas referentes al progreso tecnológico.

	Coeficientes	Error estándar	P-value
Intercepto	2.999479	0.625649	0.000
Crecimiento de la PMF	1.012418	0.042736	0.000
PIB por hora trabajada	-0.022075	0.006671	0.001
Error estándar de los residuales			
	1.594 con 567 grados de libertad		
R cuadrada múltiple			
	0.5396		
Estadístico F			
	332.2		
P-value del estadístico F			
	0.000		

Fuente: Resultados obtenidos a partir de datos de la OCDE y del Banco Mundial.

Es interesante resaltar que las dos variables explicativas resultan estadísticamente significativas, al igual que el intercepto, esto puede identificarse a partir de los p-values, los cuales son menores a 0.05 e incluso son significativos a un nivel de significancia del 1%, pues también son menores a 0.01. Así como el modelo tiene significancia individual en todos sus coeficientes, también tiene significancia global y bondad de ajuste pues el estadístico F es alto y su p-value es de prácticamente cero. En general las variables del progreso tecnológico escogidas en el trabajo son útiles

para explicar el crecimiento económico en un 53.96% (coeficiente de determinación), si bien no es un valor sorprendentemente alto, no es nada despreciable.

Como se observa en el cuadro de resultados de la regresión, la variación de la productividad multifactorial tiene un coeficiente con signo positivo, indicando que mientras crece la productividad, en promedio también incrementa la tasa de crecimiento de la economía. Mientras que para el PIB por hora trabajada se aprecia un signo negativo, congruente con lo observado en la Gráfica 11, sin embargo, ya se detalló que este fenómeno no indica necesariamente que a mayor productividad la tasa de crecimiento sea menor, puesto que esto es contraintuitivo y va en dirección opuesta con lo que establece la teoría del crecimiento.

Por último, es importante señalar que en esta regresión en particular no se está incluyendo la información de varios países en todos los años del periodo, pues como se mencionó previamente, la información respecto al incremento de la productividad multifactorial no está disponible para todos los países en todo el periodo de estudio. De ahí que los grados de libertad de la regresión sean en este caso 567 y no más de 800 (el total de las observaciones). Por lo tanto, se debe considerar que estos efectos y estos coeficientes estimados son sólo para el grupo de países de los cuales la información si está disponible.

3.4 Efectos del capital humano sobre el crecimiento económico.

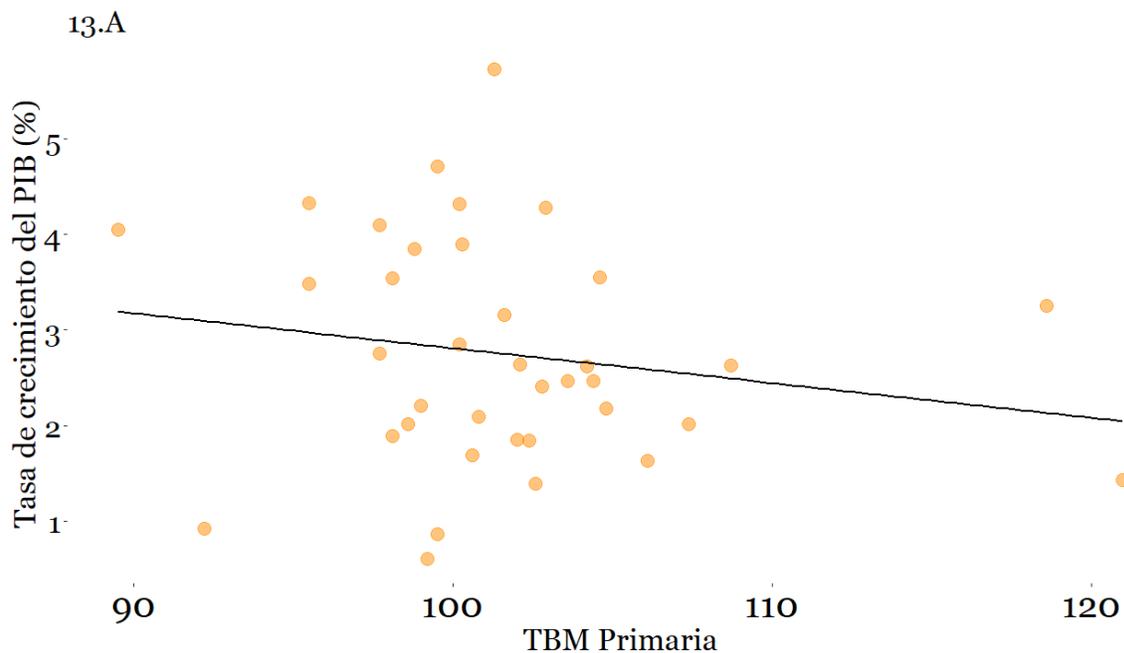
La teoría del crecimiento endógeno buscaba explicar la dinámica del progreso tecnológico a través de otras variables que posiblemente podían influir en el desarrollo de este. Uno de los factores que más fueron aceptados fue el capital humano, empero, al igual que la tecnología y el estado del arte en un punto específico se vuelve complicado analizar esta variable, por ello, como fue mencionado en el capítulo anterior, se retoma la metodología seguida por Robert Barro, en donde consideraba la tasa de matriculación por nivel de educación en el primer año del periodo para analizar si en años consecuentes los países con mayor tasa de matriculación observaban tasas de crecimiento económico en promedio mayores.

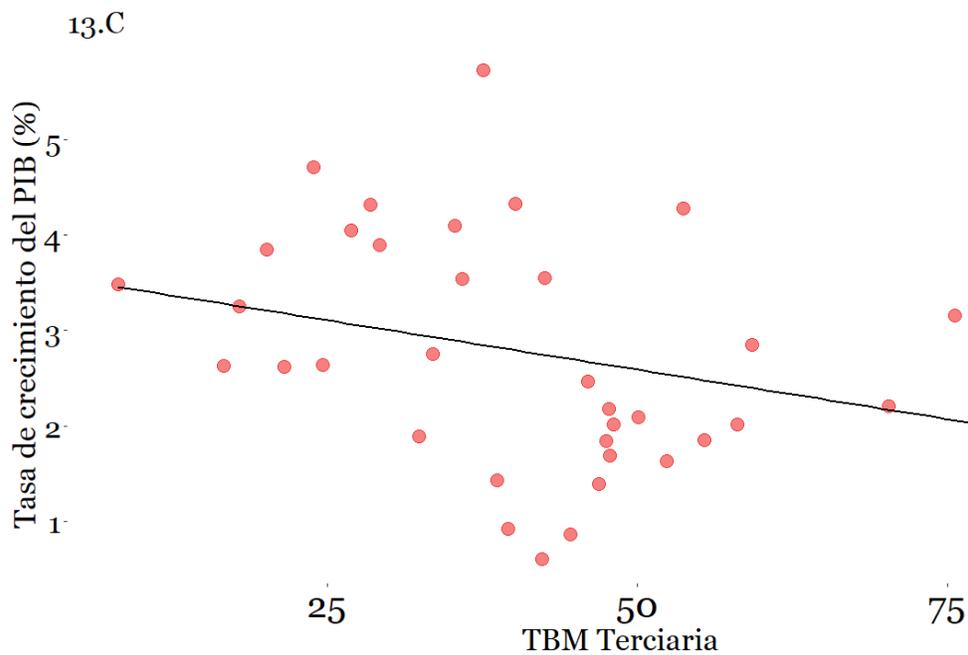
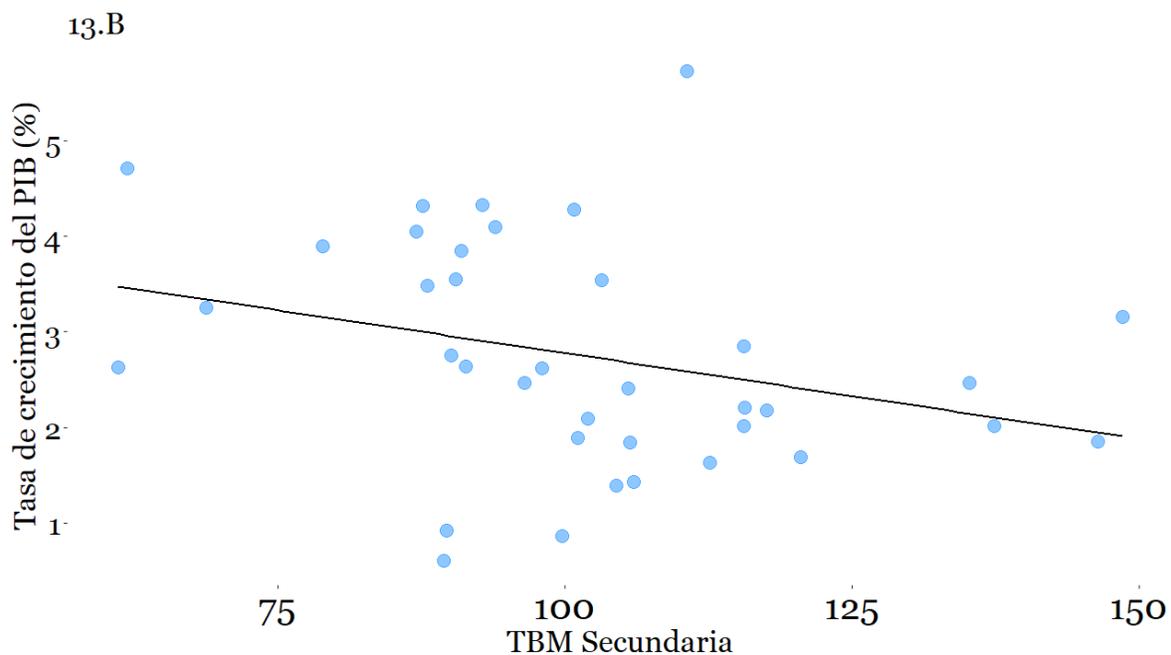
La Gráfica 13, dividida en tres partes para mostrar la relación entre la Tasa Bruta de Matriculación (TBM) en el primer año del periodo y la tasa de crecimiento económico promedio para los países, expone la relación entre la matriculación por los tres niveles principales de educación: primario, secundario y terciario, en las gráficas 13.A, 13.B y 13.C, respectivamente. En los tres casos se puede observar que las nubes de puntos de los diagramas de dispersión se encuentran bastante irregulares, y a pesar de que se puede trazar una línea de “tendencia”, lo cierto es que la relación estadística y gráfica no es lo suficientemente sólida como para hacer inferencia sobre la relación directa que puede existir entre la educación y el crecimiento económico.

