



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD JURÍDICA SOCIAL Y ADMINISTRATIVA  
CARRERA DE ECONOMÍA

**TÍTULO:**

**EFFECTO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL CRECIMIENTO  
ECONÓMICO: NUEVA EVIDENCIA A NIVEL GLOBAL, PERIODO 2005-2018.**

**Tesis previa a la obtención del Grado de Economista**

Autora: María Emilia Sotomayor Celi

Director de tesis: Econ. Jessica Ivanova Guamán Coronel, Mgs. Sc.

LOJA- ECUADOR

2021



Universidad  
Nacional  
de Loja

# CARRERA DE ECONOMÍA

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

Loja, noviembre del 2021

Econ. Jessica Ivanova Guamán Coronel, Mg. Sc.

**DOCENTE DE LA CARRERA DE ECONOMIA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

## **CERTIFICA:**

Que el trabajo de tesis titulado **“EFECTO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO: NUEVA EVIDENCIA A NIVEL GLOBAL, PERIODO 2005-2018”**, desarrollado por **María Emilia Sotomayor Celi**, estudiante egresada de la Carrera de Economía, previo a la obtención del Grado de Economista; ha sido realizado bajo mi dirección, control y supervisión, cumpliendo los requerimientos establecidos en el Reglamento del Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja, la misma que ha sido culminada satisfactoriamente con un avance del 100%, motivo por el cual autorizo su presentación para que continúe con los tramites respectivos.

Particular que informo para los fines pertinentes.



Firmado digitalmente por:  
**JESSICA IVANOVA  
GUAMAN CORONEL**

Econ. Jessica Ivanova Guamán Coronel, Mg. Sc



Universidad  
Nacional  
de Loja

**CARRERA DE ECONOMÍA**

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

## AUTORIA

Yo, María Emilia Sotomayor Celi, declaro ser autora del presente trabajo de Tesis, titulado **“EFECTO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO: NUEVA EVIDENCIA A NIVEL GLOBAL, PERIODO 2005-2018”** y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y faculto a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual

**Autora:** María Emilia Sotomayor Celi

**Firma:**

**Cédula:** 1104618721

**Fecha:** Loja, 09 de noviembre del 2021

## **CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo María Emilia Sotomayor Celi, declaro ser la autora de la Tesis titulada “**EFECTO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO: NUEVA EVIDENCIA A NIVEL GLOBAL, PERIODO 2005-2018**”, como requisito para optar por el grado de **ECONOMISTA**.

Además, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copias de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los nueve días del mes de noviembre del dos mil veintiuno, firma la autora.

### **Firma:**

**Autor:** María Emilia Sotomayor Celi

**Cédula:** 1104618721

**Dirección:** Loja

**Correo electrónico:** maria.e.sotomayor@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0985855541

### **DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de tesis:** Econ. Jessica Ivanova Guamán Coronel, Mg. Sc

**Tribunal de Grado: Presidente de tribunal:** Eco. José Rafael Alvarado López, Mg. Sc

**Miembro de tribunal:** Eco. José Vicente Ordoñez Yaguache, Mg. Sc

**Miembro de tribunal:** Lcda. Fanny Yolanda González Vilela, Mg. Sc

## DEDICATORIA

A Dios...

A mi sagrada madre Soledad por enseñarme valiente y siempre protegerme.

A mi amado padre Gonzalo por inculcarme sus valores y siempre estar pendiente.

A mi hermano Chalito por enseñarme a amar sin límites ni condiciones.

Especialmente a mi hermana y mejor amiga María Soledad por ser una hermana tan buena e incondicional.

A mis adoradas sobrinas Elizabeth y Alejandra por llegar cuando más las necesitaba.

A mi esposo Sebastián, mi apoyo y pilar fundamental desde que empecé la universidad.

A mi abuelita Gloria, nuestra segunda madre, quien nunca nos ha faltado.

A mi abuelito Guillermo que estoy segura que desde el cielo nos ha protegido.

A mis tíos Paulina, Jacqueline y Santiago.

María Emilia

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios y a la Virgen del Cisne por permitirme llegar a este momento, brindarme salud y permitirme gozar de mi amada familia. Gracias a mis padres y a mis hermanos por motivarme, apoyarme y ser ese impulso para no rendirme.

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, por haberme brindado la oportunidad de enriquecerme en conocimiento. A la Magister Jessica Guamán en calidad de mi Directora de tesis, mi agradecimiento por su paciencia, por las directrices impartidas en la revisión de la presente investigación. Agradezco también docentes que marcaron mi carrera universitaria Alex Valdivieso y Rafael Alvarado. En general, a toda la planta docente de la Carrera de Economía.

María Emilia

## ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN

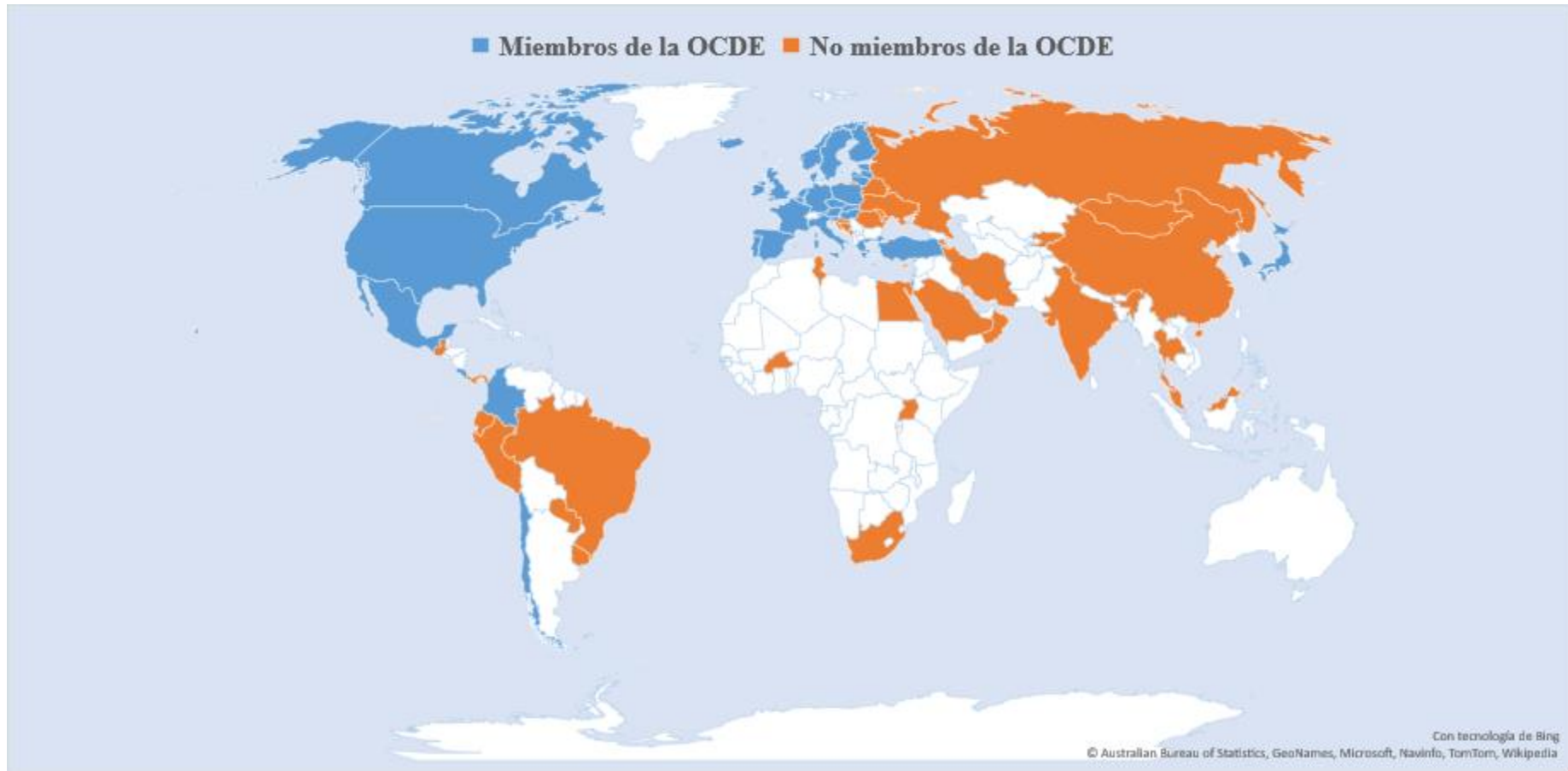
**Tabla 1**

*Ámbito Geográfico de la Investigación*

<b>ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>						
<b>BIBLIOTECA: FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA</b>						
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	<b>AUTOR/NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	<b>FUENTE</b>	<b>FECHA: AÑO</b>	<b>ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>		<b>NOTAS / OBSERVACIÓN</b>
				<b>MUNDIAL-INTERNACIONAL</b>		
				<b>PAÍSES MIEMBROS DE LA OCDE</b>	<b>PAÍSES NO MIEMBROS DE LA OCDE</b>	
TESIS	María Emilia Sotomayor Celi  “EFECTO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO: NUEVA EVIDENCIA A NIVEL GLOBAL, PERIODO 2005-2018”	UNL	2021	Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Colombia, Corea, Costa Rica, Dinamarca, Eslovenia, España, Estados Unidos, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Luxemburgo, México, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suecia, Turquía	Arabia Saudita, Armenia, Azerbaiyan, Belarus, Bosnia Herzegovina, Brasil, Burkina Faso, China, Chipre, Croacia, Ecuador, Egipto, El Salvador, Federación Rusa, Guatemala, Hong Kong, India, Irán, Kirguistán, Malasia, Malta, Mongolia, Montenegro, Omán, Panamá, Paraguay, Perú, República Moldova, Rumania, Singapur, Sudáfrica, Tailandia, Túnez, Ucrania, Uganda, Uruguay	

## Figura 1

*Mapa de países usados en esta investigación*



Nota. Los países señalados en color azul corresponden a los miembros de la OCDE, mientras en color naranja se representan los países que no conforman la OCDE, los países en blanco son países para los que no se halló información, por lo tanto, no son considerados.



## Esquema de Contenidos

CERTIFICACION .....	I
AUTORIA .....	II
CARTA DE AUTORIZACION.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	VI
a. TITULO.....	1
b. RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
c. INTRODUCCIÓN.....	4
d. REVISION DE LITERATURA.....	7
e. MATERIALES Y METODOS (DATOS Y METODOLOGIA).....	19
f. RESULTADOS.....	32
g. DISCUSION DE RESULTADOS .....	48
h. CONCLUSIONES.....	56
i. RECOMENDACIONES.....	59
j. BIBLIOGRAFIA.....	61
k. ANEXOS.....	72

**a. TITULO**

Efecto de la Investigación y Desarrollo en el Crecimiento Económico: Nueva evidencia a nivel global, periodo 2005-2018.

## **b. RESUMEN**

El papel del crecimiento es fundamental para el desarrollo económico, refleja el éxito o fracaso de las políticas aplicadas, cuando este aumenta es más probable que la fuerza laboral lo haga también. El crecimiento económico favorece a disminuir el desempleo y a mejorar de la calidad de vida de la población, en casos particulares como los países de alta desigualdad, solo beneficia a un grupo reducido de la población. En los últimos años, el mundo se ha visto fuertemente marcado por la Investigación y Desarrollo (I+D), por lo tanto, para los países en desarrollo es más difícil competir porque no tienen suficientes recursos para emprender estas actividades, sin embargo, a lo largo de los años, las innovaciones han venido de empresas nuevas y pequeñas, como, por ejemplo Apple y Microsoft en sus inicios. El objetivo de esta investigación, es evaluar el efecto del gasto en I+D en el crecimiento económico a nivel global en el periodo 2005 al 2018, a través de un estudio de datos panel. Para alcanzarlo se utilizan datos anuales con Regresiones de Mínimos Cuadrados Generalizados (GMM-SYS) y técnicas de integración de datos de panel de segunda generación para corregir el potencial sesgo ocasionado por la heterogeneidad de la pendiente y la dependencia en las secciones transversales. Los resultados del modelo reflejan que la I+D tiene un impacto positivo en el crecimiento económico en las 71 economías analizadas. Se recomienda a los creadores de política pública, invertir más en I+D y fortalecer las patentes como incentivo a crear I+D.

**Palabras clave:** Investigación y Desarrollo; Crecimiento Económico; Datos de Panel

**Códigos JEL:** O3. O47. C23.

## **ABSTRACT**

The role of growth is fundamental for economic development, it reflects the success or failure of the applied policies, when it increases, the labor force is more likely to do so as well. Economic growth favors a decrease in unemployment and improves the quality of life of the population, in particular cases such as countries with high inequality, it only benefits a small group of the population. In recent years, the world has been marked by Research and Development (RyD), therefore, for developing countries it is more difficult to compete because they do not have enough resources to undertake these activities, however, to Over the years, innovations have come from startups and small, such as Apple and Microsoft in its early days. The objective of this research is to evaluate the effect of RyD spending on global economic growth in the period 2005 to 2018, through a panel data study. To achieve this, annual data with Generalized Least Squares Regressions (GMM-SYS) and second-generation panel data integration techniques are used to correct the potential bias caused by the heterogeneity of the slope and the dependence in the cross sections. The results of the model reflect that RyD has a positive impact on economic growth in the 71 economies analyzed. Public policy makers are recommended to invest more in RyD and strengthen patents as an incentive to create RyD.

**Keywords:** Research and Development; Economic growth; Panel Data

**JEL Codes:** O3. O47. C23.

### **c. INTRODUCCIÓN**

El crecimiento económico y los factores que lo determinan, durante varias décadas han sido el foco de estudios. A nivel global hay comportamientos cíclicos durante las últimas cinco décadas, como la Gran Depresión en ocurrió en 1929, según los indicadores del desarrollo del Banco Mundial (BM) ocurrieron periodos de crisis mundial como declive de la producción de los años 70s y 80s y la crisis del 2008. Uno de los componentes en estudio es la innovación, la cual ha surgido principalmente en entornos de naturaleza abierta como universidades y laboratorios, tras replicar ideas o tecnologías, las combinan y crean nuevos conocimientos.

La Investigación y Desarrollo (I+D) según la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE, 2003) se clasifica en investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental, estas implican la creación de nuevo conocimiento, incluyendo la adquisición de tecnología y la puesta a punto de maquinaria, herramientas e ingeniería, etc. Las novedades en la capacidad de conocimientos técnicos sólo pueden mantenerse mediante invenciones e innovaciones que significan la exploración de nuevos aprendizajes y la aplicación de éstos. Para Begg, Fischer, y Dornbusch (2006) durante el proceso de creación de nuevos conocimientos e innovaciones, los elementos importantes son las actividades de I+D.

Los gastos en I+D son considerados una inversión en nuevas tecnologías que luego se transforman en métodos de producción más eficientes. Debido a los efectos de contagio, los beneficios potenciales de nuevas ideas no solo se atribuyen a las personas que realmente las innovan, por lo cual, el sector privado será socialmente menos propenso a llevar a cabo actividades de I+D en un nivel óptimo siempre que no se disponga de una intervención política. En resumen, las actividades de I+D son generalmente aceptadas como la fuerza motriz, subyacente en los modelos de crecimiento endógeno y se presentaron desde la década de 1990 en base al pensamiento económico de autores como Shultz (1961). Los gastos en I+D han

adquirido una nueva dimensión, sin embargo, existe desigualdad internacional en cuanto a innovación, lo cual establece un problema de tipo institucional desencadenado por la escasa inversión pública en I+D, todo esto, crea fallos en los sistemas de aprendizaje que requieren intervención pública para resolverlos (Cantwell, 1999).

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el impacto del Gasto en I+D en el crecimiento económico período 2005-2018, utilizando técnicas econométricas. Primeramente, la hipótesis planteada señala que los niveles altos de gasto en I+D aumentan el crecimiento económico. Por esta razón, buscamos saber ¿Cuál es la correlación y evolución del gasto en I+D en el crecimiento económico mundial por grupos de países en el periodo 2005-2018? ¿Qué incidencia tiene el gasto que destinan los países en I+D en el crecimiento económico de cada uno de ellos, durante 2005-2018? Finalmente, indagamos si ¿En el largo plazo el crecimiento económico se ve explicado por el gasto en I+D y las variables de control a nivel global periodo 2005-2018?

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados, se estima un conjunto de modelos de panel de segunda generación. Los parámetros de las regresiones se obtienen mediante un modelo de (GLS) factible con la existencia de autocorrelación y heterocedasticidad y un Modelo Lineal Generalizado De Momentos (GMM), basándonos en el crecimiento endógeno, agregando variables de control para brindar mayor ajuste. Los resultados reflejan que la I+D tiene un impacto significativo y positivo sobre el crecimiento económico en los 71 países estudiados.

La estructura del trabajo de investigación es la siguiente: el apartado *d)* presenta la revisión de la literatura en la que se analiza la teoría y la evidencia empírica obtenida de investigaciones pasadas. El apartado *e)*, detalla los materiales y métodos para la obtención de los datos y la estrategia para la estimación del modelo econométrico. En el apartado *f)* respondiendo a cada objetivo específico, mediante gráficos y tablas se reportan los resultados

encontrados en la investigación. Asimismo, en el apartado *g)* se discute y contrasta los resultados obtenidos con la evidencia empírica. El apartado *h)* muestra las conclusiones, las recomendaciones se muestran en el apartado *i)*, la bibliografía que sirvió de fuente de obtención de información para realizar la investigación se encuentra en el apartado *j)*, finalmente, en el apartado *k)* se registran los anexos.