Utilizando el software estadístico que se ha empleado en toda esta presente investigación se puede trazar una línea de tendencia, ajustada mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios, tal y como se hace en las tres figuras de la Gráfica

13. En este caso, incluso se aprecia una relación negativa, como si mientras más inscripción por nivel de educación tuviera un país menor fuese su tasa de crecimiento en el periodo posterior, sin embargo, esto va en contra de lo que establece la teoría del crecimiento endógeno, pues se esperaría que la tecnología que impulsa al crecimiento económico esté incitada por la educación de la población, lo cual es una reflexión bastante aceptable, empero, hay factores a considerar.

Gráfica 13.- TBM en tres niveles de educación durante el primer año de estudio contra el crecimiento económico promedio del periodo (1996-2019).





Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial.

Existe una dificultad para hacer un análisis de la misma manera que Robert Barro hizo en su momento. Primero, se debe considerar que la tasa de crecimiento del PIB que se utiliza para la comparación es un promedio de todo el periodo subsecuente al primer año de estudio, del cual se extrae el indicador correspondiente a la TBM, el promedio puede desviarse significativamente en presencia de observaciones atípicas

como es el caso de Irlanda y Turquía, que fueron explicados en el capítulo anterior al repasar los indicadores del crecimiento anual del PIB. De la misma forma, Italia y Grecia, como resultado de la crisis del euro, además de la Gran Recesión en 2008-2009, son de los países con una tasa de crecimiento promedio menor en el periodo.

Segundo, no puede obviarse que independientemente de la TBM en el nivel educativo que sea, las comparaciones siguen siendo complicadas porque difícilmente puede esperarse que la calidad de la educación sea homogénea en el conjunto de países de la OCDE. Si bien los estándares pueden ser similares, por ejemplo, para los países miembros de la Unión Europea, no puede esperarse lo mismo para países latinoamericanos como México, Colombia y Chile, que históricamente han tenido dificultades para solidificar su sistema educativo, garantizar cobertura universal a la población y alcanzar altos índices de rendimiento comparados con el escenario internacional. Por ello, no solo es importante tener en mente la TBM sino la calidad de la educación que los estudiantes reciben.

Tercero, la TBM en diferentes niveles de educación al compararse con las tasas de crecimiento económico de los países de la OCDE hacen pertinente considerar que puede existir una situación similar a la mencionada anteriormente con el gasto en I+D. La TBM de un país en el día de hoy, independientemente de lo alta que sea, es poco probable que rinda frutos en el presente, pues los países invierten en educación y los padres de familia en enviar a los jóvenes a la escuela, no para que generen un rédito de inmediato, sino para prepararse para el futuro y así incrementar las posibilidades de obtener una buena carrera profesional, con mejores salarios y que les permitan alcanzar un mejor nivel de vida. Aunque por supuesto que al respecto cabe la discusión sobre movilidad social y meritocracia, pero ese es un tema alejado de las fronteras de esta investigación.

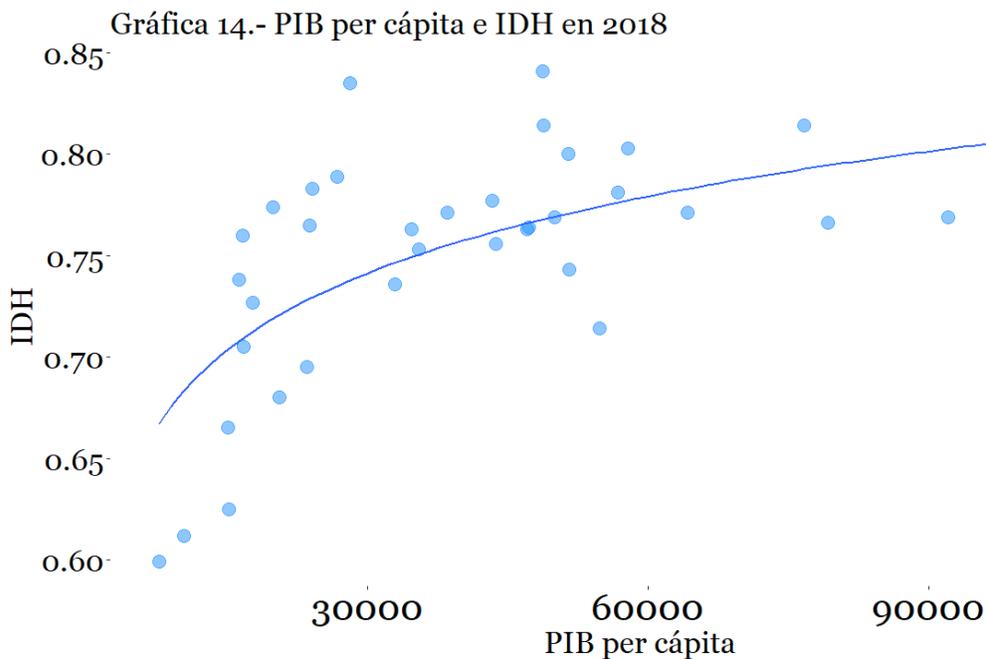
Cuarto y último, independientemente de la calidad de la educación y de la TBM, debe considerarse la especialización y división internacional del trabajo. No todos los países de la OCDE son pioneros o conocidos particularmente por sus grandes aportaciones en materia de ciencia y tecnología. México es más un país maquilador que otra cosa y también varios países europeos con altos estándares de vida como Italia, España y Portugal están lejos de su compañero continental Alemania en términos tecnológicos y de innovación. Por lo tanto, si bien no es desatino que la tecnología impulsa el crecimiento económico y esta a su vez depende de la educación en calidad y cantidad, no todos los países innovan y desarrollan tecnología, muchos de ellos la importan a través de los mercados internacionales.

Precisamente por lo mencionado, sobre que la educación no genera rendimientos inmediatos, sino que se espera que lo haga en el futuro, es que se siguió la metodología de Barro, para buscar una relación entre la educación y el crecimiento económico. Sin embargo, las consideraciones realizadas como la calidad de la educación, las observaciones atípicas en las tasas de crecimiento y el hecho de que

los frutos de la educación no se perciben inmediatamente, imposibilitan en este caso encontrar una relación estadísticamente significativa que satisfaga a lo planteado por autores de la teoría del crecimiento endógeno.

Sobre el IDH, no puede esperarse cabalmente que este indicador tenga alguna influencia sobre en qué medida crece la economía de los países, puesto que este guarda más relación con la calidad de vida de las personas que con el escenario económico general del país. Si bien la economía es un factor fundamental en la calidad de vida de los ciudadanos del mundo, es complicado volver multidireccional esta relación y sostener que la calidad de vida incide en mayores tasas de crecimiento económico. Sin embargo, no se puede obviar la relación que mantiene el IDH con el PIB per cápita, como se muestra en la Gráfica 14, que expone la relación entre el PIB per cápita y el IDH para los países de la OCDE durante el año 2018.

En la gráfica se puede observar que en efecto si existe una relación positiva entre el IDH y el PIB per cápita en el año 2018, aunque por supuesto que esto es de esperarse ya que el IDH se compone en una parte de la riqueza de los habitantes de un país, aunque también, como se mencionó en un apartado anterior, considera la esperanza de vida y la calidad del nivel educativo. Por lo que mientras mayor es el PIB per cápita si es mayor el IDH, pero cada vez en menor medida, como se puede apreciar por la línea ajustada al conjunto de datos. En el extremo derecho sobresale un punto que tiene el mayor PIB per cápita, pero un IDH considerablemente bajo, este país es Luxemburgo, lo cual nos lleva a la conclusión de que en este país la esperanza de vida es muy baja o bien, la calidad educativa no alcanza suficientes estándares internacionales, lo cual provoca que independientemente del alto nivel de ingreso, este país no tenga un IDH muy favorable.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

Entonces, con los datos que fueron rescatados de las bases del Banco Mundial y de la OCDE, no se pueden identificar, al menos estadísticamente hablando, los efectos del capital humano sobre las tasas de crecimiento económico de este grupo de países. ¿Qué significa esto? ¿La educación, matrícula escolar y el IDH no son necesarios para el crecimiento? Todo lo contrario, son elementos de gran relevancia que la teoría económica ha reconocido como vitales para el crecimiento, sin embargo, este tipo de factores no son impulsores inmediatos del crecimiento, puesto que los frutos de estos no se aprecian en el corto plazo, sino en el futuro, cuando los niños y jóvenes crecen y se desarrollan en diferentes áreas.

3.5 Un modelo general de crecimiento económico.

Hasta este momento, en el capítulo actual se han revisado de manera independiente los efectos que tienen las variables macroeconómicas más comúnmente mencionadas en la teoría sobre el crecimiento económico. El propósito de haber realizado tal ejercicio es identificar de manera individual la significancia estadística que tienen estos indicadores sobre la variable dependiente, a saber, las tasas de crecimiento económico, así se pueden explicar e interpretar de una forma aislada los resultados obtenidos de las regresiones simples y de los diversos ejercicios de reflexión realizados hasta este momento. Es posible ofrecer un análisis más específico para cada uno de los indicadores, explicando no sólo la interacción estadística que existe entre ellos, sino también, los fenómenos económicos que de acuerdo a la teoría suceden detrás de todo ello.

Las regresiones que se han expuesto hasta este punto son de la forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + u_i \quad (3.6)$$

Pero para exponer el modelo de crecimiento general se añadirá un factor adicional, pero que sigue cumpliendo con las reglas de la regresión lineal: variables binarias. Una variable binaria no es otra cosa que una regresora que denota si una observación cumple o no una determinada condición y es útil para medir los efectos de aspectos cualitativos, para los cuales haría falta un tratamiento estadístico más complejo o en ocasiones, simplemente no existe forma de trabajar estas variables más allá de la estadística descriptiva, sin embargo, mediante una variable binaria es posible introducir estos efectos en un análisis inferencial.

Las variables binarias, también denominadas dicotómicas solo se conforman de unos y ceros, donde por consenso, el número 1 denota que la observación si cuenta con la característica. En este caso, las variables dicotómicas serán utilizadas para denotar si una observación se encuentra en un periodo en particular. Así como en la Gráfica 1 y en la Gráfica 2 se dividió el periodo por grupos de cinco años (y cuatro para el caso del periodo más reciente), las variables mencionadas denotarán si una observación se encuentra en algún intervalo de tiempo específico. Esto con el propósito de descubrir si a lo largo del tiempo las tasas de crecimiento de los países han disminuido significativamente.

Una variable binaria se introduce al modelo de la misma manera que cualquier otra regresora, en términos del modelo que se presenta en esta sección, el modelo econométrico tiene la siguiente forma:

$$Crec. PIB_{PC} = \beta_1 Crec. FBKF_{pc} + \beta_2 S + \beta_3 Crec. PMF + \beta_4 P1 + \beta_5 P2 + \beta_6 P3 + \beta_7 P4 + \beta_8 P5 + u_i \quad (3.7)$$

Dónde:

Crec. PIB_{PC}: Crecimiento del PIB per cápita, medido como una tasa porcentual año tras año.

Crec. FBKF_{PC}: Crecimiento de la formación bruta de capital fijo per cápita, o bien, el crecimiento de la inversión o acumulación de capital por trabajador.

S: Tasa de ahorro.

Crec. PMF: Crecimiento de la productividad, medido por el cambio anual de la productividad multifactorial.

P1, P2, P3, P4, P5: Son los diferentes periodos en los que se divide el modelo, P1 comprende los años de 1996-2000, P2 es 2001-2005, y así sucesivamente hasta P5, que corresponde al periodo del 2016-2019.

u_i : Es el término de error.

β_i : Corresponden a los coeficientes estimados.

Obsérvese que el modelo no cuenta con un coeficiente estimado para el término del intercepto. En el caso de un modelo sencillo con término de error y una variable dicotómica (asúmase X_1 como una variable binaria) como el siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 Y_1 + u_i \quad (3.8)$$

Dado que X_1 , según lo definido previamente, sólo puede tomar valores de cero y uno, en una observación que cumpla con determinada condición, es decir, donde X_1 adopte el valor de la unidad, independientemente del valor de los coeficientes, el modelo se transforma en lo siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1(1) + \beta_2 Y_1 + u_i \quad (3.9)$$

Lo cual, dado que ahora existen dos constantes, se vuelve:

$$\begin{aligned} Y &= (\beta_0 + \beta_1) + \beta_2 Y_1 + u_i \\ Y &= \alpha_1 + \beta_2 Y_1 + u_i \end{aligned} \quad (3.10)$$

Y luego, en el caso donde una observación no cumpla con la característica, es decir, que X_1 adopte el valor de cero, entonces el modelo se convierte en el siguiente:

$$\begin{aligned} Y &= \beta_0 + \beta_1(0) + \beta_2 Y_1 + u_i \\ Y &= \beta_0 + \beta_2 Y_1 + u_i \end{aligned} \quad (3.11)$$

Porque β_1 multiplicado por cero es cero.

Observe que en ambos casos el intercepto juega un papel muy importante, cuando la observación si cuenta con la característica el intercepto pasa de ser β_0 a $(\beta_0 + \beta_1 = \alpha_1)$, y cuando no, es simplemente β_0 . Entonces, el coeficiente de pendiente de la variable dicotómica se convierte en un indicador de cómo afecta al resultado que una observación tenga la característica específica, puede ser que este coeficiente sea positivo o negativo. Y luego, el intercepto se convierte en un punto de referencia para analizar cuando una variable dicotómica no cuenta con la característica.

Nótese que hay dos posibles resultados: tener la característica o no tenerla. Y sólo hay una variable para corroborar esto, entonces, por cada variable dicotómica en un modelo debería haber N-1, coeficientes de pendiente, y el intercepto serviría como referencia para la última (o primera) variable dicotómica, es decir, esta última estaría implícita en el modelo, pero no explícitamente como una variable con su correspondiente coeficiente estimado. Empero, es posible introducir todas las variables de manera explícita en un modelo de regresión, o sea, no tener N-1

variables, sino N. La forma correcta de hacerlo es suprimir el término del intercepto y calcular una regresión a través del origen.

La justificación para hacer esto reside en las bases matemáticas matriciales de la estimación de una regresión. Cada variable y sus respectivas observaciones son vectores, y el intercepto también lo es, sólo que en lugar de componerse de variables aleatorias lo hace de números uno. Entonces, si se introducen todas las variables dicotómicas explícitamente en el modelo, habría un conjunto de vectores formado exclusivamente de unos, y dado que ya hay un solo vector con unos (el correspondiente al intercepto), provocaría un problema de multicolinealidad perfecta, o bien, vectores linealmente dependientes, lo cual imposibilitaría el cálculo de una matriz inversa, necesaria para estimar los coeficientes de la regresión.

Ya sea suprimiendo el intercepto o bien, quitando una de las variables dicotómicas para adoptarlas de forma implícita en el modelo, se resolvería esta situación. En este caso, se opta por remover el término del intercepto y la justificación es que, si recordamos la ecuación neoclásica $\frac{d\hat{k}}{dt} = sf(\hat{k}) - (n + \delta + x)\hat{k}$, la acumulación de capital en unidades de eficiencia a lo largo del tiempo, que a su vez es lo que influye en el crecimiento económico, es una función del capital en un momento dado y de la tasa de ahorro, entonces si estas son cero, la acumulación de capital también debería serlo, por la relación multiplicativa que guarda la ecuación y porque no existe un coeficiente autónomo que denota acumulación de capital independientemente de otras variables. Entonces, no está fuera de razón calcular una regresión a través del origen, ya que en estos casos cuando la variable independiente adopta el valor de cero, la regresada también lo hace.

Primero, obsérvese el resultado de la siguiente regresión:

$$Crec.PIB_{PC} = \beta_1 Crec.FBKF_{PC} + \beta_2 S + \beta_4 P1 + \beta_5 P2 + \beta_6 P3 + \beta_7 P4 + \beta_8 P5 + u_i \quad (3.12)$$

La cual es similar a la ecuación 3.7, con la excepción de que 3.12 no incluye a la variable del crecimiento de la productividad, medida por la variación de la productividad multifactorial (PMF), porque recuérdese que no existe este indicador para todos los países en todo el periodo, por ello en primera instancia se hará omitiendo esta variable para incluir tantas observaciones como sea posible. Los resultados del modelo 3.12 se exponen en el Cuadro 11. En primer lugar, destaca que todas las variables son estadísticamente significativas, lo cual puede notarse en el p-value de cada una, además el coeficiente de determinación es 0.7444, lo cual es más alto que en los modelos anteriores y también existe un buen ajuste global de la estimación.

La tasa de crecimiento de la FBKF per cápita, o bien, la acumulación de capital por trabajador, así como la tasa de ahorro, tienen un efecto positivo sobre las tasas de crecimiento económico de los países, estos resultados ya se habían corroborado

previamente con los resultados del Cuadro 9 y con la correlación de rangos, empleando la ecuación 3.4. Luego, el PIB por hora trabajada tiene un signo negativo, la dinámica de por qué sucede esto ya se explicó también, cuando se revisaron los resultados del Cuadro 10, sin embargo, en el contexto del modelo general de crecimiento económico, el signo negativo puede interpretarse de una manera interesante.

Una de las propiedades de la teoría del crecimiento neoclásico y también de la teoría del crecimiento endógeno (exceptuando el modelo de tecnología lineal) es que la función de producción tiene rendimientos decrecientes, es decir, con mayores inputs, los resultados seguirán siendo crecientes pero cada vez en menor medida. El hecho de que el PIB por hora trabajada devuelva un coeficiente negativo puede interpretarse como que a medida que los países incrementan este indicador de la productividad, la tasa de crecimiento, en promedio, será menor que en aquellos casos en donde este indicador es bajo. En otras palabras, este resultado respalda el principio neoclásico de una función de producción con rendimientos decrecientes.

Cuadro 11.- Modelo general de crecimiento, omitiendo PMF.

	Coeficientes	Error estándar	P-value
Crecimiento FBKF per cápita	0.228028	0.008	0.000
Tasa de Ahorro	0.01644	0.01227	0.181
PIB por hora trabajada	-0.044959	0.008887	0.000
Periodo 1	4.963504	0.727713	0.000
Periodo 2	5.226222	0.793318	0.000
Periodo 3	4.932109	0.858612	0.000
Periodo 4	4.916079	0.899184	0.000
Periodo 5	5.54189	0.953315	0.000
Error estándar de los residuales	2.09 con 805 grados de libertad		
R cuadrada múltiple	0.6927		
Estadístico F	226.9		
P-value del estadístico F	0.000		

Fuente: Resultados obtenidos a partir de una regresión estimada con datos del Banco Mundial y la OCDE.