La diferenciación del presente trabajo de investigación es que se realizó una nueva visión a nivel global, con mayor evidencia empírica con técnicas econométricas de datos de panel. En los resultados se comprueba que la I+D es estadísticamente significativa para explicar la dinámica del crecimiento económico en todos los grupos de países. Como conclusión más importante, se destaca que dentro de los miembros de la OCDE, la I+D tiene un rol importante para garantizar el crecimiento económico y, por el contrario, en los países no miembros está variable no está teniendo resultados esperados, lo cual se ve explicado por el Capital Físico y el Capital Humano. Se recomienda de manera conjunta que todos los países seleccionados en el presente estudio, prioricen sus recursos económicos en la inversión de I+D.

#### **d. REVISION DE LITERATURA**

##### **Antecedentes**

A lo largo de la historia, el pensamiento económico ha sido uno de los temas de mayor interés en las naciones, sin embargo, la economía no se desarrollaba como disciplina científica hasta el siglo XVIII. El estudio de esta ciencia se ha centrado en los mecanismos que podrían contribuir a incrementar el crecimiento de la economía, se decidió que éste fuera medido por el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita de un lugar. Este indicador es la base para el desarrollo económico, el cual refleja el éxito o fracaso de las políticas aplicadas y contribuye al mejoramiento de la calidad de vida en la población de esa economía.

En el siglo XV se produce un salto con la aparición del mercantilismo, con la idea de que la acumulación de metales preciosos era la base de la riqueza de las naciones, buscando la expansión económica a partir del comercio como resultado de un saldo positivo en la balanza comercial. El reto no era conseguir tesoros que enriquecieran a la nación, sino evitar perderlos. En este sentido, Smith (1776) criticaba a la clase mercantil por su espíritu proteccionista y monopolístico. Desde entonces, Smith se ha posesionado como el padre de una doctrina económica denominada liberalismo, según la cual, el mercado actuaría como una «mano invisible». Este autor, en su obra “*La Riqueza de las Naciones*” decía que la riqueza de una nación deriva de su trabajo, tal como «el producto anual del trabajo y la tierra del país», muy similar al PIB.

Por otra parte, Ricardo (1817) alejándose del criterio de proteccionismos, establece que el aumento de la productividad está limitado por el tamaño del mercado y de la clase capitalista, también aportó con significativas innovaciones metódicas sobre la teoría del valor, la distribución, la ley de los rendimientos decrecientes, la teoría de la renta, los impuestos y el paro tecnológico, pero sin duda, su importe más importante fue la teoría de las ventajas o costes comparativos. Al igual que David Ricardo, John Stuart Mill, era un autor importante de la



escuela clásica después de Smith. Desde entonces, Mill (1848) hablaba del estancamiento del capitalismo por la reducción progresiva de los beneficios, procuró conciliar la economía clásica inglesa con las corrientes histórica y socialista durante el siglo XIX mitigando las desigualdades con políticas igualitarias.

De este modo, Mill (1948) también indicó a través de los cambios tecnológicos en la producción que se puede solucionar el problema de los rendimientos decrecientes en la agricultura, evitando que disminuyan los alimentos per cápita y mejorando el nivel de vida de la población. De la misma forma, señala que la agricultura impulsa el crecimiento económico, sin embargo, critica que la tierra es sobreexplotada para aumentar la riqueza siendo ilimitado el aumento de la población, lo cual tendría consecuencias medioambientales. Bajo este concepto, aparecen autores como Walras (1874); Jevons (1879) y Marshall (1890) argumentando que, gracias al libre mercado se puede alcanzar el punto de equilibrio del pleno empleo y que, gracias a la economía de mercado, la acumulación de capital y tecnología se alcanzaría el desarrollo económico.

Aparece un modelo económico Schumpeteriano que enlaza a la macroeconomía con la microeconomía mediante la innovación, la comercialización y a la creación de empresas con el crecimiento económico. Para Schumpeter (1934) el crecimiento económico a largo plazo está directamente vinculado con la innovación tecnológica. Años más tarde, aparece Keynes (1936) con la "Teoría general del empleo, los intereses y el dinero" inspirada en la Gran Depresión de 1929, la misma que sostenía que la producción era determinada por la demanda agregada y que es la que determina la producción, lo cual, se lograría mediante la intervención de políticas monetarias y fiscales que permitan dinamizar la demanda y aumentar la producción.

Por su parte, Breznitz (2006) y Trajtenberg (2000) describen el importante papel del sistema de innovación en Israel en la adquisición de ventajas comparativas en el sector de

tecnologías de información. Así como también, Dahlman, Routti, y Ylä-Anttila (2006) identifican al sector de I+D como clave en la transformación de Finlandia en una de las naciones más competitivas del mundo.

En cuanto a la teoría neoclásica, un importante autor es Solow (1956) que propone un modelo dinámico sobre la evolución de la economía, estableciendo para el desarrollo de la teoría neoclásica del crecimiento y de una parte de la macroeconomía moderna. Además, demuestra que el crecimiento económico se podría conseguir con pleno empleo y estabilidad a través de mayor dotación de capital y trabajo. En ese mismo año y en base a este modelo Swan (1956), presentó un gran aporte referente al modelo exógeno de crecimiento o modelo de crecimiento neoclásico conocido como el modelo de Solow-Swan. Esto según Abramovitz (1956), mantenía la creencia del importante rol del capital físico y humano en el crecimiento económico. De esta manera, Solow (1957) evalúa los registros del crecimiento bajo la hipótesis de que sólo se producen aumentos sostenidos de la actividad económica con progreso tecnológico, sino estarían frente a rendimientos decrecientes y la productividad disminuiría.

Por otro lado, Salter (1960) consideraba al ahorro y a la inversión como motor del crecimiento económico. Los modelos de crecimiento endógeno, comienzan a desarrollarse y Shultz (1961) destacó la importancia de la inversión en capital humano a través de educación y sanidad porque según este autor, cuando se mide el trabajo por horas trabajadas o por el volumen de la fuerza de trabajo, no se considera la calidad del esfuerzo humano. Bajo este argumento, el crecimiento económico tiene como principales fuentes la dotación de conocimiento y el volumen de recursos invertidos en I+D.

De esta manera, Denison (1962) demuestra la eficiencia y la relación positiva de la educación en el crecimiento económico de Estados Unidos. La importancia del sector I+D como motor de crecimiento y fuente de prosperidad económica, ha sido reconocida en las dos últimas décadas en los modelos de crecimiento basados en conocimiento y en ideas, los cuales

destacan la relevancia del cambio tecnológico en todo proceso de desarrollo. Según Arrow (1962) el stock de tecnología es en función del tiempo y también del aprendizaje basado en la destreza, práctica y de la experiencia acumulada, las cuales están fuertemente relacionadas con el crecimiento económico. Se desprende entonces el análisis de la I+D Schumpeter (1963) que en su teoría económica realiza una clara diferenciación entre innovación e invención, explicando que la innovación va más allá porque consiste en la transformación de un invento en algo susceptible de comercialización, en un bien o servicio capaz de satisfacer las necesidades y que es también regeneradora del tejido productivo en una economía. Hicks (1965) tenía ideas contrarias a la teoría neoclásica, pero siempre tuvo en cuenta lo que pasaría con los rendimientos crecientes y la competencia monopólica, entonces, su conclusión era que los supuestos neoclásicos infravaloraban la importancia del capital en el crecimiento económico.

A partir de entonces, Spence (1973); Rosthschild y Stiglitz (1978) y Arrow K. (1974) criticaban la teoría del capital humano, debido a la crisis que se dio a inicios de la década de los setenta, llegando a afirmar que la inversión en capital humano, no aumenta la productividad individual, sino que únicamente la descubre, entonces, según De la Fuente (2003) y Becker (1975) se comprueba la importancia de la educación en el desarrollo, señalando que los individuos con mayor conocimiento y habilidades incrementan su productividad y por ende, aumentan los ingresos, lo cual también se da para los países. Del mismo modo, un influyente trabajo de otro de los padres del crecimiento económico endógeno Lucas (1988), exponía que la base de su modelo es la consideración de que el factor trabajo puede incorporar diferentes niveles de educación y requerir diferentes habilidades en el contexto del crecimiento endógeno. En este mismo año y con la misma premisa Acemoglu (1998) muestra que una mayor proporción de trabajadores educados fomentaría el cambio tecnológico intensivo en capital humano <<skill-biased>> el cual estaría asociado a un mayor desarrollo de los sectores de I+D.

Del mismo modo, King y Rebelo (1990), destacan la importancia del capital humano como un factor fundamental para el crecimiento endógeno; de acuerdo con Lucas (1988), los individuos con cierto nivel educativo son más productivos si se rodean de individuos con más conocimiento, de esta forma, se forjan externalidades positivas del conocimiento; para King y Rebelo (1990), la acumulación de capital humano y físico provoca un aumento de la tasa de crecimiento económico. Mientras que, Romer (1990) considera la tecnología como un bien no rival. En cambio, Barro (1991) consideraba que, cuanto mayor sea la cantidad de capital humano por persona, mayor serán las tasas de inversión en capital físico y humano incrementando así el PIB per cápita.

Por otro lado, la teoría de crecimiento exógeno que plantearon Mankiw, Romer, y Weil (1992) utilizando el modelo de Solow (1956) aumentado, demostraron que el ingreso per cápita depende de la acumulación de stock de capital físico y humano. Al contrario, la teoría shumpeteriana Kirzner (1995) señala que “los beneficios empresariales se obtienen así mediante la innovación de nuevas combinaciones de producción, sacudiendo la economía y sacándola del estado de equilibrio”. No obstante, Santos (1997) considera que esta teoría no analiza el caso de los individuos que anhelan realizar nuevas combinaciones pudiendo fracasar; ni tampoco contempla el caso de quienes no cuentan con los recursos necesarios para la ejecución de sus inventos.

### **Evidencia Empírica**

La literatura empírica revela que parte de las diferencias entre la renta de los países pueden atribuirse al gasto en I+D porque promueve la productividad, aumenta la tecnología y eficiencia. Tsaurai (2017) informó que los gastos en I+D mejoran el crecimiento económico al impulsar la actividad económica. Por ejemplo, en una investigación realizada por Goel, Payne, y Ram (2008) de EEUU durante el período 1953-2000, para encontrar la asociación entre los gastos y la producción en la I+D utilizando un Modelo Autorregresivo de Retardos Distribuidos

(ARDL), sus resultados indican que el gasto en I+D aumenta el crecimiento del PIB a largo plazo. Igualmente, Horvath (2011) investigó la relación entre el gasto en I+D y el PIB real a largo plazo utilizando el Modelo Bayesiano Promediado (BMA) para 72 países y encontró un efecto positivo de la I+D sobre el crecimiento económico.

También Akcali y Sismanoglu (2015) examinaron el papel de los gastos en I+D en el PIB real durante el período 1990-2013 para 19 países desarrollados y en desarrollo, utilizando el Modelo de Coeficientes Aleatorios de Swamy (1970), del cual obtuvieron resultados positivos. Tal como, Inekwe (2015) que aplicó los enfoques de las medias de grupo y del sistema dinámico del GMM para verificar el impacto de los gastos en I+D en el crecimiento económico de países de ingresos medianos altos y medianos bajos, de los que sus resultados empíricos muestran que los gastos en I+D contribuyen significativamente al crecimiento económico.

La mayoría de estudios empíricos admiten una fuerte relación entre I+D y crecimiento económico, por ejemplo, Coe y Helpman (1995) sugieren que un aumento del stock de I+D generará un aumento de la producción. Simultáneamente, Gumus y Celikay (2015) emplearon un modelo bivariado para examinar los vínculos entre los gastos en I+D y el producto del PIB real para 52, los resultados señalan que los gastos en I+D estimulan la actividad de producción del PIB real. En el caso de países europeos para observar el efecto de la inversión extranjera directa y los gastos en I+D sobre el crecimiento del PIB, Freimane y Băliņa (2016) para el período 2000-2013 aplicaron el enfoque GMM, su evidencia empírica revela que los gastos en I+D fortalecen el efecto de la IED sobre el crecimiento económico. Al contrario, en un estudio para Turquía durante el período 1990-2013, Tuna et al. (2015) no encontraron una asociación causal entre los gastos en I+D y el crecimiento económico.

Desde un punto de vista empírico Lederman y Maloney (2003) consideran la fuerte relación del gasto en I+D y de la productividad con el ingreso de los países ante shocks de la

demanda. Recientemente, para los países de la OCDE, Aydin et al. (2018) volvieron a investigar la asociación entre los gastos de I+D y la producción, su hallazgo empírico indica que los gastos en I+D inciden en la producción al mejorar la productividad total de los factores. Por otra parte, Zhou y Xia, (2010) del periodo 2000 a 2007, descubren que los gastos en I+D ayudan a aumentar la productividad total de los factores. Asimismo, Rouvinen (2002) y Franzen (2010) usando datos de panel de empresas en su estudio, concluyen que la I+D causa aumentos de productividad, pero no viceversa. Al contrario, Mairesse y Hall (1996) encuentran evidencia de la relación en ambos sentidos.

Pop Silaghi, Alexa, Jude, y Litan (2014) en sus resultados muestran un impacto estadísticamente significativo de la inversión de I+D sobre el crecimiento económico y la I+D pública, aunque no es significativa, no excluye el efecto positivo de la I+D privada en las estimaciones. Sin embargo, también está la contraparte en la cual se muestran efectos negativos del gasto en I+D en el crecimiento económico como los resultados de Hilled, Mahalik, Shahbaz, y Nasir (2020) que muestran que la I+D pública tiene un efecto neutral, en el sentido de que no estimula el crecimiento, pero tampoco desplaza el efecto positivo de la I+D privada.

Para Griliches (1992) la principal conclusión es que los retornos sociales estimados son mayores que los retornos privados y esto podría explicar la subinversión en I+D. En cuanto a la fuente de financiación de la I+D, se encuentra una tasa de retorno más baja para la pública que la privada, tanto a nivel privado como social (Griliches, 1980); (Park, 1995). Según Romer (1986) muchos modelos de la teoría del crecimiento endógeno confirmaron el gasto en I+D como el factor principal del crecimiento económico. Asimismo, Bassanini, Scarpetta, y Hemmings (2001) estiman el impacto de la I+D pública y privada entre otros determinantes del crecimiento económico para los países de la OCDE durante 1980-1990 y encuentran un coeficiente empresarial de I+D significativo.

En este sentido, Waring (1996) en una muestra amplia de empresas americanas concluye que la intensidad de la I+D es, entre otras, una de las variables con mayor impacto sobre la permanencia en el tiempo de niveles altos de beneficios. Además, muestran una fuerte asociación positiva entre el gasto público y privado en I+D. No obstante, para los países menos desarrollados la literatura es generalmente escasa (Coe, Helpman, y Hoffmaister, 1997); (Goel, Payne, y Ram, 2008); (Samimi y Alerasoul, 2009), además, no distingue entre I+D privada y pública. La evidencia empírica revela que recientemente los avances tecnológicos y los gastos en I+D contribuyen al desarrollo de empresas individuales y, por lo tanto, a la economía (Inekwe, 2015). De igual forma, Coccia (2012) encontró que cuando el gasto en I+D del sector empresarial supera el gasto en I+D del sector gubernamental, la productividad laboral tiende a crecer en los países avanzados.

Se reconoce incluso a partir de Solow (1956) que el nuevo capital basado en tecnología conocida que mejora en el tiempo, tiene un papel más valioso que el antiguo capital. Los resultados muestran un impacto estadísticamente significativo del negocio de I+D sobre el crecimiento económico. Seguidamente Romer (1990) sostiene que los empresarios que buscan beneficios en sus propias invenciones han estado interiorizando el progreso tecnológico corriendo después de nuevas ideas.

En este sentido, Kim (1997) y Lim (1999), atribuyen un papel fundamental al desarrollo tecnológico en el proceso de convergencia experimentado por Corea del Sur desde fines de 1960, lo que implicó un aumento del ingreso per cápita en el año 2000 con tasas de crecimiento cercanas al 8% anual. De la misma forma, Jones (1995) demostró que modelos de crecimiento basados en I+D “semi-endógenos” consistentes con la evidencia de series de tiempo para los países avanzados, el crecimiento es endógeno en el sentido de que es impulsado por la adquisición de nuevas tecnologías por agentes que son racionales y buscan maximizar los beneficios.

Para Pradhan y Sahoo (2012); Hasan y Tucci (2010) el nivel y la estructura de la innovación no deben ignorarse porque juega un papel imperativo en la estimulación del crecimiento económico. La combinación de objetivos e instrumentos de política debe adaptarse al nivel de desarrollo de un país y a las fortalezas y debilidades de su sistema de innovación, por lo que debería variar entre países y el tiempo (Veugelers y Schweiger, 2016).