Una situación interesante, es que todos los periodos, medidos como variable dicotómica, son estadísticamente significativos, recuerde el lector que para este modelo se está calculando una regresión a través del origen, por lo tanto, independientemente del crecimiento de la FBKF per cápita, la tasa de ahorro y el PIB por hora trabajada, se interpreta que sí existen diferencias significativas en las tasas de crecimiento de los países estudiados a lo largo del periodo. Simplemente viendo los coeficientes estimados es posible identificar dos situaciones que llaman la atención. Primero: El periodo 3 (2006-2010) y 4 (2011-2015) son quienes tienen en promedio las tasas de crecimiento más bajas para los países de la OCDE.

Las bajas tasas para estos periodos se explican por los sucesos repasados durante el Capítulo 2 cuando se presentó con estadística descriptiva el comportamiento de los indicadores, para recordar, en el periodo 3 (2006-2008) el mundo atravesó por la Gran Recesión, también conocida como la crisis inmobiliaria o simplemente crisis del 2008-2009. Mientras que para el periodo 4 (2011-2015) algunos países europeos sufrieron externalidades negativas resultantes de la Crisis del Euro originada en Grecia. Las constantes tasas de crecimiento negativas para varios países en estos dos periodos son las causantes de que los periodos 3 y 4 tengan en promedio las tasas de crecimiento más bajas.

Por otro lado, el Periodo 5 es el que tiene el coeficiente más alto de todos, si bien en este periodo no se observaron tasas de crecimiento extrañamente elevadas, como fue el caso de Irlanda en 2015 también mencionado en el Capítulo 2, lo cierto es que durante los años del 2016-2019, dentro de los datos sólo se encuentran dos países que tuvieron decrecimiento económico, México en el 2019 y Grecia en el 2016, sólo unos cuantos más tuvieron crecimiento negativo en el PIB per cápita por la dinámica poblacional explicada en el Capítulo 2. Por lo tanto, el hecho de que en promedio sea el periodo 5 aquel con las tasas de crecimiento promedio más altas, se debe, no precisamente a una bonanza económica particularmente sobresaliente, sino a la ausencia de crisis que provocara decrecimiento en el producto de los países.

El motivo por el cual se presenta primero el modelo sin considerar el crecimiento de la productividad es para incluir tantas observaciones como sea posible y rectificar si utilizando datos de todo el periodo las variables que señala la teoría tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la variable dependiente, el crecimiento económico. Además, con la inclusión de los periodos como variable dicotómica se puede observar una dinámica adicional, a saber, en cuál de ellos el crecimiento fue mayor o menor. Ahora bien, en el Cuadro 12 se presentan los resultados de la regresión, pero ahora tomando en consideración al crecimiento de la productividad, que como el lector ya sabe, se mide como el cambio en la productividad multifactorial (PMF) de un año al otro en un país. En este caso el modelo a estimar es el siguiente:

$$Crec. PIB_{PC} = \beta_0 + \beta_1 Crec. FBKF_{PC} + \beta_2 Crec. PMF + \beta_3 P2 + \beta_4 P3 + \beta_5 P4 + \beta_6 P5 + u_i \quad (3.13)$$

Cuadro 12.- Modelo general de crecimiento económico.

	Coefficientes	Error estándar	P-value
Intercepto	0.771097	0.228799	0.0008
Crecimiento FBKF per cápita	0.129348	0.007159	0.0000
Tasa de Ahorro	0.02036	0.008021	0.0114
Crecimiento de la Productividad	0.8581	0.033855	0.0014
Periodo 2	-0.538661	0.168552	0.0000
Periodo 3	-0.648983	0.169375	0.0001
Periodo 4	-0.922335	0.175517	0.0050
Periodo 5	-0.493985	0.953315	0.0000
Error estándar de los residuales	1.173 con 520 grados de libertad		
R cuadrada múltiple	0.74		
Estadístico F	211.4		
P-value del estadístico F	0.000		

Fuente: Elaboración propia, resultados obtenidos a partir de datos del Banco Mundial y la OCDE.

Agregando la variable adicional del crecimiento de la productividad, que también es altamente significativa, el coeficiente de determinación aumenta a 0.74, lo cual es una señal de la importancia de este indicador sobre el crecimiento económico, pues recuérdese que la R^2 es un coeficiente asintóticamente creciente, y en este caso, incluso cuando se están removiendo numerosas observaciones el coeficiente está incrementado. En general, también se observa que el modelo tiene un buen ajuste global, denotado por el estadístico F.

Para este modelo general fue necesario retirar la variable del PIB por hora trabajada, ya que resultaba no estadísticamente significativa y complicaba el análisis, además de que en este caso si se incluye un intercepto, el cual, como fue explicado anteriormente, crea una necesidad nueva, la cual es eliminar una de las variables dicotómicas para evitar tener el problema de multicolinealidad perfecta. Para este caso se decidió remover la variable correspondiente al periodo 1 (1996-2000), aun así, recuérdese que esta variable si está incluida implícitamente en el intercepto, que en este caso funciona como una variable de referencia para el periodo en cuestión.

Las variables que la teoría del crecimiento señala como relevantes para influir sobre el crecimiento económico si parecen tener efectos significativos para el conjunto de países de la OCDE en el periodo que se está investigando. Los keynesianos que señalaban a la tasa de ahorro como un determinante clave y los neoclásicos que apostaban a la acumulación de capital parecen tener ambos una buena parte de razón. No necesariamente la teoría del crecimiento endógeno está equivocada, pero la dificultad para medir esos aspectos intangibles del capital humano y el conocimiento imposibilitan incluir en un análisis cuantitativo estos elementos, más al respecto se discute en el siguiente capítulo cuando se exponen las conclusiones y consideraciones finales.

La acumulación de capital, medida en este ejercicio por la tasa de crecimiento de la FBKF es un elemento clave para el crecimiento, pues la dinámica macroeconómica de la inversión favorece la creación de empleo, incrementa el ingreso total de la economía y con ello la demanda, produciendo un círculo virtuoso que favorece el consumo de las familias. Además, la inversión que tiene como resultado la adquisición de bienes de capital o la creación de infraestructura, ayuda a que la economía alcance niveles más altos de eficiencia, lo cual produce resultados positivos sobre el producto total, lo cual a lo largo del tiempo beneficia a la población y provoca que el ciclo de la inversión se repita.

La tasa de ahorro también se vuelve fundamental, puesto que está estrechamente relacionada con la inversión o la acumulación de capital. De acuerdo con los autores neoclásicos, la identidad que sostiene que el ahorro es igual a la inversión sucede *expost*, es decir, que primero la sociedad tiene que ahorrar para que eventualmente ese dinero salvaguardado se invierta. En este caso la tasa de ahorro está siendo medida como una fracción del producto total de la economía, el signo positivo del coeficiente indica que, en promedio, aquellos países que ahorran una mayor proporción del producto son quienes tienen un mejor retorno por esta acción, pues a mayor ahorro la inversión es más grande y el efecto de esto son tasas de crecimiento más altas.

En cuanto al crecimiento de la productividad, medida por la PMF, que hace referencia a la eficiencia con la que se usan los factores de la producción capital y trabajo también muestra un muy relevante efecto sobre el crecimiento económico. La dinámica se puede explicar por la teoría neoclásica, específicamente por el factor tecnológico, pues la productividad hace referencia a la capacidad de producir el mismo valor o más, utilizando la misma cantidad de insumos o incluso menos. Para alcanzar estos niveles de eficiencia no basta simplemente con que pase el tiempo, pues no es un indicador que crezca por cuenta propia, sino que son necesarios un número de elementos como la educación, la capacitación de la fuerza de trabajo, el conocimiento que se esparce por la sociedad y en general, una mejora del estado de la tecnología.

La PMF y su efecto sobre el crecimiento económico está respaldado no sólo por la teoría neoclásica, sino también en parte la teoría del crecimiento endógeno, pues para alcanzar estadios superiores de tecnología es necesario un capital humano con vastos conocimientos en diferentes áreas que ayude a desarrollar nuevas y mejores técnicas productivas que tengan efectos positivos sobre la economía, fenómeno que mediante el análisis de regresión en el Cuadro 10 parece cumplirse para los países de la OCDE. La dificultad para medir el capital humano no representa que la teoría del crecimiento endógeno está equivocada, pero en este caso las interpretaciones y análisis van más allá de los números.

Los periodos en los que fue dividido el análisis también exponen una dinámica interesante, sobre cómo ha sido el promedio de las tasas de crecimiento a lo largo del periodo. Claramente la teoría no establece que estas tasas van a fluctuar a lo largo del tiempo, pero vale la pena analizarlas puesto que el crecimiento no se ve alterado exclusivamente por los indicadores que la teoría señala explícitamente, también existen externalidades que influyen el ritmo de crecimiento de los países, lo cual pudo observarse en los periodos 3 y 4, quienes tiene en promedio las tasas de crecimiento más bajas, que como ya se explicó, se debe a la crisis del 2008 y la crisis del Euro, respectivamente.

3.6 Conclusiones del capítulo.

Para concluir este capítulo, se debe hacer un señalamiento de gran relevancia, el modelo no es perfecto, aunque en defensa de este, no pretende serlo. Los modelos econométricos deben cumplir con una serie de supuestos (Gauss-Márkov) para asegurar su fiabilidad. Si bien en la literatura especializada se ha discutido la flexibilidad de estos supuestos y se ha señalado que el incumplimiento de estos es un problema de grado, es importante esclarecer en este caso cuales supuestos se cumplen y cuáles no, así como señalar los inconvenientes que estos generan. Todas las consideraciones son extraídas de Gujarati (2007) y como nota, el modelo si cumple el supuesto de homocedasticidad.

Comenzando con el supuesto de normalidad en los residuos, al trabajar con una muestra pequeña de 100 o menos observaciones, el supuesto representa un papel de gran relevancia, puesto que los estimadores t y F no son válidos si no se cumple. Sin embargo, en muestras grandes los estadísticos tienen aproximadamente las distribuciones de probabilidad de t y F respectivamente (pp. 99), por lo tanto, en conjuntos de datos grandes, como es aquel con el que se está trabajando en esta investigación, este supuesto puede no ser tan crucial.

El modelo también presenta el problema de multicolinealidad, el cual hace referencia a que las regresoras están estrechamente relacionadas entre ellas mismas. Este es un problema sumamente común en modelo estadísticos en los que se trabaja con información económica, puesto que es de esperarse que una variable esté relacionada con varias otras, en este caso, como se explicó previamente, el

crecimiento de la FBKF está relacionado con la tasa de ahorro y también puede existir una fuerte relación entre estas dos variables y el aumento de la productividad. No son indicadores independientes que tienen efectos exclusivamente sobre el crecimiento económico.

La dificultad que representa la presencia de multicolinealidad es que, al estar estrechamente relacionadas las regresoras, se vuelve complicado estimar el efecto individual de estas sobre la variable dependiente. Por ejemplo, puesto que el cambio en el ahorro afectará no sólo al crecimiento sino también a la inversión, existe un doble efecto, que termina afectando por dos lados a la regresada, primero por el cambio en el ahorro y luego, por el cambio que el ahorro provoca en la inversión que a su vez afecta al crecimiento. Sin embargo, en este ejercicio econométrico no se están midiendo efectos individuales en una forma tipo *ceteris paribus*, sino que se está evaluando la significancia estadística en conjunto de los indicadores sobre el crecimiento.

La multicolinealidad afecta a la varianza y covarianza de los estimadores, esto provoca que los intervalos de confianza sean más grandes y puede producir que las pruebas de hipótesis de significancia individual no resulten favorables, además de que los estimadores pueden ser sensibles a cambios pequeños en los datos (pp. 327). Sin embargo, como se ha expuesto con anterioridad, las variables si cumplen con la significancia individual y el modelo también tiene un buen ajuste global. Por lo tanto, la multicolinealidad en este caso no representa un grave problema que invalide el modelo presentado.

Finalmente, con la presencia de autocorrelación lo que sucede es que los estimadores de mínimos cuadrados no son los mejores estimadores linealmente insesgados. Si siguen siendo insesgados, pero no son los más eficientes ya que no son de varianza mínima. Para resolver este problema es necesario utilizar una técnica conocida como mínimos cuadrados generalizados, pero dado que no se conoce la varianza de la población (de todos los países en todo el periodo, para todos los estimadores), una solución es calcular un modelo en primeras o segundas diferencias, sin embargo, no tiene sentido hacer esta transformación en los datos por la estructura de la base con la que se trabaja en el presente documento, el método de diferencias para corregir autocorrelación es sólo aplicable en datos con estructuras de series de tiempo.

En conclusión, las variables que señala la teoría si tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el crecimiento económico, medido como la tasa de crecimiento del PIB de un año al otro. Independientemente de que el modelo no cumple con algunos de los supuestos del análisis de regresión, no significa que sea desechable, pues como se repasó en párrafos anteriores, estas situaciones no representan un gran inconveniente que ponga en tela de juicio la validez de la estimación. Si bien existen técnicas para corregir el incumplimiento de los supuestos, dada la naturaleza de los datos se vuelve complicado implementarlas.

Por ejemplo, la transformación en logaritmos de las variables eliminaría un número considerable de observaciones ya que no existe el logaritmo de cero ni de números negativos. Calcular el modelo en primeras o segundas diferencias no tiene sentido, ya que los datos están estructurados en forma de panel y no tiene sentido diferenciar el crecimiento de Austria con el de Australia, por ejemplo. Incluso si se hace por cada grupo de país, un modelo en diferencias dificultaría innecesariamente la interpretación y no sería tan directa, pues se trabajaría sobre el cambio en la tasa de crecimiento, que ya es por sí misma una medida de cambio, específicamente de la evolución del PIB de un año a otro.

4 CONSIDERACIONES FINALES.

La presente investigación tuvo como objetivo hacer una revisión empírica de la teoría del crecimiento para un conjunto de países en específico, a saber, aquellos que son miembros de la OCDE, en un periodo de tiempo determinado, comenzando en 1996 y hasta el 2019. La relevancia del análisis reside en que la teoría económica parece estar muchas veces peleada con la realidad, puesto que la primera se basa en supuestos que pueden caer en la categoría de poco realistas, mientras que en la segunda influyen factores humanos y circunstanciales prácticamente imposibles de medir y mucho menos de predecir. Por ello, haber realizado una investigación empírica utilizando de base fundamentos teóricos de gran relevancia para la macroeconomía, resulta en un ejercicio interesante y relevante para el conocimiento de la disciplina económica.

En el primer capítulo de este documento se hizo un repaso por las teorías más influyentes del crecimiento económico, haciendo énfasis en que existen diferentes escuelas de pensamiento y que, a pesar de que existen similitudes entre ellas, también hay diferencias significativas. El crecimiento económico y su estudio no es una rama de la disciplina que sea de reciente creación, es un tema que lleva investigándose desde que los primeros autores como Adam Smith o David Ricardo estaban en la cumbre de sus carreras. Sin embargo, no fue hasta el Siglo XX, cuando estas propuestas comenzaron a desarrollarse de una manera más formal, siendo Roy Harrod, un economista de la corriente keynesiana, uno de los primeros autores en proponer una visión dinámica para estudiar el crecimiento.

Luego, siguieron autores de la escuela neoclásica como Trevor Swan y Robert Solow, siendo este último galardonado con el Premio Nobel en Ciencias Económicas por su trabajo e investigación sobre el crecimiento económico y sus principales determinantes. Los autores neoclásicos incluyeron en el análisis un elemento que los keynesianos obviaron, el progreso tecnológico. La inclusión de una nueva variable como esta abrió la puerta a nuevos estudios, si bien al progreso tecnológico se le conocía ya como motor del crecimiento, entonces ¿qué provocaba el progreso tecnológico? Solow no navegó en aguas profundas para resolver esta pregunta, sin embargo, nuevos autores surgieron con propuestas interesantes.

Las contribuciones de estos nuevos autores, en su afán por buscar respuestas para explicar que producía el progreso tecnológico, que a su vez fomentaba el crecimiento económico, les hizo merecedores de su propia escuela de pensamiento dentro de la teoría del crecimiento, conocida como la teoría del crecimiento endógeno. Esta endogeneidad surge, de acuerdo con los autores, dentro de los mismos países, pues son sus condiciones internas las que producen progreso tecnológico, este conjunto de características son principalmente la educación y el conocimiento, pues al distribuirse ambos por entre los miembros de la sociedad, serán los mismos individuos quienes encaminen a un país a una senda de crecimiento sostenido.

Las tres principales escuelas de pensamiento dentro de la teoría del crecimiento económico tienen todas propuestas muy interesantes, modelos matemáticos bien formalizados e interpretaciones que hacen sentido con lo que comúnmente se observa en la realidad. Sin embargo, están lejos de ser perfectas, han existido críticas alrededor de estas teorías y la más fuerte es aquella que hace referencia a la gran omisión de la que pecaron las tres escuelas: no puede existir crecimiento infinito en un mundo con recursos finitos. El factor medioambiental nunca se consideró al desarrollar los modelos y en el contexto actual que atraviesa el mundo, esto toma más relevancia que nunca.

Si bien esta tesis no tiene como objetivo ser una investigación propia de economía ambiental, es una situación que no puede omitirse, por ello, estas consideraciones fueron expuestas en el primer capítulo para que el lector obtuviera un panorama considerablemente más amplio y no sólo exponer modelos de crecimiento y aceptarlos como los correctos sin cuestionamiento alguno. A las críticas al crecimiento también se suman las referentes al sistema de cuentas nacionales y a la dificultad que se tiene para medir con altos niveles de precisión la actividad económica de un país, ya que muchas actividades siguen sin contabilizarse, como lo es el trabajo no remunerado e incluso actividades ilícitas.

El segundo capítulo tuvo el objetivo de presentar al lector el comportamiento de los indicadores que la teoría del crecimiento señala como importantes para que el producto de los países crezca continuamente. Se mostraron los diferentes indicadores individualmente con gráficas y cuadros que contenían resúmenes estadísticos para una fácil interpretación y lectura, además de que se procuró explicar con detalle qué significa exactamente cada una de las variables expuestas, ya que en ocasiones resulta complicado conocer e interpretarlas si no se tiene el conocimiento previo de qué cosa están midiendo, lo que incluyen y lo que excluyen.

Con este repaso de los diferentes indicadores fue posible identificar tendencias como la desaceleración en el crecimiento económico a lo largo del periodo de estudio, se encontraron similitudes entre los países como el crecimiento de su producto que, omitiendo los periodos de crisis del 2008 y 2011, son bastantes similares entre los países observados, asimismo, hay diferencias sustanciales, como el índice del PIB por hora trabajada, que funciona como una medida de la productividad y de la eficiencia en la utilización de factores de la producción, algunos países tuvieron incrementos impresionantes como Corea del Sur, mientras que otros como México observaron un crecimiento mediocre en este indicador.

El tercer y último capítulo de la investigación, previo a las presentes conclusiones, buscaba dar respuesta a la interrogante principal de esta investigación la cuál es: ¿Lo que sucede en la realidad es congruente con lo que establecen los autores en la teoría del crecimiento? Esta pregunta, de la cual se desprende la hipótesis rectora de la investigación: La dinámica del crecimiento de los países miembros de la OCDE si

está alienada con la teoría. Con el último capítulo y con el apoyo de herramientas gráficas y estadísticas es ahora posible extraer una conclusión satisfactoria a esta investigación.