En otra investigación realizada por Guloglu y Tekin (2012) para los países de la OCDE con niveles de ingresos más altos, la relación entre el gasto en I+D, la innovación y el crecimiento económico se analiza mediante un análisis de causalidad de panel y según los hallazgos de esta investigación, existe una relación significativa y positiva entre I+D e innovación, entre I+D y crecimiento económico, y entre crecimiento económico e innovación. Igualmente, Bayarcelik y Taşel (2012) comprobaron el impacto de la innovación en el PIB incorporando los gastos en I+D y el número de empleados en el departamento de I+D en el modelo como variables exógenas, sus resultados muestran que los gastos en I+D tienen una influencia positiva y significativa en el PIB.

Por otro lado, Maradana, Pradhan, Dash, y otros (2017) reconocen evidencia mixta sobre la relación entre la innovación y el crecimiento económico per cápita en 19 países europeos, tanto a nivel individual y en la configuración del panel. En algunos casos, el crecimiento económico per cápita conduce a la innovación, dando apoyo a la hipótesis de crecimiento de la innovación que sigue la demanda nexa. Igualmente, García (2007) mediante estimación GMM para países en desarrollo y en vías de desarrollo para el periodo 1960-2000 encontró que el gasto en I+D está fuertemente correlacionado a la riqueza de los países, sugiere que los países en la medida que son más ricos, incrementan su actividad de innovación más que proporcionalmente en relación al diferencial de ingresos.

Cuando Schumpeter escribió sobre innovación, claramente pretendía enfatizar no sólo el aspecto "destrutivo" de la destrucción creativa, sino también la parte "creativa".



Anteriormente, se desarrollaron modelos de innovaciones de productos horizontales o innovaciones de productos verticales por parte de Aghion y Howitt (1992) este último modelo implica una externalidad negativa conocida en la literatura como un efecto de “robo de negocios” de la inversión en I+D que puede promover una sobreinversión en actividades de I+D basado en esta teoría Schumpeteriana. Para Batabyal y JickYoo (2017) la I+D que conduce al crecimiento económico schumpeteriano en una región que es creativa. El motor del crecimiento económico son las innovaciones de procesos que conducen a mejoras de calidad en las máquinas.

En presencia de una diversidad de variables macroeconómicas de control, el negocio de I+D y el capital humano siguen siendo significativos. La importancia para el coeficiente de I+D empresarial sigue siendo robusta para la estimación en ciertos subperíodos. Del mismo modo, Sequeira (2008) desarrolla un modelo de crecimiento endógeno con capital físico, capital humano e I+D. Concluyendo que los subsidios en la I+D tienen un efecto positivo general sobre el crecimiento, la riqueza y el bienestar, mientras que la política de capital humano es simultáneamente la que más genera ingresos y mejora el bienestar. Asimismo, Chiao (2001) encontró una relación positiva y bidireccional ninguna conexión a corto, pero sí a largo plazo. Según Mairesse y Siu (1984) la I+D causa inversiones en capital, pero no viceversa (Lach y Rob, 1996).

Romer (1986) y Lucas (1988) fueron pioneros en un crecimiento endógeno al introducir el desbordamiento del conocimiento, generalmente asociado con I+D respectivamente con capital humano. Otro importante aporte de esta literatura es el trabajo de Jones (2002), que estudia el entorno en el que las ideas circulan libremente por el mundo. Según sus predicciones, el 70% del crecimiento se otorga a un incremento en el stock de ideas producidas por los investigadores de los países del G-5 durante el periodo 1950-1993. En este sentido, Mattalia (2012) emplea el capital humano como factor de producción en el sector de bienes finales e

intermedios junto con la naturaleza encarnada del progreso tecnológico y el importante papel de la I+D y concluye que la productividad de la escolarización afecta el crecimiento de la economía a largo plazo.

Según Gómez (2011), la innovación está sujeta a externalidades asociadas a la duplicación del esfuerzo de investigación, así como a los derrames de I+D que aumentan significativamente el ajuste del modelo a los datos observados. Por último, pero no menos importante, la innovación y las mejoras tecnológicas a través de los gastos de I+D son un motor importante del crecimiento económico (Minniti y Venturini, 2017).

Por ejemplo, Churchill, Inekwe, Smyth, y Zhang (2019) argumentan que los países desarrollados como el Reino Unido con sus mayores niveles de ingresos, pueden esperar un mayor progreso tecnológico como resultado de mayores inversiones en I+D. Estos gastos pueden permitirles adoptar tecnologías eficientes de ahorro de energía y reducción de carbono. Por lo tanto, los gastos en I+D son cruciales para enfrentar los desafíos ecológicos como la pérdida de biodiversidad, las frecuentes inundaciones y el aumento de la temperatura. Esto revela que el crecimiento de los ingresos va acompañado de la asequibilidad de las inversiones en I+D y una mejor adopción de tecnologías eficientes que, como resultado, pueden mejorar la calidad ambiental (Komen, Gerking, y Folmer, 1997; Dinda, 2004 ).

Los resultados sobre el impacto de los gastos en I+D fueron más prometedores ya que muestra un impacto negativo en las emisiones. En concreto, ceteris paribus, un incremento en el gasto en I+D iba a tener un impacto negativo en las emisiones. El impacto negativo de la I+D en las emisiones está en línea con la evidencia existente, por ejemplo, los estudios de Ki-Hoon y Byung (2015) sobre Japón, también los resultados de Xiong y Qi (2018) sobre China, Balsalobre-Lorente et al. (2018) sobre países de la UE-5, Cho y Sohn, (2018) y Fernández, Fernández López, y Blanco (2017) en los Estados Unidos

Sorprendentemente, Koçak y Ulucak (2019) informaron que las emisiones se ven afectadas positivamente por los gastos de I+D en los países de la OCDE. De lo contrario, la intensidad de la I+D tiene un impacto incierto sobre las emisiones de carbono. Específicamente en el Reino Unido el papel de la I+D en el cumplimiento de los desafíos climáticos y los objetivos políticos es benigno. Sin embargo, como aconseja el Comité de Cambio Climático (CCC), Gran Bretaña debe invertir más en innovaciones bajas en carbono para alcanzar el objetivo de emisiones netas cero para 2050. En este sentido, la inversión en I+D puede ayudar a disociar el crecimiento económico de las emisiones de carbono (Wang & Zhang, 2020).

Dicho esto, también es necesario recordar que el descubrimiento de fuentes de energía alternativas requiere una cantidad sustancial de I+D, y la mayoría del costo de implementación incluye los gastos de I+D según Bayarcelik y Taşel (2012), Inekwe (2015) y Freimane y Bāliņa (2016). Ahora para cualquier economía emergente, la creación de capacidad para I+D en la búsqueda de fuentes de energía alternativas podría no ser posible con un efecto inmediato, por lo tanto, estas naciones dependen del comercio de tecnología, permitiendo la transferencia tecnológica transfronteriza (Shahbaz, Rashid, Loganathan , y Talat, 2015).

## e. MATERIALES Y METODOS (DATOS Y METODOLOGIA)

### Tratamiento de datos

Para examinar empíricamente el efecto del gasto en I+D en el crecimiento económico, se utilizaron datos compilados por los Indicadores del Desarrollo del Banco Mundial (IDBM, 2020) y el Penn World Table (PWT, 2021) con información anual exactamente balanceada para 71 países para el periodo 2005-2018. Por lo tanto, los países y el periodo de tiempo fueron seleccionados según su disponibilidad, permitiendo realizar estimaciones utilizando datos de panel fuertemente balanceados. En la Tabla 2 se muestra el listado de países que fueron seleccionados.

**Tabla 2**

*Listado de países seleccionados*

Alemania	Estados Unidos	Montenegro
Arabia Saudita	Estonia	Noruega
Armenia	Federación Rusa	Omán
Austria	Finlandia	Países Bajos
Azerbaiyan	Francia	Panamá
Belarus	Grecia	Paraguay
Bélgica	Guatemala	Perú
Bosnia Herzegovina	Hong Kong	Polonia
Brasil	Hungría	Portugal
Burkina Faso	India	Reino Unido
Canadá	Irán	Republica Checa
Chile	Irlanda	República Eslovaca
China	Islandia	Republica Moldova
Chipre	Israel	Rumania
Colombia	Italia	Singapur
Corea	Japón	Sudáfrica
Costa Rica	Kirguistán	Suecia
Croacia	Letonia	Tailandia
Dinamarca	Lituania	Túnez
Ecuador	Luxemburgo	Turquía
Egipto	Malasia	Ucrania
El Salvador	Malta	Uganda
Eslovenia	México	Uruguay
España	Mongolia	

En esta sección para medir el efecto del gasto en I+D en el crecimiento económico a nivel global, se parte de los postulados de crecimiento económico con énfasis en el talento humano y la inversión propuesto por autores como Schultz (1983), Romer (1990), Grossman y Helpman (1991), Rebelo (1991) y Grilliches (2000). En la actualidad existen muchos factores que inciden el crecimiento económico, sin embargo, en esta investigación se comprobará la eficacia del modelo considerado productividad y progreso tecnológico, el capital físico, y el trabajo o capital humano.

En la tabla 3 se observa que la variable dependiente es el PIB per cápita, el cual indica la evolución de los estándares de vida de un territorio, sirve para reflejar una parte importante del comportamiento de las políticas aplicadas en una economía. Las variables independientes son el gasto en I+D debido a que existe literatura de crecimiento endógeno basada en la I+D, los cuales afirman que las actividades en esta rama son el motor del crecimiento económico. Estos estudios ofrecen tres modelos imponentes desarrollados por Romer (1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992).

Se usará la formación bruta de capital físico per cápita como proxy del capital disponible por persona y el trabajo o capital humano que será medida por el índice de capital humano. Además, para dar mayor robustez al modelo se incorporó variables de control, tales como: el Estado de derecho como proxy de la institucionalidad de cada país, la variable de índice de precios al consumidor como proxy de la inflación y de la estabilidad económica, la variable  $CO^2$  para medir el daño ambiental y por último, se incorporó una variable dummy de tiempo como instrumento exógeno dentro de la estimación de sistemas.

**Tabla 3***Descripción de variables*

<b>Variable</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>
<b>Dependiente</b>			
Producto Interno Bruto per cápita	<i>PIB</i>	Representa el crecimiento anual del PIB en logaritmo, es la suma total del valor agregado bruto que producen los residentes de un país.	Dólares estadounidenses
<b>Independiente</b>			
Gasto en investigación y desarrollo	<i>ID</i>	Representa a los gastos internos brutos en investigación y desarrollo (I+D), incluye tanto el capital como los gastos corrientes en los cuatro sectores principales: empresa, gobierno, educación superior y sin fines de lucro privados.	% PIB
<b>De control</b>			
Formación bruta de capital per cápita	<i>K</i>	Consiste en desembolsos en las adiciones a los activos fijos de la economía más cambios netos en el nivel de inventarios.	Dólares estadounidenses
Capital humano	<i>CH</i>	Índice de capital humano, basado en años de escolaridad y rendimiento de la educación	Índice
Estado de derecho	<i>ED</i>	El estado de derecho captura las percepciones del grado en que los agentes tienen confianza en las reglas de la sociedad y las acatan, y en particular la calidad del cumplimiento de los contratos, los derechos de propiedad. Se puntúa de -2,5 a 2,5.	Porcentaje
Índice de precios al consumidor	<i>Inf</i>	La inflación medida por el índice de precios al consumidor manifiesta la variación porcentual en el costo para el consumidor medio de adquirir una canasta de bienes y servicios en un año.	Porcentaje
CO <sup>2</sup> per cápita	<i>Co<sup>2</sup> per</i>	La cantidad en toneladas o kilos de dióxido de carbono equivalente de gases de efecto invernadero, producida en el día a día, generados a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción y transporte entre otros procesos.	<i>m<sup>3</sup></i>
Variable Dummy	<i>T2018</i>	Es una variable instrumental de tiempo que asume valores de 0 y 1 con el fin de aportar exogeneidad ficticia en las ecuaciones estimadas	Unidad

En la Tabla 4 se reportan los estadísticos descriptivos de las siete variables incluidas en el trabajo. Entre los principales datos de interés encontramos que el PIB per cápita promedio en los 71 países oscila alrededor de \$ 21801,06. Este promedio es un valor alto, esto debido a que la mayoría de los países en estudio son países de ingresos altos. Por otra parte, en promedio el 1,15% del gasto interno bruto es destinado a la I+D. Este valor no es representa una inversión significativa en I+D. Otro dato relevante es que en promedio la formación bruta de capital per cápita es de \$4850,29, un valor también bajo debido a que la inversión en capital debería tener correlación con el crecimiento económico. Por otro lado, el índice de capital humano es en promedio de 2,91. En cuanto a la inflación, hay un índice en promedio de 0,41 de variación porcentual. Finalmente, los datos del Estado de derecho sugieren que en los países analizados existe en promedio 0,49 grados de confianza. En todas las variables existe mayor variabilidad entre los países que dentro de ellos, es decir hay gran dispersión de los datos entre países.

**Tabla 4***Estadísticos descriptivos y matriz de correlación*

	<b>Producto Interno Bruto per cápita</b>	<b>Gasto en Investigación y Desarrollo</b>	<b>Formación Bruta de capital per cápita</b>	<b>Capital Humano</b>	<b>Estado de Derecho</b>	<b>Índice de precios al consumidor</b>	<b>Co<sup>2</sup> per cápita</b>
Media	9,41	1,15	7,92	2,91	0,49	4,05	6,57
Std. Dev.(General)	1,19	1,01	1,18	0,58	0,95	5,00	4,54
Std. Dev.(Entre)	1,18	1,00	1,16	0,57	0,94	3,54	4,45
Std. Dev.(Dentro)	0,22	0,20	0,27	0,11	0,12	3,55	1,05
Observaciones	994,00	994,00	994,00	994,00	994,00	994,00	994,00
Países	71,00	71,00	71,00	71,00	71,00	71,0	71,00
Años	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,0	14,00
PIB per cápita	1,00						
Gasto en I+D	0,65	1,00					
Formación Bruta de capital per cápita	0,98	0,66	1,00				
Capital Humano	0,58	0,55	0,57	1,00			
Estado de Derecho	-0,38	-0,28	-0,35	-0,26	1,00		
ÍPC	0,84	0,68	0,83	0,54	-0,42	1,00	
CO <sup>2</sup> per cápita	0,65	0,48	0,67	0,36	-0,14	0,54	1,00

**Notas:** Mean: media de los datos; Std. Dev: desviación estándar de la distribución muestral del estadístico, Std. Dev: Desviación estándar. Datos tomados del Banco Mundial (2020), elaboración propia.



## Estrategia Econométrica

En esta sección, para medir el efecto del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico, se parte de los postulados de los modelos de crecimiento endógeno con énfasis en el talento humano y la inversión, propuesto por autores como Schultz (1983), Romer (1990), Grossman y Helpman (1991), Rebelo (1991) y Grilliches (2000). En la actualidad, existen muchos factores que inciden el crecimiento económico, por lo cual, en esta investigación se consideran el capital físico, el capital humano, la estabilidad de precios, el respeto a los derechos de propiedad, y la contaminación ambiental para una muestra global de países.

Se planteó el uso de la modelación econométrica con datos de panel y no series de tiempo, debido a la naturaleza de los datos que presenta el primero al utilizar una información adicional que resulta de la inclusión de la dimensión de la sección transversal (Banerjee et al, 2004; Urbain y Westerlund, 2006; Baltagi, 2008). Para responder a los objetivos de investigación ya planteados, la estrategia econométrica del primer objetivo se basa en el análisis de evolución temporal de las variables y el análisis de correlación gráfica.

En consecuencia, la estimación econométrica como tal, resulta en primera instancia mediante la ecuación (1) de la aplicación de un modelo de regresión simple por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) usando las variables principales, PIB per cápita, como dependiente, y como independientes las variables I+D, capital físico per cápita, y capital humano, con el fin de evaluar de manera general la significancia de las mismas y las posibles restricciones estadísticas. Siendo la regresión (2) donde se agrupa las variables teóricas definidas por las variables proxys explicadas anteriormente.

$$PIB_{it} = \alpha_{it} + \beta_1(A)_{it} + \beta_2(K_t) + \beta_3(L_{it}) + \mu \quad (1)$$

$$\log PIBper_{it} = \alpha_{it} + \beta_1(I + D_{it}) + \beta_2(\log kper_{it}) + \beta_3(ch) + \mu_{it} \quad (2)$$

Se debe modificar la ecuación (2) con otras variables de control como la estabilidad de precios, los derechos de propiedad, y la contaminación ambiental para obtener una aproximación más ajustada a la realidad, dando como resultado la ecuación (3), en donde se logra apreciar el intercepto, y cada una de las variables acompañadas del componente explicativo beta, todas las expresiones se encuentran denotadas en un subíndice i,t que expresa el rango general de individuos y de tiempo del panel de datos empleado.

$$\log PIB_{per_{it}} = \alpha_{it} + \beta_1(I + D_{it}) + \beta_2(\log k_{per_{it}}) + \beta_3(ch_{it}) + \beta_4(inf_{it}) + \beta_5(prop_{it}) + \beta_6(CO_2_{per_{it}}) + \mu_{it} \quad (3)$$

A partir de esta ecuación base o general, se procede a determinar si dichas variables poseen una alta relación entre los propios regresores, dicho de otra manera, presentan multicolinealidad, la cual será comprobada con el estimador Factor de inflación de varianza (4) de Kleibaum (1988). Considerando que, para descartar la existencia de colinealidad entre las variables se deberá respetar la condición del Factor de inflación de la varianza (VIF) por debajo de 10 (Kleibaum et al., 2013).

$$VIF(\hat{\beta}_j) = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (4)$$

Una vez determinada esta prueba se evalúa la posible modelación a efectuarse, la misma que puede ser mediante efectos fijos o efectos aleatorios, para esto, se hace uso de la prueba de Hausman (1978), dicha prueba plantea la hipótesis de aceptación o de rechazo, siendo que los valores inferiores a 0,05 demuestran la eficiencia de los efectos fijos o caso contrario, valores mayores indican la eficiencia de los efectos aleatorios. En consecuencia, se examina la existencia de heteroscedasticidad y autocorrelación en el panel, dado que estos dos problemas estadísticos violan las condiciones de los Mejores Estimadores Lineales e Insesgados.

Dicho esto, mediante el estadístico de Wald modificado para la heterocedasticidad grupal (5) se evalúa la heterocedasticidad en los residuos del modelo de regresión con efectos fijos, Baum (2001) expone que la razón de verosimilitud suele no ser consistente bajo el

planteamiento de lagrange, por lo cual, el estimador modificado esta expresado por W, que a su vez considera el número de unidades de sección transversal (Ng), y está denotado por  $(\hat{\sigma}_i^2 - \hat{\sigma}^2)^2$  la estimación de los parámetros y los parámetros propuestos al cuadrado. Planteando como hipótesis nula que la modelación posee homocedasticidad si el estadístico calculado es mayor a 0,05 o en caso contrario a este la existencia de heterocedasticidad

$$W = \sum_{i=1}^{Ng} \frac{(\hat{\sigma}_i^2 - \hat{\sigma}^2)^2}{v_i} \quad (5)$$

Por otro lado, para determinar la presencia de autocorrelación se usa la prueba de Wooldridge (2002) demostrada en la ecuación (6), la que se encuentra denotada por la expresión de correlación entre los valores residuales  $u_t$  y la varianza de los mismos, los términos  $\gamma$  vienen siendo la forma simplificada de estos. El criterio de aceptación o rechazo de la hipótesis nula se evalúa mediante la Prob.>F mayor a 0,05 para aceptar o rechazar la  $H_0$ = no autocorrelación de primer orden.

$$Corr(u_t - u_{ts}) = \frac{Cov(u_t - u_{ts})}{\sqrt{Var(u_t)Var(u_{ts})}} = \frac{\gamma_s}{\sqrt{\gamma_0^2}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_0} = \rho_s \quad (6)$$

Una vez identificado estos problemas estadísticos, se concluye que la estimación MCO resultaría inconsistente y se realiza otra estimación como alternativa de corrección de la autocorrelación y la heteroscedasticidad que permita determinar la incidencia del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico como se plantea en el objetivo 2, para ello, se realiza la estimación de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (FGLS), por sus siglas en inglés (7), cabe mencionar que en este punto solamente se evalúan las variables principales.

Dicho esto, el modelo en términos generales tomaría el orden de las variables de la estimación por mínimos Cuadrados Ordinarios, dado que el modelo GLS (7) es una extensión mejorada del MCO, se asume que posee  $E(uu') = \Sigma = \sigma^2 \Omega$ , además  $\Omega$  es simétrica y positiva, donde existe una matriz no singular (P), entonces  $\Omega = P P'$ , asumiendo que P es una

matriz conocida y no estocástica. Para obtener el GLS se multiplica cada término por la matriz inversa de P ( $P^{-1}$ ) o lo que de forma resumida se lo representa con \*, lo que se denota en los siguientes pasos:

$$\underbrace{P^{-1}(Y_{it})}_{Y_{it}^*} = \underbrace{P^{-1}(X_{it})}_{X_{it}^*} + \dots + \underbrace{P^{-1}(u_{it})}_{u_{it}^*}$$

$$Y_{it}^* = \alpha + \beta_1^* X_{it}^* + \dots + u_{it}^* \quad (7)$$

Sin embargo, la estimación GLS puede resultar en algunos casos un tanto restrictiva dado que asume que los términos de error son esféricos y que se conoce la matriz P, por lo cual, se recurre a realizar una estimación que reemplace  $\Omega$  por una estimación del propio MCG (8) el valor de ( $\Sigma$ ) dando lugar al estimador por (FGLS) por sus siglas en inglés, el cual se presenta a continuación:

$$\hat{\beta}_{MCG} = (X' \hat{\Omega}^{-1} - X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} - X \quad (8)$$

$$\hat{\beta}_{MCGF} = (X' \hat{\Sigma}^{-1} - X)^{-1} X' \hat{\Sigma}^{-1} - X \quad (9)$$

Continuando con el análisis econométrico, se evalúa la presencia de endogeneidad, esto debido a la sospecha sobre la naturaleza de algunas variables, como el capital físico, expresado por la formación bruta de capital, está altamente relacionada con el PIB, y la variable gasto en investigación y desarrollo se encuentra expresada en términos porcentuales del PIB, lo que acrecienta la posibilidad de que exista este problema. Por lo cual, primero se evalúa la correlación conjunta de las variables, incluyendo controles y el residuo. Si alguna variable resulta correlacionada positiva y significativamente con el residuo se estaría en presencia de una relación endógena.

Por lo cual, el modelo FGLS resultaría ineficiente en presencia de un proceso endógeno que en primera instancia se creía inobservable. Se procede entonces a estimar una regresión por mínimos cuadrados en dos pasos (MC2E) con el fin de evaluar la condición de exogeneidad del modelo ya corregido. Este estimador bietapico (10) tiene como objetivo calcular una

estimación de  $X$  con dos regresiones de la variable que se sospecha endógena considerando los residuos e instrumentada por una matriz exógena, siendo  $\widehat{X}$  la forma reducida en el segundo paso del estimador  $X$ , y  $\widehat{X}^T$  viene siendo la forma instrumentada de  $X$ .

$$\hat{\beta}_{2sls} = (\widehat{X}^T \widehat{X})^{-1} \widehat{X}^T y \quad (10)$$

$$DWH = q' [V(\hat{\beta}_{iv}) - V(\hat{\beta}_{ols})] q \quad (11)$$

Para comprobar la efectividad de los mismos, adicional se aplica la prueba de exogeneidad (11) propuesta por Durbin-Wu-Hausman (DWH), esta prueba se basa el contraste de la estimación instrumental  $\hat{\beta}_{iv}$  y la estimación OLS  $\hat{\beta}_{ols}$  para posteriormente tomar la decisión de aceptación, la hipótesis nula  $H_0$  = las variables son exógenas si el valor de probabilidad  $> 0,05$ , o el rechazo de  $H_0$  si el valor es menor. Dicho esto, si el modelo estimado no presentase exogeneidad, se debe utilizar otra estimación de tipo IV que logre corregir el sesgo mostrado en el panel. Pero antes se considera un posible problema que puede también explicar la falta de significancia entre las relaciones y la razón de la endogeneidad.

Este problema ya mencionado es la dependencia de sección transversal, para su comprobación se usa la prueba de la prueba CD descrita por Pesaran (2004) y Pesaran (2015), la cual permite evaluar la dependencia transversal para una lista de variables de cualquier longitud en paneles balanceados y no balanceados, también permite calcular la dependencia transversal en modelos con correlaciones seriales residuales y lineales, además, esta prueba es mucho más rápida y eficiente que CD Pesaran (2004) ya que a diferencia de esta se puede usar sin post estimación.

Adicionalmente se realiza la prueba de raíces unitarias con el fin de comprobar si las variables son estacionarias, en presencia de dependencia de sección transversal las pruebas de primera generación resultan inválidas, según Hurling y Mignon (2007) la primera generación de pruebas de raíz unitaria de panel se basa en el supuesto de independencia de sección transversal, dicha hipótesis resulta bastante restrictiva y algo irreal en la mayoría de las

aplicaciones macroeconómicas de las pruebas de raíz unitaria, puesto que conduce a distorsiones de tamaño y baja consistencia.

Por lo tanto, considerando la dependencia transversal se realizan las pruebas de raíces unitarias CADF de Pesaran (2004) que parte de la Regresión DF aumentada en sección transversal (12) y la prueba de raíces unitarias según la versión truncada del CIPS de Pesaran (2007) en la ecuación (14) la cual en primera instancia resulta de la versión aumentada de forma transversal de la prueba IPS (13). Estas pruebas pueden tener un efecto de corrección positivo en paneles largos como pequeños, pero el CIPS truncado no parece sufrir problemas de estimación para una T tan pequeña como por ejemplo de diez (Pesaran, 2007). Por lo cual, dado el periodo temporal usado en este trabajo, esta prueba resulta más pertinente para evaluar la estacionariedad.

$$\Delta y_{it} = a_{i0} + a_{i1t} + b_{iy_{i,t-1}} + d_{i0}\Delta \bar{y}_t + c_i \bar{y}_{t-1} + \delta_{i1}\Delta y_{i,t-1} + d_{i1}\Delta \bar{y}_{t-1} + u_{it} \quad (12)$$

$$CIPS(N, T) = t - bar = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (13)$$

$$CIPS^*(N, T) = N^{-1} \sum_{i=1}^N CADF_{if}^* + o_p(1) \quad (14)$$

Una vez identificado las raíces unitarias, se presta atención al proceso endógeno que sufre el panel analizado. Se procede a usar un estimador dinámico, método propuesto por autores como Anderson y Hsiao (1981, 1982), Hansen (1982), posteriormente retomado por Arellano y Bond (1991), Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998), estos últimos proporcionan un enfoque más práctico para abordar el problema de la endogeneidad a comparación de otros métodos como Mínimos Cuadrados Bietapicos (MC2E) o Mínimos Cuadrados de Variable Ficticia (LSDV) que pueden llegar a ser inconsistentes en ciertos casos.

Según Roodman (2009) los estimadores de diferencias Arellano y Bond (1991) y de niveles Blundell y Bond (1998) son estimadores diseñados para paneles donde el periodo temporal es pequeño y las observaciones individuales son grandes, donde exista una relación lineal, donde exista al menos una variable dependiente de su propio pasado (dinámica), donde

existan variables independientes que no son estrictamente exógenas, y, por último, se permiten variables que presenten heterocedasticidad y autocorrelación dentro de los individuos.

Una vez mencionadas todas las características de un panel dinámico, y las características de instrumentación GMM, se puede decir que estas se cumplen en función del panel de datos usado y las pruebas estadísticas ya planteadas en párrafos anteriores, por lo cual, se procede con la estimación por el Método General de Momentos de sistemas (GMM-SYS), esta estimación se basa en regresar las variables incluyendo la variable dependiente desfazada cuantas veces se considere necesario.

La ecuación (15) muestra la forma original de la estimación dinámica donde la variable dependiente se encuentra incluida como regresora y desfazada hasta el segundo rezago, dejando así libre el periodo temporal 3, luego se ve acompañada del resto de variables independientes y el termino de error fijo, de esta ecuación se forma un sistema de ecuaciones en niveles (16) y en diferencias (17), que a su vez estas se ven instrumentadas por un conjunto de variables en niveles GMMstyle y diferencias IVstyle , siendo los niveles los instrumentos de la ecuación en diferencias y las diferencias los instrumentos para los niveles.

$$Y_{it} = \alpha^{t-(2)} Y_{i,t-(2)} + \beta X_{1i,t} + \beta X_{2i,t} \dots + u_{it} \quad (15)$$

$$Y_{it} = \alpha^{t-(2)} Y_{i,t-(2)} + \beta X_{1i,t-2} + \beta X_{2i,t-2} \dots + u_{it-2} \quad (16)$$

$$Y_{it} = \alpha^{t-1} \Delta Y_{i,t-1} + \beta \Delta X_{1i,t-1} + \beta \Delta X_{2i,t-1} + \Delta u_{i,t-1} \quad (17)$$

Donde  $X_{1i,t-2}$  es el segundo rezago e instrumento para las diferencias, siendo  $\Delta X_{1i,t-1}$  la primera diferencia e instrumento para los niveles, tomando en cuenta la ecuación 15 se aplican las variables usadas en el modelo, obteniendo la ecuación mostrada a continuación:

$$\begin{aligned} \log PIBper_{it} = & \alpha^{t-(2)} \log PIBper_{i,t-(2)} + \beta_1 I + D_{i,t} + \beta_2 \log kper_{it} + \beta_3 ch_{it} + \\ & \beta_4 inf_{it} + \beta_5 prop_{it} + \beta_6 CO_2per_{it} + \beta_7 T2018_{it} + u_{it} \end{aligned} \quad (18)$$

Cabe destacar que el estimador de dos pasos  $\beta_{2FEGMM}$  (20) es eficiente y robusto para cualquier patrón de heteroscedasticidad y correlación cruzada ya que usa la transformación de las desviaciones ortogonales. Para el primer paso en  $\hat{\beta}_1$ , (19), se incorpora el supuesto de heteroscedasticidad reemplazando a H de la estimación de un paso por la aproximación inicial arbitraria de  $\Omega$  basada en el supuesto de homocedasticidad, con  $W^{-\frac{1}{2}}HW^{-\frac{1}{2}}$  obteniendo como resultado:

$$\hat{\beta}_1 = \{X'WZ(Z'W^{-\frac{1}{2}}HW^{-\frac{1}{2}}Z)^{-1}Z'WX\}^{-1}X'WZ(Z'W^{-\frac{1}{2}}HW^{-\frac{1}{2}}Z)^{-1}Z'WY \quad (19)$$

$$\hat{\beta}_{2FEGMM} = \{X'WZ(Z'\hat{\Omega}Z)^{-1}Z'WX\}^{-1}X'WZ(Z'\hat{\Omega}Z)^{-1}Z'WY \quad (20)$$

Por último, se recurre a ciertas pruebas de comprobación para aceptar el modelo como válido, primero se revisa la prueba de autocorrelación de Arellano y Bond para AR (1) y AR (2), siendo la hipótesis  $H_0$ =No existe autocorrelación entre los errores si  $Pr < 0,05$   $H_1$  = Existe autocorrelación entre los errores si  $Pr > 0,05$ . Por último, se revisa la sobre-especificación y exogeneidad del modelo con la prueba de Sargan y Hansen, dichas pruebas tienen por  $H_0$ = Correcta especificación del modelo y  $H_1$ = Sobre-especificación del modelo. n e456,



## **f. RESULTADOS**

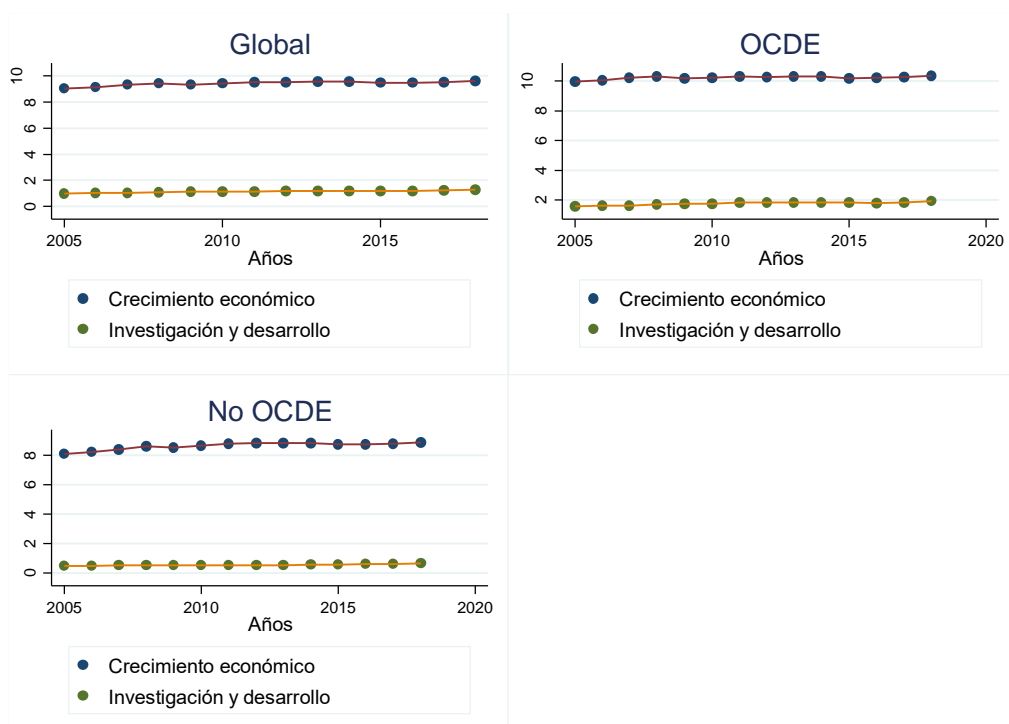
### **Resultados del objetivo específico 1**

*Analizar la evolución y correlación entre el gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico por grupos de países a nivel global, periodo 2005-2018.*

Para dar sustento al primer objetivo específico, se realizó la interpretación y análisis de la evolución del crecimiento económico y el gasto en I+D, tanto a nivel global como en una subdivisión de países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y los que no pertenecen, durante el periodo 2005-2018. Los resultados descritos en la Figura 2 evidencian que el crecimiento económico como la I+D, presenta un comportamiento Constante tanto a nivel global, como para los países que pertenecen a la OCDE y los que no pertenecen a este organismo. Asimismo, tanto el crecimiento económico como la I+D, no presentan fluctuaciones significativas en esta división de países, sin embargo, podemos observar que, para los países pertenecientes a la OCDE, el crecimiento económico tiende a ser positivo, a diferencia de los países que no pertenecen a la mencionada organización. Esto puede deberse a las políticas aplicadas por los países pertenecientes a este organismo, las cuales le apuestan crecimiento endógeno. La I+D es un factor determinante para alcanzar el crecimiento. Los efectos expuestos tienen mucha similitud con los resultados del estudio realizado por García, (2007) quien encontró que el gasto en I+D se encontraría fuertemente correlacionado a la riqueza de los países.