Una vez efectuadas las pruebas, específicamente el análisis de regresión e incluso también la prueba de rangos para estimar la relación entre el crecimiento de la FBKF y el crecimiento del PIB es posible aseverar con confianza que la teoría del crecimiento si explica la dinámica que se observa para los países de la OCDE. El resultado estadísticamente significativo de los coeficientes estimados a partir de las regresiones lleva a la conclusión de que las variables señaladas por los diferentes autores si tienen una influencia fuerte sobre el crecimiento económico de los países.

En general la teoría si funciona en este caso para explicar la realidad, aunque por supuesto hay comentarios adicionales que hacer al respecto. Es complicado definir con exactitud qué escuela de pensamiento es la más acertada, por ejemplo, los keynesianos que atribuían gran importancia a la tasa de ahorro, o los neoclásicos que consideraban al progreso tecnológico como el principal motor del crecimiento, tenían ambos razón. Pues tanto la tasa de ahorro, como el crecimiento de la productividad multifactorial, que sirve para explicar el progreso técnico, resultaron ambos significativos en la última estimación del capítulo anterior.

Independientemente de lo que los autores señalaban como variables relevantes en el análisis del crecimiento, lo que las tres escuelas de pensamiento tienen en común es que todas consideran que la acumulación de capital es fundamental para el progreso tecnológico, ya que el capital es un factor de la producción sumamente importante, que combinado con el factor trabajo y un mejor uso de ambos, es decir, mayor eficiencia y en términos de la teoría del crecimiento, progreso tecnológico, es posible incrementar el producto de una economía año tras año, que efectivamente, esta evolución del producto de un año a otro es lo que mide el crecimiento económico de un país.

La metodología econométrica empleada en el tercer capítulo se basa primordialmente, como se comentó en su momento, en el análisis de regresión. El ejercicio realizado durante dicho capítulo consistió en cálculos de regresión lineal simple, para identificar el efecto individual de las variables sobre el crecimiento del PIB per cápita, y una vez identificadas estas relaciones, se elevó un grado el análisis realizando regresiones múltiples, es decir, con más de una variable explicativa, para estimar en conjunto el efecto sobre el crecimiento del PIB per cápita. A partir de los resultados, la significancia estadística individual, el coeficiente de determinación, el ajuste y significancia global es posible confirmar que en efecto la hipótesis establecida previamente se verifica.

El caso de la teoría del crecimiento endógeno requiere de una revisión más minuciosa. Como se planteó en las conclusiones del tercer capítulo, medir lo que esta

escuela de pensamiento señala como importante es considerablemente complicado, por ejemplo, el conocimiento, ¿cómo es posible medir tal concepto? Además de lo abstracto que resulta medirlo también se encuentran dificultades conceptuales sobre lo que podría o no englobar este indicador, en caso de que existiera, interrogantes como qué tipo de conocimiento se mediría, ya sea científico, artístico o popular, surgen a partir de tan sólo considerar a esta variable como un elemento a cuantificar.

Para el caso de la educación se enfrenta un problema similar, no tanto en el sentido conceptual o métrico, pues como se presentó anteriormente, la tasa de matrícula en diferentes niveles educativos es relativamente fácil de medir y su definición es bastante clara. Empero, estimar el efecto que tiene la educación sobre el crecimiento económico es complejo, pues para ello se requiere de un análisis ad hoc para cada uno de los países que se estudian, porque la calidad de la educación, los planes de estudio, la capacitación de los profesores, los recursos destinados a la educación y mil factores más entran en juego para definir qué tan buena es la educación que reciben los jóvenes.

Podría existir toda una investigación exclusivamente sobre los retornos de la educación en términos macroeconómicos y la influencia que tienen sobre el crecimiento económico, sin embargo, dicho análisis se encuentra fuera de los límites de la presente investigación. Independientemente de estas dificultades, no se puede negar que la educación es un factor importante para la economía de un país, pues los jóvenes que la reciben en la actualidad serán los encargados de trabajar en el futuro y con ello, sostener el crecimiento de un país. Aun con ello, estimar cuantitativamente la relación entre educación y crecimiento es una metodología que en consideración del autor está aún por desarrollarse.

¿Significa esto que la teoría del crecimiento endógeno está equivocada? No necesariamente, sin embargo, las dificultades prácticas, metodológicas y econométricas que existen para estimar satisfactoriamente el efecto de estas variables sobre el crecimiento imposibilitan extraer una respuesta fundamentada estadísticamente hablando. No es tan sencillo como en el caso de la teoría keynesiana o la neoclásica, en las cuales las variables relevantes son en realidad indicadores macroeconómicos bien conocidos, medibles y bien establecidos conceptualmente.

Hay muchas más consideraciones que hacer sobre la investigación y los pasos siguientes, por ejemplo, el periodo de estudio llega hasta 2019, porque al momento de iniciar la investigación aun no estaban publicados los datos del 2020, que como es bien sabido fue un año con mucho de qué hablar dadas las condiciones derivadas de la emergencia sanitaria que el mundo comenzó a atravesar durante los primeros meses del año. Una investigación que estudiara a la teoría del crecimiento específicamente en un contexto de crisis sanitaria puede ser prometedora, pues analizaría un contraste entre la teoría y la realidad en un escenario poco común.

Otra investigación derivada de esta puede consistir en un análisis ambiental propiamente, pues como se estableció, no puede existir crecimiento infinito en un mundo finito, los recursos eventualmente se acabarán y desafortunadamente en el presente ya se enfrentan condiciones muy duras que sólo parecen complicarse cada vez más mientras pasa el tiempo. Un debate o crítica teórica que además proponga un nuevo modelo de crecimiento, quizá con una función de producción no neoclásica, que estudie la evolución del producto al mismo tiempo que los recursos escasean enriquecería sustancialmente a la teoría del crecimiento, además de que sería instrumental para empujar las fronteras de la economía en una dirección hacia la que poco se ha volteado la cara.

Una recomendación adicional para futuras investigaciones sería incluir en el análisis del crecimiento dos factores de gran relevancia en la economía y que no son estudiados por la teoría del crecimiento en absoluto: a) la política monetaria y; b) el crecimiento en una economía abierta. Como puede notar el lector, en ningún momento se ha hablado sobre temas como inflación, operaciones de mercado abierto, dinero o el papel de los bancos centrales en el crecimiento económico. Asimismo, las relaciones económicas internacionales son factores clave en un mundo globalizado como el que existe hoy en día, sin embargo, tampoco se ha comentado nada al respecto del comercio exterior, la apertura a la inversión extranjera y la movilización total o parcial de factores de la producción, que pueden tener influencias importantes sobre la dinámica de crecimiento de un país.

Sobre los objetivos que se habían planteado durante la introducción de la investigación, el principal era investigar si lo que sucede en la realidad es congruente con lo que dice la teoría del crecimiento, lo cual se logró e incluso se verificó la hipótesis de la tesis. Sobre los objetivos secundarios que se establecieron se discuten a continuación:

- **Convergencia entre países:** Los países que en el primer año del periodo tenían ingresos más altos, siguen encontrándose entre los primeros lugares en el 2019. Para encontrar evidencia de convergencia sería necesario que los países en los últimos lugares en cuanto a su ingreso en 1996 tuvieran las tasas de crecimiento más altas durante todo el periodo, para así alcanzar poco a poco el nivel de ingresos de los países que se encontraban arriba de la tabla de posiciones. Sin embargo, no existe evidencia de que esté sucediendo tal cosa. Todos los países han tenido fluctuaciones en sus tasas de crecimiento durante el periodo y no hay comportamientos identificables que permitan afirmar que la convergencia entre países está ocurriendo.
- **El estado estacionario:** Al respecto, recuérdese que el estado estacionario según Solow es aquel en el que el trabajo (población) y el capital crecen a la misma tasa, por lo tanto, el PIB per cápita es constante a lo largo del tiempo. Sin embargo, como puede apreciarse fácilmente en las tasas de crecimiento del PIB per cápita,

estas siguen siendo en su mayoría positivas, y en algunos casos excepcionales son negativas. Aunque si se recuerda la Gráfica 2, en los diagramas de caja se puede observar que a lo largo del periodo las tasas de crecimiento del PIB per cápita si han tendido a disminuir, al igual que las del PIB. Asegurar que en efecto se está presenciando una tendencia hacia el estado estacionario es complicado, ya que no sólo es un fenómeno económico sino también demográfico, pues un cambio en la tasa de crecimiento de la población altera sensiblemente el crecimiento del PIB per cápita. Dado que el producto per cápita sigue en aumento, se concluye que no hay evidencia de que el estado estacionario esté próximo a alcanzarse.

- Las variables de capital humano y progreso tecnológico que mejor se ajustan para explicar el crecimiento: Sobre el capital humano, el papel de la educación y el conocimiento ya se discutió y de nuevo, incluir en el análisis cuantitativo estos factores es complicado, sin embargo, eso no significa que no sean importantes para el crecimiento de la economía. Por otro lado, la medida de progreso tecnológico que mejor se ajusta para explicar el crecimiento es la variación de la productividad multifactorial.

Los objetivos fueron retadores, y no se trata de forzar los datos para comprobar que un fenómeno en efecto está ocurriendo, sino que, a partir de la información disponible, se deben extraer conclusiones con sentido y que ofrezcan una respuesta satisfactoria, lo cual se cumplió. Para concluir la investigación se ofrecen a continuación propuestas de política que, a partir de la teoría y los resultados de las regresiones, los países podrían poner en práctica o al menos comenzar a prestar especial atención si el crecimiento económico se encuentra dentro de sus prioridades:

- La inversión es fundamental, el crecimiento de la FBKF está estrechamente relacionado con el crecimiento del PIB, sin embargo, se debe prestar atención a los indicadores per cápita, ya que, si el PIB o la FBKF crecen menos proporcionalmente que la población, entonces el PIB o la FBKF per cápita serán menores. Por lo tanto, el PIB y la FBKF deben crecer al menos en la misma proporción que la población. Para incentivar la inversión pueden implementarse planes como facilitar el acceso al crédito que tenga como propósito la adquisición de bienes de capital, estímulos fiscales, o una mayor apertura comercial que favorezca el comercio y el dinamismo internacional.
- De la mano con la inversión está la tasa de ahorro, los países que tienen una tasa de ahorro mayor, en promedio observan tasas de crecimiento más altas, sin embargo, fomentar el ahorro público o privado debe hacerse siempre con la consideración de que eventualmente ese ahorro sea destinado a la inversión en bienes de capital y no al consumo. Además, tasas de ahorro considerablemente grandes pueden desacelerar la economía de un país. Puede decirse que hay rendimientos decrecientes para la economía al ahorrar.

- La inversión física es importante, pero también los países deben enfocarse en la inversión en el conocimiento y en el desarrollo de nuevas tecnologías, pues a partir de estas es que es posible alcanzar mayores niveles de eficiencia que permitan una mejor utilización de los factores de la producción, es decir, se alcanza una productividad más alta. El progreso tecnológico debe ser un objetivo primordial de los países.
- La educación es fundamental para garantizar la formación de los profesionistas que, en un futuro a partir de su trabajo y sus contribuciones a la sociedad, impulsarán el crecimiento económico mediante la implementación de nuevas estrategias productivas, nuevas tecnologías y esparcimiento de conocimiento. En general, el capital humano y su desarrollo no puede dejarse de lado.
- Aunado a las propuestas es importante considerar una reestructuración al sistema de cuentas nacionales, no sólo para incluir en la contabilidad al trabajo no remunerado, entre otras cosas, sino también para tomar en consideración factores como la depreciación medioambiental.

Finalmente, vale la pena reflexionar y hacer el comentario de que los modelos econométricos para estudiar el crecimiento, como el presentado en esta investigación, no tienen la intención de ser perfectos, y aunque la tengan nunca lo serán, no importa qué autor lo diga. Tampoco deben intentar predecir el comportamiento de los indicadores, puesto que cualquier pronóstico económico basado en experiencias previas puede salir terriblemente mal. En cambio, deben funcionar exclusivamente como una herramienta para ratificar si la relación entre variables es significativa, pero con sus debidas precauciones, puesto que como las relaciones en la economía raramente suelen ser unidireccionales.

Por más sofisticados que sean los modelos econométricos o matemáticos que se presenten, no garantizan con certeza que el comportamiento de uno u otro indicador sea predecible, ya que siempre existirá el factor humano que claramente no es racional. La complejidad de los modelos resulta en un logro teórico importante, pero al trasladarlo al mundo real, raramente será completamente acertado. La economía no es, no fue y jamás será una ciencia exacta, es una ciencia social y como tal debe tratarse al estudiar fenómenos y extraer conclusiones de cualquier análisis. Un modelo matemático complejo difícilmente explicará cabalmente el comportamiento humano y, por ende, el comportamiento económico.

No todo lo que está escrito es verdad y no toda la verdad está escrita. Es nuestra tarea obligada continuar expandiendo las fronteras de la disciplina y motivar la búsqueda del conocimiento. Conocimiento que probablemente nunca alcanzaremos, pero que seguramente disfrutaremos intentándolo.

[Aquí se interrumpe el manuscrito]

Anexos.

Anexo A. El Modelo de Solow.

En este apartado se expone el modelo neoclásico de crecimiento económico de Solow, lo que se presenta a continuación es meramente el desarrollo matemático del modelo, las ideas, interpretaciones y análisis más importantes del mismo son mencionadas en su respectivo apartado del Capítulo 1.

Primero, partiendo de la función de producción de la forma:

$$Y_t = F(K_t, L_t A_t) \quad [\text{A.1}]$$

Recordando la identidad de contabilidad nacional en una economía cerrada y sin gobierno:

$$Y_t = C_t + I_t \quad [\text{A.2}]$$

Entonces puede escribirse:

$$F(K_t, L_t A_t) = C_t + I_t \quad [\text{A.3}]$$

En el modelo se asume que las familias consumen una fracción de su renta y lo demás se ahorra, por lo tanto, el consumo se puede escribir como $C_t = (1 - s)Y_t$. Si se sustituye esta última expresión en A.2, se obtiene:

$$sY_t = I_t \quad [\text{A.4}]$$

Es decir, que la inversión es una fracción del producto total de la economía. Utilizando términos de a contabilidad nacional, la inversión bruta es igual a la inversión neta más la depreciación. Haciendo que $\dot{K} = \frac{dK}{dt}$ (la evolución del capital a través de tiempo) sea la inversión neta, se tiene:

$$I_t = \dot{K}_t + D_t \quad [\text{A.5}]$$

Donde D_t es la depreciación, la cual se asume que ocurre a lo largo del tiempo y una fracción constante de los bienes de capital se deprecia a una tasa δ . Por lo que la expresión A.5 puede escribirse como $I_t = \dot{K}_t + \delta K$. Sustituyendo esta expresión de la inversión en A.3 tenemos:

$$F(K_t, L_t A_t) = C_t + I_t = (1 - s)F(K_t, L_t A_t) + \dot{K}_t + \delta K \quad [\text{A.6}]$$

Reordenando para \dot{K}_t :

$$\dot{K}_t = sF(K_t, L_t A_t) - \delta K \quad [\text{A.7}]$$

Si la ecuación la expresamos en términos por trabajador se encuentra que:

$$\frac{\dot{K}_t}{L_t} = \frac{sF(K_t, L_t A_t)}{L_t} - \delta \frac{K_t}{L_t} \quad [\text{A.8}]$$

Como nota, se utilizan las letras minúsculas para denotar el equivalente de la letra mayúscula expresado en términos per cápita. Es decir $y = \frac{Y}{L}$, $K = \frac{K}{L}$, etc. Volviendo brevemente a la expresión A.1, se puede expresar en términos per cápita de la siguiente forma:

$$y = \frac{Y}{L} = \frac{1}{L} F(K, LA) = F\left(\frac{K}{L}, \frac{AL}{L}\right) = F(k, 1, A) = f(k, A) \quad [\text{A.9}]$$

En el caso de una función de producción neoclásica del tipo Cobb-Douglas, se tiene, expresado en términos per cápita que:

$$y = \frac{Y}{L} = \frac{1}{L} AL^\alpha L^{1-\alpha} = A \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha \left(\frac{L}{L}\right)^{1-\alpha} = Ak^\alpha (1)^{1-\alpha} = Ak^\alpha \quad [\text{A.10}]$$

Luego, la población crece a una tasa exógena denominada n , por lo tanto, se puede calcular la tasa de crecimiento del capital por persona de la siguiente manera:

$$\dot{k}_t = \frac{\dot{K}_t L_t - L_t \dot{K}_t}{L_t^2} = \frac{\dot{K}_t}{L_t} - \frac{L_t}{L_t} * \frac{K_t}{L_t} = \frac{\dot{K}_t}{L_t} - nk_t \quad [\text{A.11}]$$

Sustituyendo entonces la expresión A.8 en A.11, se obtiene:

$$\dot{k}_t = sf(k_t, A_t) - \delta k_t - nk_t \quad [\text{A.12}]$$

$$\dot{k}_t = sf(k_t, A_t) - (\delta + n)k_t$$

Esta última expresión es la ecuación neoclásica fundamental.

Este modelo es el que incluye a la tecnología, sin embargo, el modelo presentado en el Capítulo 1 es ligeramente diferente, pues en este se hace referencia al capital y la tecnología medida en unidades de eficiencia.

Retomando la expresión A.1, en donde el producto depende del capital y de la fuerza de trabajo potenciada por el estado de la tecnología, que también se denomina unidades de eficiencia del trabajo. La producción crece si aumenta el capital o bien si incrementa ya sea el trabajo o el estado de la tecnología, los cuales crecen a tasas exógenas dadas que aquí se denominan n y x respectivamente.

El modelo analiza el progreso en términos per cápita, por lo que es conveniente analizar el capital por unidad de trabajo eficiente, si denominamos $L_t A_t = \hat{L}$ podemos hacer:

$$\frac{F(K_t, L_t A_t)}{\hat{L}} = F\left(\frac{K}{\hat{L}}, \frac{L}{\hat{L}}\right) = F(\hat{k}, 1) = f(\hat{k}) \quad [\text{A.13}]$$

Siendo $\hat{k} = \frac{K}{\hat{L}} = \frac{K}{AL}$. Si se divide A.7 en ambos lados por \hat{L} :

$$\frac{\dot{K}}{\hat{L}} = sf(\hat{k}) - \delta \hat{k} \quad [\text{A.14}]$$

Para conocer el comportamiento de la última expresión a lo largo del tiempo se calcula su derivada con respecto al tiempo (para simplificar la notación se omiten los subíndices t de K , A y L):

$$\frac{\delta k}{\delta t} = \frac{\delta \left(\frac{K}{LA} \right)}{\delta t} = \frac{\dot{K}LA - K\dot{L}A - KL\dot{A}}{(LA)^2} = \frac{\dot{K}}{LA} - \frac{\dot{L}K}{LLA} - \frac{\dot{A}K}{ALA} = \frac{\dot{K}}{\hat{L}} - (n+x)\hat{k} \quad [\text{A.15}]$$

Sustituyendo A.15 en A.14 se obtiene finalmente:

$$\frac{\delta \hat{k}}{\delta t} = sf(\hat{k}) - (\delta + n + x)\hat{k} \quad [\text{A.16}]$$

La cual es la ecuación neoclásica fundamental en términos per cápita medido por unidades de eficiencia, es decir, por el trabajo potenciado por el estado de la tecnología.

Anexo B. Las condiciones neoclásicas de una función de producción.

En los capítulos del presente documento de trabajo se hace referencia a que uno de los puntos más importantes de la teoría neoclásica del crecimiento económico es la función de producción explícita, la cual cumple con un conjunto de condiciones particulares que la vuelven una función de producción neoclásica. En este anexo se exponen cuales son estas condiciones.