## Figura 2

*Evolución del crecimiento económico y I+D, 2005-2018.*



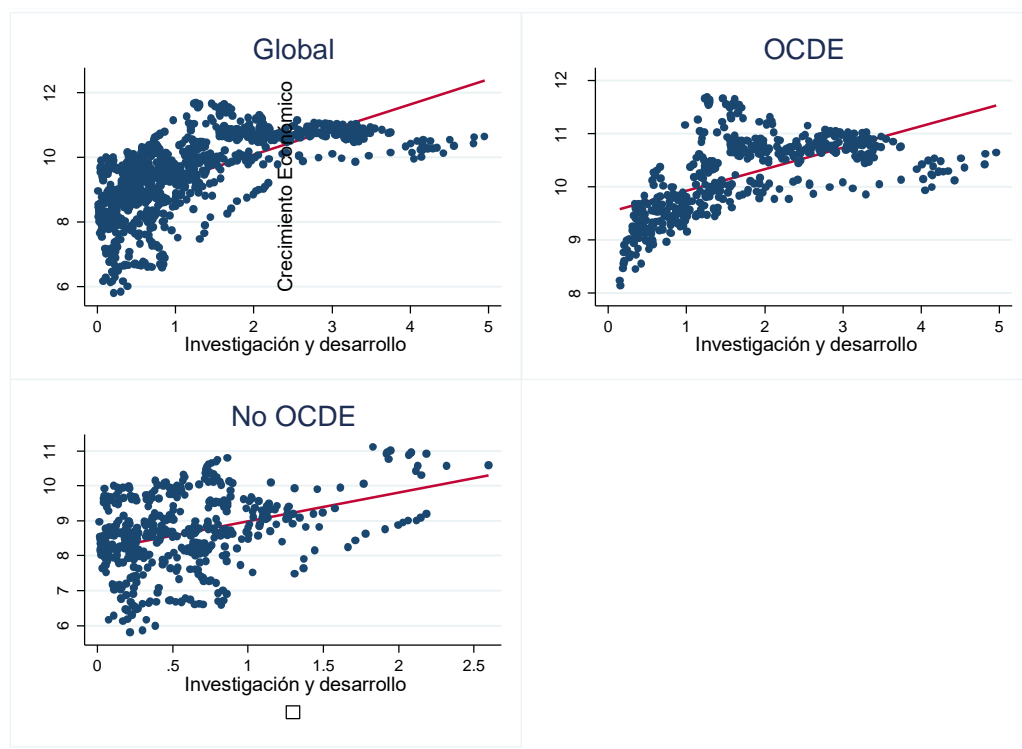
*Fuente.* Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2018.

Como ya se indicó, otro punto importante dentro del primer objetivo específico, es el análisis de la correlación entre el crecimiento económico y la I+D. En este sentido, en la Figura 3, se puede observar una correlación positiva entre las variables tanto a nivel global como para los países pertenecientes a la OCDE y los que no pertenecen, es decir, que el crecimiento económico aumenta a medida que se incrementa la I+D en los países en estudio. Sin embargo, cabe recalcar que para los países que no pertenecen a la OCDE esta correlación tiende a disminuir con el paso de los años. Generalmente, esto es debido a que los países pertenecientes a la OCDE aplican estándares y normas en ámbitos para la mejora del desempeño económico con crecimiento a través de la innovación y de la tecnología, lo que a largo plazo incrementa la productividad y mejora la estructura económica. Esto concuerda con Chiao (2001) y sus conclusiones de que existe una relación positiva y bidireccional entre inversiones en capital y gastos en I+D. Asimismo, una investigación realizada por Lederman y Maloney (2003)

confirmó la presencia de la relación positiva entre la inversión en I+D y el logaritmo del PIB per cápita, de la cual concluyeron que la inversión en I+D aporta al progreso económico y que la tasa de crecimiento de esta inversión también aumenta a medida que crece el PIB per cápita.

### Figura 3

*Correlación entre el crecimiento económico y I+D, 2005-2018.*



*Fuente.* Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2018.

### Resultados del objetivo específico 2

*Determinar la incidencia del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico a nivel global, periodo 2005-2018.*

Para dar respuesta a este objetivo, se parte de la ecuación base por MCO para cada grupo de datos, revisar Anexo 4, la misma que sirvió para determinar la presencia de multicolinealidad entre las variables, en el Anexo 5 se encuentra a detalle la prueba del FIV

para el grupo global y los países que pertenecen y no pertenecen a la OCDE, a partir de los resultados calculados se pudo concluir que no existe una relación de multicolinealidad significativa entre las variables predictoras de este modelo econométrico.

Luego de esta comprobación, se procedió a aplicar la prueba de Hausman (1978) que permite escoger entre el estimador asintóticamente más eficiente de los modelos fijos o aleatorios, los resultados obtenidos para esta prueba se encuentran adjuntos en el Anexo 6, del cual se puede concluir que por cada grupo de país sin considerar las variables de control, el mejor estimador resultó ser por efectos fijos, y al agregar las variables de control, ya descritas en el apartado de datos, se sigue manteniendo la misma modelación.

En presencia de autocorrelación serial entre los errores las estimaciones podrían ser inconsistentes, es por ello que se evaluó la presencia de este problema con la prueba de autocorrelación serial de Wooldridge (2002), cuyos resultados se encuentran resumidos en el Anexo 7, del cual se puede concluir que sin considerar las variables de control a nivel global y por grupos de países existe la presencia de autocorrelación entre los errores, de igual manera se observa esta situación en todos los grupos al agregar las variables de control.

También se procedió a examinar la existencia de heterocedasticidad, dada la naturaleza de los datos panel no es pertinente suponer homocedasticidad, pues en caso de existir se tendría cálculos erróneos del estimador de la matriz de varianzas y covarianzas, por lo cual, se aplicó la prueba modificada de Wald según (Baum, 2001), la misma que se ubica en el Anexo 8, de estos resultados obtenidos se puede decir que existe presencia de heterocedasticidad en los todos los grupos de países al considerar las variables de interés y también las variables de control.

A parte de la autocorrelación entre los errores, se analizó la dependencia de sección transversal, para descartar la correlación en al menos una observación individual, dado que prescindir de su existencia llevaría a la elaboración de predicciones erróneas acerca de las

variables, con el uso de la prueba CD de Pesaran (2015), útil en paneles cortos y desequilibrados como el que se lleva a cabo, se encontraron los resultados resumidos en la Tabla 5 que se presenta a continuación.

**Tabla 5**

*Resultados prueba de sección transversal*

<b>Variable</b>	<b>Prueba-CD</b>	<b>valor-p</b>	<b>media abs</b>
Crecimiento económico	111,01	0,00	0,63
Investigación y desarrollo	14,50	0,00	0,50
Capital físico	67,54	0,00	0,51
Capital Humano	166,08	0,00	0,95

Los resultados mostrados pertenecen al modelo de variables de interés, es decir el PIB per cápita, la investigación y desarrollo el capital físico, y el capital humano, y se puede concluir que existe dependencia de sección cruzada al menos en un individuo en todas estas variables, ya que los valores de probabilidad calculados son cercanos a cero y el test calculado es excesivamente alto. Cabe mencionar que las variables de control no son incluidas en esta sección, pero se encuentran en el Anexo 9.

Una vez detalladas cada una de estas pruebas, se realiza la estimación FGLS con el objetivo de evaluar la incidencia de la investigación y desarrollo en el crecimiento económico, en este apartado se analiza la relación de interés sin incluir variables de control con el fin de evaluar directamente el planteamiento de crecimiento endógeno propuesto por Romer (1990) y otros autores. Dicho esto, los resultados obtenidos a nivel global como por grupos de países se encuentran detallados a continuación.

**Tabla 6***Regresión FGLS (Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles)*

<b>Crecimiento económico</b>	<b>Global</b>	<b>Miembros de la OCDE</b>	<b>No miembros de la OCDE</b>
Investigación y Desarrollo	0,03 (0,42)	-0,05 (-1,54)	-0,07*** (-20,00)
Capital Físico	0,97*** (401,71)	0,96*** (165,71)	0,95*** (420,30)
Capital Humano	0,044*** (9,70)	0,05*** (5,89)	0,024*** (4,51)
Constante	1,59*** (81,65)	1,76*** (39,61)	1,78*** (75,34)
Observaciones	994,00	490,00	504,00
Chi2	0,00	0,00	0,00

\* Indica valores significativos  $p < ,05$ ; (\*\*) valores muy significativos  $p < ,01$ ; (\*\*\*) valores altamente significativos  $p < ,001$

La regresión por Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles tiene la característica de poder determinar estimadores consistentes en presencia de autocorrelación, heterocedasticidad e incluso dependencia de la sección transversal, es por ello que se aplicó en esta serie de datos. La Tabla 6 muestra como en el grupo global y países que pertenecen y no pertenecen a la OCDE se obtiene un valor Chi2 estadísticamente significativo, lo que se puede decir que no hay algún problema de estimación hasta el momento que se haya podido comprobar y afecte la muestra.

Al analizar los coeficientes de las variables de interés, se puede apreciar que, en el grupo global, la investigación y desarrollo no logra ser estadísticamente significativa para explicar el crecimiento económico, de igual manera no se halla relación significativa en el grupo de países

de la OCDE, mientras que en el grupo de países no pertenecientes a la OCDE si existe una relación, aunque no es robusta, puesto que el gasto en I+D logra reducir el PIB en 0,07%.

En consecuencia, el capital físico logra explicar el crecimiento económico para todos los grupos de países, sin embargo, sus coeficientes son exageradamente altos, pues en cada una de las muestras esta explica más del 90% del crecimiento del PIB, de igual manera los valores z estadísticos tienen rangos extremos, lo cual deja cierta inquietud sobre la eficiencia de estos resultados. Así mismo el capital humano logra explicar el crecimiento económico en todos los grupos, aunque de manera muy tenue.

En conclusión, la regresión corregida del método GLS permitió establecer la relación de crecimiento en donde la variable de mayor interés en esta investigación, I+D, resulto ser insignificante a comparación del resto de variables, cuyos resultados no serían cuestionados si no existiesen particularidades como los resultados obtenidos en la variable capital físico, ya que sus valores terminan por parecer exagerados, puesto que en ninguna magnitud el crecimiento económico dependerá solamente de la formación de capital físico.

Considerando esto se examinó la presencia de un problema que quizá pueda explicar el sesgo diferencial de valoración estadística, para probar si las variables se encuentran correctamente explicadas se comprobó la existencia de correlación de las variables con el termino de error, o dicho de otra manera que exista endogeneidad, para esto se regresó cada una de las variables con sus residuos para cada grupo, estos resultados se resumen en la Tabla 7, donde se puede observar que para el grupo global la variable dependiente se encuentra altamente correlacionada con el termino de error; mientras que en el grupo de países pertenecientes a la OCDE aparte de la dependiente la investigación y desarrollo y el capital físico muestran un proceso endógeno, este patrón se repite en el grupo de países que no pertenecen a la OCDE, lo que comprueba las sospechas sobre la endogeneidad inferida en las variables teóricas del modelo de crecimiento endógeno.

**Tabla 7***Correlación entre las variables y los errores*

<b>Grupos</b>	<b>Residuos</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Investigación</b>	<b>Capital</b>	<b>Capital</b>
		Económico	y Desarrollo	Físico	Humano
Global	res1	0,18*	0,00	0,00	0,00
		0,00	1,00	1,00	1,00
Miembros de la OCDE	res2	0,29*	0,09*	0,10*	0,06
		0,00	0,03	0,01	0,42
No miembros de la OCDE	res3	0,50*	0,41*	0,33*	0,28*
		0,00	0,00	0,00	0,00

\* Indica resultados al 95% de confianza

Para la corrección de este sesgo de endogeneidad se realiza la estimación de tipo instrumental por Mínimos Cuadrados en dos Etapas, revisar Anexo 10, el mismo que consideró cada una de las variables que resultaron correlacionadas con el termino error según su grupo, y fueron instrumentadas por las variables de control derechos de propiedad, inflación, y contaminación ambiental que en este caso se consideran exógenas al modelo.

A partir de los resultados obtenidos por la estimación MCE2 se pudo comprobar de manera más acertada la presencia de endogeneidad a través de la prueba de Durbin (1954), Wu (1973, 1974) and Hausman (1978), la misma que se detalla en la Tabla 7, y se puede concluir que las variables instrumentadas no han corregido su correlación con los errores, por lo cual se procede a otros métodos de corrección.



**Tabla 8***Prueba de endogeneidad Durbin-Wu y Hausman*

<b>Pruebas</b>	<b>Global</b>		<b>Miembros de la OCDE</b>		<b>No miembros de la OCDE</b>	
Durbin (score) chi2	0,00	(p = 0,00)	47,66	(p=0,00)	40,73	(p=0,00)
Wu-Hausman	0,00	(p = 0,00)	26,07	(p=0,00)	14,56	(p=0,00)

**Resultados del objetivo específico 3**

*Determinar y analizar el efecto que tiene la I+D considerando otros factores económicos que inciden en el crecimiento económico a nivel global periodo 2005-2018.*

Como se pudo observar en el aparatado anterior los métodos utilizados resultan insuficientes para corregir la correlación del término de error con las variables teóricas que se han considerado como endógenas por inferencia y que posteriormente se comprobaron de manera técnica, dicho esto, una alternativa de corrección es usar las estimaciones de instrumentación IV, en este caso se procedió a usar el Método General de Momentos de sistemas en dos etapas, (GMM-SYS) por sus siglas en inglés.

Dicho método posee la capacidad de proceder en presencia de autocorrelación, heterogeneidad, dependencia de sección cruzada, y lo más importante es aplicable en paneles dinámicos, es decir muestras donde se incluye la propia variable dependiente dentro de la estimación, el método de sistemas a diferencia de otros predecesores como Anderson y Hsiao (1981), Hansen (1982), y Arellano y Bond (1991), permite adecuar los niveles y las diferencias como instrumento de las variables consideradas endógenas.

No obstante, antes de proceder con la estimación de sistemas, se examina la estacionariedad del panel, para lo cual se estimó las pruebas de raíces unitarias de segunda generación que permiten controlar el efecto de la dependencia de sección cruzada entre las

unidades, las pruebas aplicadas fueron la prueba de regresión aumentada CADF de Pesaran (2007) y la prueba de Herwartz y Siedenburg (2008), cuyos resultados se pueden observar a mayor detalle en la Tabla 9.

En primer lugar, esta tabla refleja los resultados obtenidos para la prueba CADF de Pesaran (2007), donde la variable crecimiento económico logra ser estacionaria al aplicarse la primera diferencia, y de igual manera logran serlo la I+D, capital físico, capital humano, inflación, derechos de propiedad, y la contaminación ambiental, ya que el valor z calculado es mayor a los valores críticos.

**Tabla 9**

*Pruebas de raíz unitaria*

CADF Pesaran (2007)					Herwartz y Siedenburg (2008)
Variables	t-bar	Valor critico %			valor-p
		0,10	0,05	0,01	
Crecimiento económico	-1,68	-2,00	-2,07	-2,19	0,02
Investigación y desarrollo	-1,80	-2,00	-2,07	-2,19	0,01
Capital físico	-1,48	-2,00	-2,07	-2,19	0,03
Capital humano	-1,33	-2,00	-2,07	-2,19	0,04
Inflación	-2,16	-2,00	-2,07	-2,19	0,04
Derechos de propiedad	-1,55	-2,00	-2,07	-2,19	0,02
Contaminación ambiental	-1,27	-2,00	-2,07	-2,19	0,03

Nota. El valor crítico muestra el nivel confianza al 90%, 95%, y 99%

Por otro lado, la prueba de Herwartz y Siedenburg (2008) refleja que con las primeras diferencias se logra obtener estacionariedad al obtener valores por debajo de 0,05. Cabe mencionar que, aparte de las diferencias, en las dos pruebas se aplicó dos rezagos, lo que demuestra que los rezagos y las primeras diferencias son significativas, y dado que el método

GMM-SYS usa niveles y diferencias como instrumentos, este se justifica completamente los resultados obtenidos por las pruebas.

Una vez dicho esto, se procedió a estimar la regresión final de sistemas en dos etapas de manera global y por grupos de países, cuyos resultados se encuentran resumidos en la Tabla 10, tanto a nivel global como en la muestra de países miembros y no miembros de la OCDE se consideró las variables crecimiento económico, investigación y desarrollo, capital humano y capital físico como variables endógenas, y como variables exógenas a las variables: inflación, derechos de propiedad, contaminación ambiental, y una variable dummy de tiempo ficticia que aporta exogeneidad instrumental.

**Tabla 10***Regresión GMM-Sistemas por grupos de países*

<b>Crecimiento económico</b>	<b>Global</b>	<b>OCDE</b>	<b>No OCDE</b>
L2. Crecimiento económico	0,14*** (4,36)	0,15*** (6,19)	0,22*** (9,76)
Investigación y desarrollo	0,09* (2,13)	0,13*** (3,67)	-0,15*** (-4,55)
Capital físico	0,69*** (25,42)	0,73*** (34,92)	0,67*** (47,79)
Capital humano	0,41*** (3,48)	0,267*** (3,66)	-0,05 (-0,73)
Inflación	-0,00 (-1,21)	-0,017*** (-8,66)	-0,00 (-0,99)
Derechos de propiedad	0,01 (0,13)	-0,035 (-1,20)	0,24*** (6,19)
Contaminación ambiental	-0,06** (-3,10)	0,03*** (3,41)	-0,02*** (-7,58)
t2018	-0,02 (-1,92)	0,00 (0,45)	0,08*** (5,44)
Constante	1,56*** (4,50)	1,15** (3,21)	2,29*** (14,61)
Observaciones	852,00	420,00	432,00
Arellano-Bond prueba AR (1)	0,12	0,96	0,59
Arellano-Bond prueba AR (2)	0,00	0,01	0,01
Prueba de Sargan	0,57	0,22	0,09
Prueba de Hansen	0,09	0,15	0,27

\* Indica valores significativos  $p < ,05$ ; (\*\*) valores muy significativos  $p < ,01$ ; (\*\*\*) valores altamente significativos  $p < ,001$

La variable crecimiento económico rezagada dos veces se incluyó como regresora, y se observa que esta es estadísticamente significativa tanto de manera global, como por grupos de

países, lo cual refleja que la endogeneidad fue resuelta, y que el crecimiento económico puede ser significativo en todos los grupos aun cuando existe un periodo desfazado, esta situación se ve mayormente explicada por los países no miembros de la OCDE donde se obtiene un coeficiente mayor.

Por otro lado, la variable de mayor interés para este trabajo, la investigación y desarrollo es estadísticamente significativa y explica el crecimiento económico en el grupo global y en los países miembros de la OCDE, mientras que en los países no miembros esta resulta significativa, pero tiene un efecto negativo. En el modelo de crecimiento económico endógeno existe la premisa de que los países alcanzan un estado de crecimiento cuando existe mayor innovación y también un libre acceso a la tecnología.

Sin embargo, este supuesto no es del todo cierto en el panorama actual, el desarrollo e innovación en las grandes economías están muy por delante de países en vías de desarrollo, pues al analizar la composición de los países usados se puede observar que el 89% de países miembros de la OCDE son de alto ingreso, mientras que la mayoría de los no miembros son de ingresos medios altos y medios bajos, lo cual explica que los países que se integran bajo las mismas condiciones económicas lograrían cumplir con una mejor distribución de la tecnología.

La OCDE desde la década del 70 interviene mediante el Comité para Políticas Científicas y Tecnológicas con el fin del intercambio eficaz de tecnología para contribuir a mejoras económicas, sociales y científicas, y el desarrollo sustentable, mientras que salvo por el grupo de los BRICs, el resto de países que conforman los no miembros no cuentan con un plan de integración fuerte como lo tiene la OCDE.

Continuando con la variable capital físico, esta demuestra ser estadísticamente significativa para todos los grupos de países, pero es más representativa para explicar el crecimiento económico en el grupo de la OCDE, esto concuerda con el resultado obtenido anteriormente, bajo el supuesto de que las externalidades tecnológicas positivas derivadas de

un aumento del factor capital, mientras que, aunque en los países no miembros el aumento es significativo este es menor de lo que representa los países miembros.

Continuando, bajo la teoría de crecimiento endógeno, el stock de capital humano es tan importante como el stock de capital físico, pues cuanto más elevada sea la especialización de la mano de obra según sus años de educación y competencias laborales mayores serán las tasas de crecimiento, ya que se esperaría que la producción sea de mayor valor agregado, rápida y eficiente.

Este supuesto es corroborado en el grupo de la OCDE, ya que se obtiene un coeficiente significativo, pero en los países no miembros no existe ninguna relación, lo que deja a flote que la interacción entre las variables del modelo de crecimiento endógeno tiende a cumplirse para el grupo integrado de la OCDE, mientras que para la muestra de países no miembros la interacción en conjunto no arroja resultados que permita aceptar esta hipótesis.

La inflación por su parte demuestra que solo en el grupo de la OCDE esta causa el decrecimiento del producto interno, y no existe significancia en el resto de muestras. Al analizar los derechos de propiedad se evidencia que no hay evidencia significativa que permita hacer una inferencia en el grupo de países de la OCDE, pero si en los países no miembros, donde la relación con el crecimiento económico es negativa, situación que se podría ver explicada por la falta de confianza en el cumplimiento de las leyes de propiedad por parte de los gobiernos en vías de desarrollo.

Por último, la contaminación ambiental demuestra un comportamiento negativo para con el PIB en el grupo de países no miembros, sin embargo, en el grupo de la OCDE este logra aumentar de manera demasiado tenue el crecimiento económico, esto podría explicarse debido a que en estos grupos la manufactura aún se encuentra ligada en gran manera al uso de energías no renovables, pero en el caso de los miembros ha existido un mejor manejo de sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

Una vez realizado el análisis de la regresión en dos etapas con la corrección de endogeneidad, se procedió a complementar los resultados obtenidos mediante la prueba de causalidad, aunque estos efectos causales son propios de las series de tiempo, Dumistrech y Hurlin (2012) diseñaron la manera de relacionar variables en datos panel, en donde los valores pasados de X son predictores del valor actual de Y, y también del valor pasado de Y sí es incluido en el modelo.

Sin embargo, en presencia de dependencia transversal, se recurre a estimar el método mediante simulaciones de Monte Carlo, según Lopez y Weber (2017) esta prueba se desempeña bien en paneles cortos, por lo cual, en la Tabla 11 se describe cada una de las entradas y salidas de las variables para con la dependiente, cabe mencionar que se configuro el conteo de repeticiones, originalmente esta se encuentra en 1000, pero debido al excesivo tiempo de respuesta por variable se disminuyó el conteo a 250.

**Tabla 11**

*Prueba de Causalidad Dumistrech-Hurlin (Bootstrap=250)*

<b>Relación</b>	<b>Z-bar</b>	<b>Valor-p</b>
Crecimiento económico → investigación y desarrollo	0,79	0,91
investigación y desarrollo → crecimiento económico	12,14	0,04
crecimiento económico → Capital físico	9,39	0,15
Capital físico → crecimiento económico	16,07	0,05
crecimiento económico → Capital Humano	3,45	0,65
Capital Humano → crecimiento económico	22,04	0,00
crecimiento económico → inflación	6,05	0,13
inflación → crecimiento económico	4,66	0,33
crecimiento económico → Derechos de propiedad	2,22	0,70
Derechos de propiedad → crecimiento económico	15,15	0,04
crecimiento económico → contaminación ambiental	3,84	0,45
contaminación ambiental → crecimiento económico	12,54	0,04

Los resultados obtenidos demuestran que existe una relación unidireccional entre el crecimiento económico y la investigación y desarrollo, siendo esta última la que provoca el crecimiento del producto, por otro lado, la variable capital físico también tiene una relación unidireccional para con el crecimiento económico, pero esta para con el stock de capital no, por último, la variable capital humano también posee una relación unidireccional.

Al considerar variables exógenas a este modelo, se observa que la inflación, no tiene un efecto en el crecimiento económico, mientras que las variables derecho de propiedad, y la contaminación ambiental si logran tenerlo. Por lo que se puede concluir que las variables propias del modelo tienen un efecto simultaneo para explicar el crecimiento de un país en una dirección, y el efecto que pueden tener otras variables pueden coincidir con el comportamiento del modelo original, por lo que tienen un buen ajuste en general.



## **g. DISCUSION DE RESULTADOS**

### **Discusión de resultados del objetivo específico 1**

*Analizar la evolución y correlación entre el gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico por grupos de países a nivel global, periodo 2005-2018.*

La discusión del específico 1, se realiza en base a los resultados obtenidos en el análisis. Los resultados de la evolución del crecimiento económico y la I+D a nivel global, periodo 2005-2018, mantiene una sucesión de acuerdo a la historia económica. Asimismo, los resultados de la correlación de las variables mencionadas se basan en estudios recientes sobre el crecimiento endógeno.

Los resultados muestran que a nivel global el crecimiento económico como la I+D, presenta un comportamiento Constante a través del tiempo, lo mismo para los países que pertenecen a la OCDE y los que no pertenecen a este organismo. Desde estos resultados, se puede afirmar que con el paso de los años el crecimiento económico de los países ha venido en aumento, esto se puede deber a los nuevos descubrimientos desprendidos del I+D, que conllevan a mejoras de la productividad, sin embargo, si se analizaría por separado cada economía podría distinguirse diferentes características y los diversos estadísticos que han padecido cada una de las economías.

Las Naciones Unidas (2018) indican que en el año 2016 el crecimiento económico fue de 2,4%, en cambio, ya para el año 2017 aumento en 0,6 puntos alcanzando el 3,0% local es una aceleración fuerte de la economía. En cuanto a regiones, según el Banco Mundial (2018) ya para el año 2018, la región con mayor crecimiento fue Asia Meridional con 6,9% seguido Asia Oriental y el Pacífico con 6,3%, Europa y Asia Central de 3,2%, África al Sur de Sahara fue de 3,1%, en Oriente Medio y Norte de África fue de 3%, en último lugar en América Latina y el Caribe se ubicó 1,7%. En base a esta información, podemos evidenciar que a pesar de que el crecimiento económico en los últimos años fue creciente, aún existen las brechas

diferenciales de crecimiento entre regiones, lo cual puede deberse a la desigualdad productiva y tecnológica.

Estos resultados concuerdan con los estudios de Futagami y Iwaisako (2007) quienes encontraron que el crecimiento económico tiene gran relación con la creación de patentes a través de un modelo de crecimiento endógeno con rendimientos de escala crecientes, resultados que coinciden con los de Maradana, et al (2017) en su estudio realizado para Estados Unidos, encontrando tendencia entre el crecimiento económico y la innovación. La relación que mantiene el crecimiento económico con la innovación concuerdan con los resultados encontrados por Iwaisako y Futagami (2013) que mencionan que la protección de la patente aumenta el flujo de ganancias obtenido por la innovación.

En los resultados de Chu (2009), se concluye que el bloqueo de las patentes por propiedad intelectual, limita la inversión en I+D, lo que conlleva a la acumulación de capital y una reducción de las tasas de crecimiento económico en el largo plazo. En este sentido, Klein (2020) en sus recomendaciones incluye estimular la generación de patentes por parte del Gobierno para incentivar la innovación y la inversión en I+D, a pesar de si no existe un estímulo con buen retorno a la inversión, se guarden los secretos sin generar beneficios para los que fueron creados.

Para los países pertenecientes a la OCDE, el crecimiento económico tiende a ser positivo, a diferencia de los países que no pertenecen a la mencionada organización, esta característica guarda relación más significativa para los países pertenecientes a la OCDE, esto se da debido a las políticas económicas que cumplen los países miembros de esta organización. Característica de acuerdo a los resultados de Coe y Helpman (1995) que concluyen que la inversión en I+D tiene mejores resultados en los países más abiertos al comercio internacional y con mayor capital humano, ya que todo ello facilita que el país absorba mejor las externalidades tecnológicas.

El crecimiento económico aumento a medida que se incrementa la I+D en los países en estudio. Para Tuna, Kayacan y Bektaş (2015) el rubro de inversiones en I+D es un componente indispensable del crecimiento económico. Sin embargo, cabe recalcar que para los países que no pertenecen a la OCDE esta correlación tiene a disminuir con el paso de los años. Resultados que concuerdan de acuerdo con Jones (2002), quien otorga un aumento en el stock de ideas producidas por los investigadores.

Este resultados al igual que los de Lederman y Maloney (2003), según los cuales sería posible que los altos coeficientes encontrados en la literatura correspondieran en parte a respuestas positivas del I+D ante shocks de demanda, en lugar de una influencia del I+D sobre la productividad. De igual forma con García (2007) incluye a un amplio grupo de países, tanto industriales como en vías de desarrollo concluyendo que el gasto en I+D se encontraría fuertemente correlacionado a la riqueza de los países. La interacción entre inversiones en capital y gastos en I+D ha sido tratada también en numerosas investigaciones y se ha llegado a conclusiones diversas: una relación positiva y bidireccional (Chiao, 2001).

## **Discusión de resultados del objetivo específico 2**

*Determinar la incidencia del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico a nivel global, periodo 2005-2018.*

En cuanto a los resultados para este objetivo específico, partiendo de la ecuación base de MCO para determinar la multicolinealidad, de lo cual resultó que no existe una relación de multicolinealidad significativa entre las variables predictoras de este modelo econométrico. El mejor estimador resultó ser por efectos fijos, se evaluó la presencia de este problema con la prueba de autocorrelación serial de Wooldridge (2002), de lo que se puede concluir que sin considerar las variables de control a nivel global y por grupos de países existe la presencia de autocorrelación entre los errores y se determinó la existencia de heterocedasticidad en todas las variables.

Una vez realizado el tratamiento de los datos y detectados los problemas de autocorrelación y heterocedasticidad característicos de los modelos de datos de panel, se estima una regresión FGLS con el objetivo de evaluar la incidencia de la investigación y desarrollo en el crecimiento económico, sin incluir las demás variables y de esta manera, evaluar la teoría propuesta por Romer (1990) y otros autores. La regresión FGLS es capaz de determinar estimadores consistentes en presencia de autocorrelación y heterocedasticidad, incluso de dependencia en las secciones transversales.

Los resultados obtenidos indican que las variables son estadísticamente significativas a nivel global, así como para los países que pertenecen a la OCDE y también para los que no pertenecen a mencionado organismo. La I+D a nivel global, no logra ser estadísticamente significativa al momento de explicar el crecimiento económico, lo mismo para los países pertenecientes a la OCDE. En cambio, para los países que no pertenecen a la OCDE, si existe una relación que aunque no es fuerte, es significativa, resultados concordantes con Coe, Helpman y Hoffmaister (1997) que verifican que no hay una inversión insignificante de los países desarrollados en I+D, en relación con la capacidad de sus economías, por lo que los rendimientos obtenidos de estas inversiones son fundamentales y que los retornos de la I+D en los países en desarrollo están por encima de los de los países industrializados, lo que admite un aporte significativo para impulsar las inversiones en innovación. Estos resultados son contrarios a los hallazgos de Inekwe (2015) en los que resulta que el efecto de la I+D en el crecimiento económico es negativo e insignificante.

En cuanto a las variables de control, el capital físico logra explicar el crecimiento económico para todos los grupos de países, en cambio, para esta variable sus coeficientes son exageradamente altos. Como lo muestran los resultados de Chiao (2001), que existe una causalidad de Granger entre la I+D y la inversión de capital físico, además que la demanda esperada es un determinante importante para los gastos de I+D y la inversión de capital físico.

Al igual, Jorgenson, Ho, y Stiroh (2005) sus resultados ratifican la creciente aportación de la inversión en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Lo contrario ocurre para el capital humano que, aunque sea significativa en todos los grupos, su relación es mínima. Los resultados de Porter y Stern (2000) implican que la I+D desarrolla la productividad de manera proporcional al número de ideas ya descubiertas. Asimismo, De la Fuente y Doménech (2006) y Lucas (1988) el capital humano de los países receptores, asume un aporte positivo al ritmo de crecimiento. En este mismo sentido, Borondo (2008) concluye que una fuente clave de crecimiento de la productividad es el stock de conocimientos. Con la regresión corregida del método GLS el I+D, resulto ser insignificante a comparación del resto de variables, sin embargo, para Inekwe (2015) sin capital humano, no hay impacto de la I+D en la productividad. Al contrario, los resultados de Zhou y Xia (2010) muestran que no encontraron efectos positivos del Capital Humano en la productividad, sino que solo sirve como dispositivo de asimilación.

Se comprobó que exista endogeneidad de lo cual resulta que para el grupo global la variable dependiente se encuentra altamente correlacionada con el termino de error; mientras que, en el grupo de países pertenecientes a la OCDE aparte de la dependiente, la investigación y desarrollo y el capital físico muestran un proceso endógeno, se repite en el grupo de países que no pertenecen a la OCDE. Esto muestra similitud con Goel, Payne, y Ram (2008) sus resultados indican que el gasto en I+D aumenta el crecimiento del PIB a largo plazo. Al igual que Horvath (2011) quienes encontraron un efecto positivo de la I+D sobre el PIB real. Asimismo, Bayarcelik y Taşel (2012) descubrieron que los gastos en I+D tienen una influencia positiva y significativa en el PIB.