Partiendo de la función del tipo Cobb-Douglas, donde $0 < \alpha < 1$:

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^{(1-\alpha)} \quad [\text{B.1}]$$

Una de las condiciones neoclásicas que cumple la función de producción es la de **rendimientos a escala constantes**, es decir, que si los factores de la producción se multiplican por un factor λ , la producción incrementará por el mismo factor. Formalmente se expresa como:

$$A(\lambda K)^\alpha (\lambda L)^{1-\alpha} = \lambda AK^\alpha L^{1-\alpha} = \lambda Y \quad [\text{B.2}]$$

La segunda condición es que los productos marginales del capital y del trabajo son positivos. El producto marginal se define como el cambio en la producción ante un cambio unitario de alguno de los factores de la producción. Para medir el cambio en una función de producción se toma la primera derivada con respecto a cada uno de los factores que afectan la función, a saber, capital y trabajo.

$$\begin{aligned} \frac{\delta Y}{\delta K} &= \alpha AK^{\alpha-1} L^{1-\alpha} > 0 \\ \frac{\delta Y}{\delta L} &= (1-\alpha)AK^\alpha L^{-\alpha} > 0 \end{aligned} \quad [\text{B.3}]$$

La tercera condición neoclásica es que los productos marginales, si bien son positivos, son decrecientes. Esto se refiere a que, ante un incremento de los factores de la producción, esta crecerá, pero cada vez en menor medida. En otras palabras, el crecimiento de la tasa de crecimiento es negativo.

$$\begin{aligned}\frac{\delta^2 Y}{\delta K^2} &= \alpha(\alpha - 1)AK^{\alpha-2}L^{1-\alpha} < 0 \\ \frac{\delta^2 Y}{\delta L^2} &= (1 - \alpha)(-\alpha)AK^\alpha L^{-1-\alpha} < 0\end{aligned}\quad [\text{B.4}]$$

Finalmente, cuando los factores de la producción tienden a cero e infinito, respectivamente:

$$\begin{aligned}\lim_{K \rightarrow \infty} \frac{\delta Y}{\delta K} &= \alpha AK^{\alpha-1}L^{1-\alpha} = 0 \\ \lim_{K \rightarrow 0} \frac{\delta Y}{\delta K} &= \alpha AK^{\alpha-1}L^{1-\alpha} = \infty \\ \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{\delta Y}{\delta K} &= (1 - \alpha)AK^\alpha L^{-\alpha} = 0 \\ \lim_{L \rightarrow 0} \frac{\delta Y}{\delta K} &= (1 - \alpha)AK^\alpha L^{-\alpha} = \infty\end{aligned}$$

Sustituyendo el infinito y el cero, en las respectivas ecuaciones el lector puede comprobar que las identidades presentadas se cumplen.

Trabajos citados.

- Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies* 29, 155-23.
- Asimakopulus, A. (2013). Harrod and Domar on dynamic economics. *PSL Quarterly Review*.
- Barro, R. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106, No. 2, 407-443.
- Baumol, W. (1952). Yet another note on the Harrod-Domar model. *The Economic Journal*, Vol. 62, No. 246, 422-427.
- Bergmann, E. (2014). *Iceland and the international financial crisis: Boom, Bust and Recovery*. International Political Economy Series Palgrave Macmillan.
- Bilbao, B., & Rodríguez, A. (2004). From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU. *Growth and Change* Vol. 35 No. 4, 434-455.
- Boarani, R., & Mira, M. (2013). Going beyond GDP: An OECD Perspective. *Fiscal Studies* vol. 34, no. 3, 289-314.
- Boratav, K. (2003). The Making of the Turkish Financial Crisis. *World Development* Vol. 31, No. 9, 1549-1566.
- Cooray, A. (2009). The role of education in economic growth. *38th Australian Conference of Economists*. Adelaide.
- Coyle, D. (2017). *El PIB: Una historia breve pero entrañable*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Domar, E. (1946). Capital expansion, rate of growth and employment. *Econometrica* Vol. 14 No. 2, 137-147.
- Easterly, W. (2001). *The elusive quest for growth*. The MIT Press.
- Franco, H., & Ramírez, A. (Num. 21 2005). El modelo Harrod-Domar: Implicaciones teóricas y empíricas. *Ecos de Economía*, 127-151.
- Griliches, Z. (2007). 2. Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *R&D and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press, 17-46.
- Gujarati, D. (2007). *Econometría*. México: McGraw Hill.
- Harrod, R. (1939). Essay in dynamic theory. *The Economic Journal* Vol. 49 No. 193, 14-33.

- Jiménez, F. (2011). *Crecimiento económico: Enfoques y modelos*. Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Kahn, H. (1976). *The next 200 years: a scenario for America and the world*. U.S. Dept. of Energy: Office of scientific and technical information.
- Karavasili, P. (2017, Noviembre 8). Excessive Taxes and Negative Savings for Greek Households. *The Greek Reporter*. Retrieved from <https://greekreporter.com/2017/11/08/excessive-taxes-and-negative-savings-for-greek-households/>
- Kraay, A. (2019). The World Bank Human Capital Index: A Guide. *he World Bank Research Observer, Volume 34, Issue 1, February*, 1-33.
- Lewis, A. (1954). Desarrollo económico con recursos ilimitados de mano de obra. *The Manchester School of Economic and Social Studies*.
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics* 22, 3-42.
- Lucas, R. (2015). Reflections on new growth theory: Human capital and growth. *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 85-88.
- Malthus, T. (1951). *Ensayos sobre el principio de la población*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Mankiw, G., Romer, D., & Weil, D. (1990). A contribution to the empirics of economic growth. *National Bureau of Economic Research*.
- Meadows, D., Meadows, D., & Randers, J. (2004). *Limits to growth: The 20 year update*. New York: Chelsea Green Publishing Company.
- Meadows, D., Meadows, D., Randens, J., & Behrens, W. (1972). *The limits to growth*. New York.
- Mill, J. (1848). *Principios de economía política*.
- Myers, N., & Simon, J. (1994). *Scarcity or abundance? A debate on the environment*. New York: W.W. Norton & Company, Inc.
- OCDE. (2021, Junio 24). *GDP per hour worked*. Retrieved from doi: 10.1787/1439e590-en
- OECD. (2016). *Irish GDP up by 26.3% in 2015?* Paris. Retrieved from <https://www.oecd.org/sdd/na/Irish-GDP-up-in-2015-OECD.pdf>
- OECD. (2021, Junio 22). *Multifactor productivity (indicator)*. Retrieved from doi: 10.1787/a40c5025-en
- Okada, N. (2011). The 2011 eastern Japan great earthquake disaster: Overview and comments. *International Journal of Disaster Risk Science*, 34-42.

- Perrotini, I. (2012). Deuda, deflación y crisis del euro. *Argumentos*, vol. 25, núm. 70, 15-35.
- Pigou, A. (1943). The classical stationary state. *The Economic Journal*, Vol. 53, No. 212, 343-351.
- PNUD México. (n.d.). *Desarrollo Humano*. Retrieved from PNUD: https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/ourwork/povertyreduction/in_depth/desarrollo-humano.html
- Rebelo, S. (1990). Long run policy analysis and long run growth. *National Bureau of Economic Research*, 500-521.
- Reyes, J. (2010). El residuo de Solow revisado. *Revista de Economía Institucional*, vol. 12, n.º 23, segundo semestre, 347-361.
- Robinson, J. (1971). The second crisis of economic theory. *Collected Economic Papers IV*. New Orleans: American Economic Association.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long run growth. *Journal of Political Economy*, vol. 94, no. 5, 1002-1037.
- Romer, P. (1989). *Human capital and growth: Theory and evidence*. Massachusetts: National Bureau of Economic Research.
- Romer, P. (1994). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives Volume 8, Number 1*, 3-22.
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Antoni Bosch.
- Sala-i-Martin, X. (2004). Determinants of long-term growth: A Bayesian Averaging of Classical Estimates (BACE). *American Economic Association*, 813-835.
- Samuelson, P. (1943). Dynamics, Statics, and the Stationary State. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 25, No. 1, 58-68.
- Sato, R. (1964). The Harrod-Domar model vs The neoclassical growth model. *The Economic Journal*, Vol. 74, No. 294, 380-387.
- Schreyer, P. (2004). *Capital Stocks, Capital Services and Multi-Factor Productivity Measures*. OECD Economic Studies, Volume 2003 Issue 2.
- Sinkai, Y. (1963). An effect of price changes in the Harrod-Domar model. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 77, No. 3, 459-469.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1, 65-94.
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3, 312-320.

- Solow, R. (1962). Technical progress, capital formation and economic growth. *The American Economic Review*, Vol. 52, No. 2, *Papers and Proceedings of the Seventy-Fourth Annual Meeting of the American Economic Association*, 76-86.
- Stiglitz, J., Sen, A., & Fitoussi, J.-P. (2009). *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*.
- Swan, T. (1956). Economic growth and capital accumulation. *The Economic Record* Vol. 32, Issue 2, 334-361.
- UNDP. (2020). *Human Development Report 2020: The next frontier. Human development and the Anthropocene*. New York: United Nations Development Programme.
- UNESCO. (2021, Junio 26). *Institute for Statistics*. Retrieved from uis.unesco.org
- Van-Leeuwen, G., & Kloomp, L. (2006). On the contribution of innovation to multi-factor productivity growth. *Economics of Innovation and New Technology*, 367-390.
- Watanabe, K., & Watanabe, T. (2018). Why has Japan failed to escape deflation? *Asian Economic Policy Review*. Retrieved from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aepr.12197?casa_token=4VYApmuBqMsAAAAA%3AO12_z5Ejhp3PBw-VcrhfQQFr6JLExUjlNzJ2YXdjmEYbq8-KPsw-3vscGwGimNIWHaGIjoPWpr55ZPYW1g