### **Resultados del objetivo 3**

*Determinar y analizar el efecto que tiene la I+D considerando otros factores económicos que inciden en el crecimiento económico a nivel global periodo 2005-2018.*

La discusión de este objetivo específico, mantiene amplia información sobre los resultados mostrados anteriormente, debido a que los métodos utilizados anteriormente fueron insuficientes para corregir la correlación del término de error con las variables teóricas que se consideraron como endógenas, para proceder en presencia de autocorrelación, heterogeneidad, dependencia de sección cruzada, se procedió a usar el método GMM-SYS, método que resulta aplicable en paneles dinámicos.

El crecimiento económico, después de su respectivo tratamiento de rezagarla dos veces, fue incluida como variable regresora y resultó ser estadísticamente significativa tanto de manera global, como por grupos de países, lo cual refleja que la endogeneidad fue resuelta, y que el crecimiento económico puede ser significativo en todos los grupos. En semejanza con los resultados del estudio realizado por Tsaurai (2017) para Hungría, en el que encuentro que el gasto en I+D sí conduce al crecimiento económico. También según los hallazgos de Horvath (2011) existe un efecto positivo y robusto de la I+D en el crecimiento económico.

La I+D, siendo la variable de mayor interés en nuestro estudio es estadísticamente significativa y explica el crecimiento económico en el grupo global y en los países miembros de la OCDE, igualmente en los países no miembros esta resulta significativa. Lo cual coincide con los resultados de quien aplicando el GMM muestra que los gastos en I+D contribuyen significativamente al crecimiento económico, también Gumus y Celikay (2015) que señalaron que los gastos en I+D estimulan la actividad de producción del PIB real. Similarmente, en un estudio para países de la OCDE realizado por Bassanini, Scarpetta, y Hemmings (2001) se muestra un significativo aporte de la I+D en el crecimiento económico.

Continuando con la variable capital físico, esta demuestra ser estadísticamente significativa para todos los grupos de países. En los resultados obtuvimos que, en el grupo de la OCDE, ya que se obtiene un coeficiente significativo, lo que deja a flote que la interacción entre las variables del modelo de crecimiento endógeno tiende a cumplirse para el grupo

integrado de la OCDE, de acuerdo con Guloglu y Tekin (2012), existe una relación significativa y positiva entre I+D y crecimiento económico, y crecimiento económico e innovación para los países pertenecientes a la OCDE. En los países no miembros no existe ninguna relación, lo que puede deberse a que según Gumus y Celikay (2015) en los países en desarrollo puede esta variable ser significativa en el largo plazo.

La inflación por su parte demuestra que solo en el grupo de la OCDE esta causa el decrecimiento del producto interno, y no existe significancia en el resto de muestras. Lo cual concuerda con Tsaurai (2017) que informó que los gastos en I+D mejoran el crecimiento económico al impulsar la actividad económica. Los derechos de propiedad en los países no miembros, donde es negativa la relación con el crecimiento económico y la contaminación ambiental, demuestra un comportamiento negativo para con el PIB, ya que para Lederman y Maloney (2003) los esfuerzos en I+D aumentan según el nivel de desarrollo de los países sin embargo, en el grupo de la OCDE este logra aumentar de manera demasiado tenue el crecimiento económico, una relación unidireccional entre el crecimiento económico y la I+D.

Chiao (2001) que concluye que la interacción entre inversiones en capital y gastos en I+D tienen una relación positiva y bidireccional ninguna conexión a corto, pero sí a largo al igual que Mairesse y Siu (1984); y que I+D causa inversiones en capital, pero no viceversa según Lach y Rob, (1996). la variable capital físico también tiene una relación unidireccional para con el crecimiento económico. La variable capital humano también posee una relación unidireccional. la inflación, no tiene un efecto en el crecimiento económico, mientras que las variables derecho de propiedad, y la contaminación ambiental si logran tenerlo.

La contaminación ambiental causa un efecto negativo en el crecimiento económico para los países no miembros, en cambio para los países miembros de la OCDE si contribuye a aumentar el crecimiento económico, así como lo menciona Hassan, Zaman y Gul (2015) que en Pakistan existe una relación positiva significativa entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB, así

mismo, según Alvarado, Ponce, et al. (2018) indican que la curva medioambiental de Kuznets se cumple en los países de ingresos altos y países de ingresos medios altos. Para Hillel , Mahalik, Shahbaz, y Nasir (2020) los gastos en I+D ayudan a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, enfatizando que no se estimula el crecimiento económico, sino que sirve para reducir las emisiones.



## **h. CONCLUSIONES**

- \* Se analizó y evaluó el efecto de la investigación y desarrollo en el crecimiento económico para 71 países pertenecientes y no pertenecientes a la OCDE, mediante el uso de técnicas econométricas, se buscó brindar una nueva aproximación al planteamiento teórico y práctico del crecimiento económico explicado por la producción de alta innovación y el gasto en I+D llevado a cabo dentro de estos países.
- \* En el periodo 2005-2018 los resultados indican que tanto el crecimiento económico como la I+D presentan un comportamiento constante en el conjunto global de países. Mientras que, en los países pertenecientes a la OCDE, el crecimiento económico tiende a ser ligeramente positivo, aunque sin alejarse de la tendencia global, sin embargo, para los países no miembros este comportamiento se presenta negativa levemente.
- \* Del análisis de correlación se pudo determinar que existe una correlación positiva entre las variables de interés de esta investigación, tanto a nivel global como para los países pertenecientes. Sin embargo, para los países que no pertenecen a la OCDE se puede notar mayor dispersión, esto puede ser debido a la condición socio-económica que presenta la mayoría de países y su rezago en comparación con los países pertenecientes a mencionado organismo.
- \* El método de análisis econométrico mostró que la I+D no logra ser estadísticamente significativa para explicar el crecimiento económico ni para los países pertenecientes a la OCDE ni a nivel global, mientras que en el grupo de países no pertenecientes a la OCDE si existe una relación, pero negativa, lo cual se debe a que el gasto en I+D debería ser complementado con la patentación, para que surja un efecto positivo. En cuanto al resto de variables, el capital físico explica con altos valores el crecimiento económico para todos los grupos de países, de esta manera, el capital humano explica el crecimiento económico en todos

los grupos de países. No obstante, debido a las complicaciones estadísticas estos resultados se inhabilitaron para dar paso a una estimación que recoja dichos problemas.

- \* Mediante la estimación GMM System de dos pasos se logró determinar que la I+D es estadísticamente significativa para explicar la dinámica del crecimiento económico en todos los grupos de países, aunque, en los países no miembros existe un efecto negativo. Lo que deja a flote la situación de los países que se encuentran más rezagados a comparación de los miembros OCDE, puesto que denota aun una brecha tecnológica que repercute directamente en la forma de producción de estos.
- \* Se determinó que, dentro de las variables de control, el capital físico y el capital humano son estadísticamente significativos para todos los grupos de países, pero son más representativos en el grupo de miembros de la OCDE. Asimismo, la inflación solo es significativa para el grupo de la OCDE, aunque con efecto contrario. Por otra parte, la contaminación ambiental causa un efecto negativo en el crecimiento económico para los países no miembros, en cambio para los países miembros de la OCDE si contribuye a aumentar el crecimiento económico. Esta relación inversa en los países no pertenecientes a la OCDE se da en virtud del plazo de estudio, en similitud con el efecto de la Curva Medioambiental de Kuznets, debido a que los países pertenecientes a la OCDE si aplican políticas de sustentables con el medioambiente.
- \* Se pudo comprobar que existe una relación unidireccional entre el crecimiento económico y la I+D, igualmente, el capital físico y el capital humano tienen una relación unidireccional para el crecimiento económico. Por otro lado, la inflación no tiene un efecto en el crecimiento económico pero el derecho de propiedad y la contaminación ambiental sí.
- \* Finalmente, se puede aclarar que con base en los resultados que se obtuvo, se obtiene nueva evidencia acerca del tema de estudio de algunos autores como Lucas (1988), Romer (1990), Grossman y Helpman (1991). Dicho esto, este estudio destaca la importancia de los factores innovativos en el crecimiento económico de los países miembros de la OCDE en la actualidad.

## **i. RECOMENDACIONES**

- \* Dada la presencia de un efecto de la I+D sobre el crecimiento económico, se propone de manera conjunta que todos los países seleccionados en el presente estudio, prioricen sus recursos económicos en la inversión de I+D.
- \* Adicionalmente, incrementar la inversión en variables que fortalecen el crecimiento endógeno, tales como, capital humano, innovación y capital físico como patrones que sirvan para la asimilación de la I+D y conllevan a la mejora de la productividad. De forma general, al ver que todos los grupos de países mantienen un comportamiento similar, se recomienda se reestructure la matriz productiva, apostando a una inversión a largo plazo.
- \* Por otro lado, en vista de que la I+D es significativa para el crecimiento económico en los países que no pertenecen a la OCDE, lo cual puede deberse al impacto positivo que puede tener en estas economías la I+D, lo recomendable es que se invierta más en I+D en estas economías. Si bien, es recomendable que los países aumenten el gasto en I+D, esto no significa que se deban despreocupar de incrementar el capital físico y humano en todos los grupos de países, ya que estos factores explican el crecimiento económico en gran medida y la riqueza de los países pertenecientes a la OCDE pueden verse explicada por las variables en mención.
- \* Frente al efecto negativo que causa la inflación como variable de control, en la medición del crecimiento económico, se propone también, que los países en estudio y especialmente los que pertenecen a la OCDE, a través de la política monetaria, frenando la emisión de moneda y subiendo los tipos de interés para aumentar el ahorro, para que después sea destinado a la inversión.
- \* La variable Derechos de propiedad es significativa únicamente en los países no miembros de la OCDE, por lo tanto, estos deben fortalecer la institucionalidad en sus países dado que es un factor determinante económico importante, al ser un factor por el cual los creadores

de I+D no tienen incentivos a crear debido a que no cuentan con la seguridad jurídica ni de protección de sus creaciones.

- \* La contaminación ambiental en los países no miembros de la OCDE tiene un efecto negativo, al contrario del efecto en los países miembros. Esto se debe al comportamiento medioambiental de la curva de Kuznets. Por lo tanto, se recomienda invertir en tecnología sustentable e innovar en cuanto a las formas de producción, reduciendo el daño medioambiental.
- \* Se recomienda a futuras investigaciones, distinguir el aporte económico de la I+D pública de la privada, además, debido que para el grupo global la variable dependiente se encuentra altamente correlacionada con el termino de error, se recomienda el análisis de nuevas variables de control.

## j. BIBLIOGRAFIA

- Acemoglu, D. (1998). Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality. *The Quarterly Journal of Economics*, 1055–1089.
- Acemoglu, D., Aghion , P., & Zilibott, F. (2006 ). Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth. *Journal of the European Economic Association*, 37–74.
- Aghion , P., & Howitt , P. (1998). Endogenous Growth Theory. *MIT Press*.
- Aghion , P., & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *The Econometric Society*, 323-351.
- Akcali, B. Y., & Sismanoglu, E. (2015). Innovation And The Effect Of Research And Development (R&D) Expenditure On Growth In Some Developing And Developed Countries. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*.
- Alarcón, S., & Sánchez, M. (2009). *Las relaciones entre I+D externa e interna, inversiones de capital y rentabilidad: El caso de la industria agroalimentarias*.
- Alonso , J., & Garcimartín, C. (2008). *Acción colectiva y desarrollo: el papel de las instituciones*. Editorial Complutense, S.A.
- Alvarado, R., & Iglesias, S. (2017). Sector externo, restricciones y crecimiento economico en Ecuador. *Problemas del desarrollo*.
- Alvarado, R., & Ponce, P. (2018). Por qué importa el crecimiento económico: un análisis introductorio. *Crecimiento economico: Una mirada empirica a nivel global*, 12-21.
- Bassanini , A., Scarpetta, S., & Hemmings, P. (2001). Economic Growth: The Role of Policies and Institutions: Panel Data. Evidence from OECD Countries. *OECD Economics Department Working Papers*.

- Batabyal, A., & JickYoo, S. (2017). On research and development in a model of Schumpeterian economic growth in a creative region. *Technological Forecasting and Social Change*, 69-74.
- Bayarcelik, E., & Taşel, F. (2012). Research and Development: Source of Economic Growth. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 744–753.
- Begg, D., Fischer, S., & Dornbusch, R. (2006).
- Borondo, C. (2008). Una estimación de la ‘función de producción de ideas en España. *Estudios de Economía Política*, 43-63.
- Bosworth, B., & Collins, S. (2003). The Empirics of Growth: An Update. *Brookings Papers on Economic Activity*, 113-179.
- Breznitz, D. (2006). *Innovation-Based Industrial Policy in Emerging Economies? The Case of Israel's IT Industry*. Business and Politics.
- Cantwell, J. (1999). Innovation as the principal source of growth in the global economy. *Innovation policy in global economy*.
- Chiao, C. (2001). The relationship between R&D and physical investment of firms in science-based industries. *Applied Economics, Taylor & Francis Journals*, 23-35.
- Cho, J. H., & Sohn, S. Y. (2018). A novel decomposition analysis of green patent applications for the evaluation of R&D efforts to reduce CO2 emissions from fossil fuel energy consumption. *Department of Industrial Engineering*, 290-299.
- Churchill, S. A., Inekwe, J., Smyth, R., & Zhang, X. (2019). R&D Intensity and Carbon Emissions in the G7: 1870-2014. *Energy Economics*, 30-37.

- Coccia, M. (2012). Political Economy of R&D to Support the Modern Competitiveness of Nations and Determinants of Economic Optimization and Inertia. *Technovation*, 370-379.
- Coe , D., Helpman , E., & Hoffmaister, A. (1997). North-South R&D Spillovers. *Economic Journal*, 49-134.
- Coe , D., & Helpman, E. (1995). International R&D spillovers. *European Economic Review*, 859-887.
- Coe, D., Helpman, E., & Hoffmaister, A. (1997). North-South R&D Spillovers. *Economic Journal*, 134-49.
- Dahlman, C., Routti, J., & Ylä-Anttila, P. (2006). Finland as a Knowledge Economy : Elements of Success and Lessons Learned. *World Bank*.
- de la Fuente, A., & Doménech, R. (2006). Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make? *Journal of the European Economic Association*, 1-36.
- Dinda, S. (431-455). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecologica Economics*, 2004.
- Easterly, W., & Levine, R. (2002). It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models. *Working Papers Central Bank of Chile* 164.
- Engelbrecht , H. J. (1997). International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD economies: An empirical investigation. *European Economic Review*, 1479-1488.
- Fernández , Y., Fernández López, M., & Blanco, O. (2017). Innovation for sustainability: The impact of R&D spending on CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*.

- Frantzen, D. (2000). R&D, Human Capital and International Technology Spillovers: A Cross-Country Analysis. *Scandinavian Journal of Economics*, 57-75.
- Franzen, D. (2010). The Causality between R&D and Productivity in Manufacturing: An international disaggregate panel data study. *International Review of Applied Economics*, 125-146.
- Fraumeni , B., & Okubo , S. (2005). R&D in the National Income and Product Accounts: A First Look at Its Effect on GDP. *Measuring Capital in the New Economy, NBER and the University of Chicago Press*. .
- Freeman , C., & Soete, L. (1997). The Economics of Industrial Innovation, Third Edition. *Cambridge: MIT Press*.
- Freimane, R., & Bāliņa , S. (2016). Research and Development Expenditures and Economic Growth in the EU: A Panel Data Analysis. *Economic and Business*.
- Furman, J., Porter, M., & Stern, S. (2002). The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 899-933.
- García, Á. (2007). Investigación y Desarrollo: Impacto sobre Productividad y Determinantes”. Chile.
- Goel, R., Payne , J., & Ram, R. (2008). R&D expenditures and U.S. economic growth: A disaggregated approach. *Journal of Policy Modeling*, 237-250.
- Gómez, M. (2011). Duplication externalities in an endogenous growth model with physical capital, human capital, and R&D. *Economic Modelling*, 181-187.
- Griliches, Z. (1992). The Search for R&D Spillovers. *The Scandinavian Journal of Economics*, 29-47.



- Grossman , G., & Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. MIT Press.
- Guellec , D., & Van Pottelsbergue , B. (2001). The effectiveness of public policies in R&D. *Revue d'Economie Industrielle*, 49-68.
- Guloglu, B., & Tekin, R. (2012). A Panel Causality Analysis of the Relationship among Research and Development, Innovation, and Economic Growth in High-Income OECD Countries. *Eurasian Economic Review*.
- Gumus, E., & Celikay, F. (2015). R&D Expenditure and Economic Growth: New Empirical Evidence. *Margin—The Journal of Applied Economic Research*.
- Hall, R., & Jones, C. (1999). Why do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker than Others? *The Quarterly Journal of Economics*, 83-116.
- Hasan , I., & Tucci, C. (2010). The innovation-economic growth nexus: Global evidence. *Research Policy*, 1264-1276.
- Hilled , E., Mahalik, M., Shahbaz, M., & Nasir, M. (2020). UK's net-zero carbon emissions target: Investigating the potential role of economic growth, financial development, and R&D expenditures based on historical data (1870–2017). *Technological Forecasting & Social Change*.
- Horvath, R. (2011). Research & development and growth: A Bayesian model averaging analysis. *Economic Modelling*, 2669-2673.
- Howitt , P., & Aghion , P. (1998). Endogenous growth theory. *Journal of Economic Growth*, 111-130.
- Inekwe, J. (2015). The Contribution of R&D Expenditure to Economic Growth in Developing Economies. *Social Indicators Research*, 727–745.

- Johnson, S. (2010). *Where Good Ideas Come From: The Natural History of Innovation*. London: Penguin.
- Jones, C. (1995). R & D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 759-784.
- Jones, C. (2002). Sources of US Economic Growth in a World of Ideas. *American Economic Review*, 220-239.
- Jorgenson, D., Ho, M., & Stiroh, K. (2005). Growth of U.S. Industries and Investments in Information Technology and Higher Education. *Measuring Capital in the New Economy*, 403-478.
- Kaufmann, D., & Kraay, A. (2002). Growth without Governance. *Open Journal of Political Science*, 169-229.
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2009). Governance Matters VIII: Aggregate And Individual Governance Indicators 1996-2008. *World Bank Policy Research Working Paper No. 4978*.
- Ki-Hoon, L., & Byung, M. (2015). Green R&D for eco-innovation and its impact on carbon emissions and firm performance. *Journal of Cleaner Production*.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Harvard Business School Press.
- Kirzner, I. (1995). *Creatividad, capitalismo y justicia distributiva*. Madrid: Unión Editorial S.A.
- Koçak , E., & Ulucak, Z. (2019). The effect of energy R&D expenditures on CO 2 emission reduction: estimation of the STIRPAT model for OECD countries. *Environ. Sci. Pollut.*

- Komen, M., Gerking, S., & Folmer, H. (1997). Income and environmental R&D: empirical evidence from OECD countries. *Environment and Development Economics*.
- Lach, S., & Rob, R. (1996). R&D, Investment, and Industry Dynamics. *Journal of Economics and Management Strategy*.
- Lederman, D., & Maloney, W. (2003). R&D and Development. *Research policy working paper, The World Bank*.
- Lim, Y. (1999). *Technology and Productivity: The Korean Way of Learning and Catching Up*. By Youngil Lim. Cambridge, Massachusetts: Enterprise & Society.
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 3-42.
- Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 3-42.
- Mairesse, J., & Siu, A. (1984). An Extended Accelerator Model of R&D and Physical Investment. *University of Chicago Press*.
- Mairesse, J., & Hall, B. (1996). Estimating the productivity of research and development in French and United States manufacturing firms: an exploration of simultaneity issues with GMM, in van Ark, B., Wagner, K. (eds). *International Productivity Differences, Measurement, and Explanations*. Elsevier North-Holland.
- Maradana, R., Pradhan, R., Dash, S., Gaurav, K., Jayakumar, M., & Chatterjee, D. (2017). Does innovation promote economic growth? Evidence from European countries. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1-23.
- Mattalia, C. (2012). Human capital accumulation in R&D-based growth models. *Economic Modelling*, Elsevier, 601-609.

- Mill, J. (1848). *Historia Del Pensamiento Económico*.
- Minniti, A., & Venturini, F. (2017). The long-run growth effects of R&D policy. *Research Policy*, 316–326.
- Pop Silaghi, M., Alexa, D., Jude, C., & Litan, C. (2014). Do business and public sector research and development expenditures contribute to economic growth in Central and Eastern European Countries? A dynamic panel estimation. *Economic Modelling*, 108-119.
- Porter, M., & Stern, S. (2000). Measuring the ‘Ideas’ Production Function: Evidence from International Patent Output. *Sloan School of Management*.
- Pradhan, R., & Sahoo, P. (2012). Innovation, financial development and economic growth in Eurozone countries. *Applied Economics Letters*.
- Ricardo, D. (1817). *Principios de Economía Política y Tributación*. Madrid: Piramide.
- Romer, P. (1986). Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. *The American Economic Review*, 56-62.
- Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 1002-1037.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, 98.
- Rouvinen, P. (2002). R&D—productivity dynamics: causality, lags, and ‘dry holes’. *Journal of Applied Economics*, 123-156.
- Samimi, A. J., & Alerasoul, S. M. (2009). R&D and Economic Growth: New Evidence from Some Developing Countries. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3464-3469.

- Schumpeter, J. (1963). *Teoría del desenvolvimiento económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Sequeira, T. (2008). On the effects of human capital and R&D policies in an endogenous growth model. *Economic Modelling*, 968-982.
- Shahbaz, M., Nasir, M., & Roubaud, D. (2018). Environmental degradation in France: The effects of FDI, financial development, and energy innovations. *Energy Economics*, 843-857.
- Shahbaz, M., Rashid, S., Loganathan, N., & Talat, A. (2015). The Effect of Urbanization, Affluence and Trade Openness on Energy Consumption: A Time Series Analysis in Malaysia. *Munich Personal RePEc Archive*.
- Shultz, T. (1961). Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, 1-17.
- Smith, A. (1776). *La Riqueza De Las Naciones*. Londres.
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 65-94.
- Tamazian, A., Chousa an, J., & Vadlamannati, K. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: Evidence from BRIC countries. *Energy Policy*, 246-253.
- Trajtenberg, M. (2000). R&D Policy in Israel: An Overview and Reassessment. *National Buereau of Economic Research*.
- Tsaurai, K. (2017). Scaling up innovation: does research and development have a role to play in economic growth? A case of Hungary. *Inderscience Online Journals*.

- Tuna, K., Kayacan, E., & Bektaş, H. (2015). The Relationship Between Research & Development Expenditures and Economic Growth: The Case of Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 501-507.
- Veugelers , R., & Schweiger , H. (2016). Innovation policies in transition countries: one size fits all? *Economic Change and Restructuring*, 241–267.
- Wang, Q., & Zhang, F. (2020). Does increasing investment in research and development promote economic growth decoupling from carbon emission growth? An empirical analysis of BRICS countries. *Journal of Cleaner Production*.
- Waring , G. (1996). Industry Differences in the Persistence of Firm-Specific Returns. *The American Economic Review*, 1253-1265.
- Xiong , L., & Qi, S. (2018). Financial Development And Carbon Emissions In Chinese Provinces: A Spatial Panel Data Analysis. *The Singapore Economic Review*, 447-464.
- Zhou , L., & Xia , L. (2010). How R&D investments influence TFP growth: Evidence from China's large and medium-sized industrial enterprises. *Frontiers of Economics in China volume*.
- Zafar, M. W., Shahbaz, M., & Hou, F. (2018). From Nonrenewable to Renewable Energy and Its Impact on Economic Growth: The role of Research and Development Expenditures in Asia-Pacific Economic Cooperation Countries. *Journal of Cleaner Production*.

**k. ANEXOS**

**Anexo 1.**

**PROYECTO DE INVESTIGACION APROBADO**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
CARRERA DE ECONOMÍA**

**TITULO:**

“Efecto de la investigación y desarrollo en el crecimiento económico: nueva evidencia a nivel global, periodo 2005-2018”.

**AUTOR:**

Autor: María Emilia Sotomayor Celi

**Loja-Ecuador**

**2021**

**1. Tema**

“Efecto de la investigación y desarrollo en el crecimiento económico: nueva evidencia a nivel global, periodo 2005-2018”.

## **2. Introducción.**

El crecimiento económico, los factores que lo determinan y la producción durante varias décadas han sido el foco de estudios de varios economistas, así se amplió el conocimiento disponible sobre las causas en las diferencias de la renta entre países. A nivel global ha experimentado comportamientos cíclicos durante las últimas cinco décadas, según los indicadores del desarrollo del Banco Mundial (BM) hubo periodos de crisis mundial como el declive de la producción durante los años 70s y 80s, lo que nos deja como lección que el capitalismo moderno no está exento de crisis económicas. La Gran Depresión ocurrió en 1929 y la mayor crisis de todas que fue la del 2008. Para lograr el desarrollo, lo ideal sería mantener una tasa de crecimiento de más del 3% anual.

Alcanzar un mayor nivel de producción depende de los factores de producción y de la evolución futura de la capacidad de conocimiento. Las nuevas novedades en la capacidad de conocimientos técnicos sólo pueden mantenerse mediante invenciones e innovaciones que significan la exploración de nuevos aprendizajes y la aplicación de éstas. Para Begg, Fischer, y Dornbusch, (2006) durante el proceso de creación de invenciones, nuevos conocimientos e innovaciones, los elementos importantes son las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D).

Los gastos en I+D pueden considerarse como una inversión en nuevas tecnologías y luego se transforman en métodos de producción más eficientes para los recursos disponibles. Debido a los efectos de contagio, los beneficios potenciales de nuevas ideas no se atribuyen a las personas que realmente las innovan, y esta situación señala el hecho de que el sector privado será socialmente menos propenso a llevar a cabo actividades de I+D en un nivel óptimo, siempre que no se disponga de una intervención política. Con el fin de fomentar las actividades



de I+D del sector privado, están algunas intervenciones públicas, como medidas indirectas como los incentivos fiscales y la protección de derechos de propiedad intelectual, así como la prestación de apoyo directo, como las conveniencias de suministro y financiación (OCDE, 2004: 31).

En resumen, las actividades de I+D son generalmente aceptadas como la fuerza motriz subyacente del crecimiento económico en el modelos de crecimiento endógeno, que se basan en la I+D, y se presentaron desde la década de 1990 en base al pensamiento económico de autores como (Shultz, 1961) que destacó la importancia de la inversión en capital humano, en este argumento, el crecimiento económico tiene como principales fuentes la dotación de conocimiento y el volumen de recursos invertidos en investigación y desarrollo. En cuanto a los modelos de crecimiento endógeno, los gastos en I+D han adquirido una nueva dimensión, el sector privado y el sector público le han otorgado una gran importancia, especialmente en las últimas décadas.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el impacto del Gasto en Investigación y Desarrollo en el crecimiento económico período 2005-2018, utilizando técnicas econométricas. Primeramente, la hipótesis planteada señala que los niveles altos de gasto en innovación y desarrollo aumentan el crecimiento económico. Por esta razón, buscamos saber ¿Cuál es el impacto que tiene la investigación y desarrollo en el crecimiento económico a nivel global durante el periodo 2005-2018? Lo que diferencia a este trabajo de otros es una nueva visión a nivel global, contribuyendo a la evidencia empírica con técnicas econométricas de datos de panel.

### **3. Planteamiento del problema**

A nivel de regiones la tasa de crecimiento de Pacífico y Asia Oriental es más alta que la tasa de crecimiento de las demás y aunque su crecimiento a veces disminuya, China pronto superara a Estados Unidos como la mayor economía del mundo. En cambio, Japón enfrenta

desafíos como la sobrepoblación, el envejecimiento poblacional y la competencia con productos chinos en el mercado internacional porque incluso en el año 2015 China destacó respecto a Japón como la segunda economía mundial. América latina y el Caribe tienen un crecimiento económico inestable puesto que la mayoría de ellos tienen una prominente dependencia de los ingresos que genera el sector primario exportador según Alvarado e Iglesias (2017) siempre han tenido una fuerte dependencia de los ingresos sector primario exportador.

Analizada brevemente la problemática que incluye el tema del crecimiento económico se ha pretendido en esta investigación llegar a determinar que el gasto en investigación y desarrollo tiene un efecto positivo en el crecimiento económico a nivel global, periodo 2005-2018, mediante el uso de variables de control que traten de atrapar los efectos que se tienen en realidad.

#### **4. Alcance del problema**

La presente investigación se limitará en el análisis de la influencia del gasto en I+D en el crecimiento económico periodo 2005-2018. Se supone este periodo debido a que deberá ser en base a una nueva visión a nivel global y debido a que los resultados de inversión en I+D pueden contrastarse en el largo plazo. Este análisis utiliza tecnología de datos de panel de 71 países de todo el mundo. Debido a la falta de información, estos datos provienen de los Indicadores de Desarrollo del Banco Mundial y el Índice de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas.

#### **5. Evaluación del problema**

Hay países que dentro de las regiones por su tamaño del PIB tienen impacto significativo en el resto de países de esa región, afectando incluso al comportamiento económico global, sin embargo, esto no significa que todos los países se encuentren en el mismo nivel de desarrollo. No hay duda de que la globalización ha producido enormes ganancias de bienestar asociadas al aumento de los intercambios y a la especialización mundial. Sin embargo, no todos los países

se han beneficiado en la misma medida, lo que supone un reto para los responsables de políticas públicas por crecientes disparidades económicas. Romer P. (1990) señaló que las innovaciones tecnológicas son el resultado de actividades conscientes de los empresarios que buscan beneficios, por lo que debe haber señales e incentivos adecuados para los empresarios en el mercado para que actividades de I+D.

## **6. Preguntas de investigación**

La investigación será desarrollará teniendo en cuenta las siguientes preguntas directrices:

1. ¿Cuál es la correlación y evolución del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico mundial por grupos de países en el periodo 2005-2018?
2. ¿Qué incidencia tiene el gasto que destinan los países en investigación y desarrollo en el crecimiento económico de cada uno de ellos, durante 2005-2018??
3. ¿En el largo plazo el crecimiento económico se ve explicado por el gasto en investigación y desarrollo y las variables de control a nivel global periodo 2005-2018?

## **7. Justificación**

### **I. Justificación académica**

La Universidad Nacional de Loja brinda profesionales con conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos que aportan al desarrollo de la sociedad. Como estudiante de la carrera de Economía el presente tema de investigación “Efecto de la investigación y desarrollo en al crecimiento económico: nueva evidencia a nivel global, periodo 2005-2018” Además de ser una condición necesaria para la obtención del título de Economista, también se dará a conocer a la comunidad académica, con la finalidad de generar nuevos conocimientos como base para el debate o nuevas investigaciones, a fin de precisar que todos los conocimientos adquiridos son utilizado a lo largo de la carrera universitaria, por lo que puede cumplir con los requisitos para obtener el título de economista, de acuerdo al art. 350 de la Constitución del Ecuador, el

art. 78 de la Ley Orgánica de Educación Superior, y en cumplimiento del art. 128 del Reglamento de Régimen Académico y el Estatuto Orgánico de la Universidad Nacional de Loja el cual establece como requisito para la graduación la presentación y sustentación un trabajo de investigación (tesis de grado).

## **II. Justificación económica**

El crecimiento económico ha sido un tema de debate entre economistas y analistas durante muchos años. En los últimos años, la economía mundial se ha desacelerado drásticamente y ha habido crisis económicas en diferentes períodos. El gasto en I + D es un factor común en las economías avanzadas, por lo que es necesario evaluar la relación entre crecimiento económico y gasto en I + D para comprobar si las medidas y acciones tomadas en torno a esta relación son las mismas. Nivel de desarrollo mundial, fundamentándonos los objetivos 8 y 9 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible acordados por las Naciones Unidas, cuyo fin es alcanzar un crecimiento económico inclusivo y sostenido puede impulsar el progreso, crear empleos decentes para todos y mejorar los estándares de vida y lograr una industrialización inclusiva y sostenible, junto con la innovación y la infraestructura para promover nuevas tecnologías, facilitar el comercio internacional y permitir el uso eficiente de los recursos (PNUD, 2015).

## **III. Justificación social**

La ciencia económica ayuda a comprender los factores económicos sociales con el fin de satisfacer las necesidades que tienen las personas y los grupos humanos, orientando la forma de ser participe en la toma de decisiones, también, ayudar a utilizar de una manera eficiente los recursos de la sociedad que son escasos, al analizar este tema se busca no solo medir el impacto del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento, sino, busca brindar una perspectiva diferente al análisis económico para la toma de decisiones. Se justifica socialmente la importancia de este estudio que conlleve a profundizar el conocimiento del valor de la

educación en el crecimiento económico y en la posible toma de medidas económicas estratégicas.

## **8. Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico a nivel global en el periodo 2005 al 2018, a través de un estudio de datos panel.

### **Objetivos Específicos**

1. Analizar la evolución y correlación entre el gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico por grupos de países a nivel global, periodo 2005-2018.
2. Determinar la incidencia del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico a nivel global, periodo 2005-2018.
3. Determinar y analizar el efecto que tiene la I+D considerando otros factores económicos que inciden en el crecimiento económico a nivel global periodo 2005-2018.

## **9. Marco Teórico**

El crecimiento económico es el aumento sostenido del producto en una economía, medido por el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita en un periodo de tiempo. En términos de renta o de los bienes y servicios que la economía de un territorio produce en un tiempo determinado, el mismo que al aumentar, indica una evolución positiva de los estándares de vida de un territorio, medida que sirve para reflejar una parte importante del comportamiento de las políticas aplicadas en una economía. Si el crecimiento económico es elevado se genera un nivel de precios estable y atrae mayor demanda de bienes y servicios producidos. “El crecimiento sostenido del producto lleva a los países a conseguir los instrumentos para alcanzar el desarrollo económico en el largo plazo” (Alvarado y Ponce, 2018).

### **Antecedentes**

En algunos otros casos, es la innovación la que regula el nivel de ingresos per cápita crecimiento económico, apoyando la hipótesis de innovación-crecimiento líder en la oferta nexos. También hay circunstancias en las que la innovación y el crecimiento económico per cápita son mutuamente interdependientes. Esa es la situación en la que ambos se refuerzan a sí mismos y ofrecen apoyo a la hipótesis de retroalimentación del nexo innovación-crecimiento. Además, hay también casos en los que la innovación y el crecimiento económico per cápita son independientes el uno del otro. Esa es la situación en la que ambos son neutrales y ofrecen apoyo a la neutralidad. Hipótesis del nexo innovación-crecimiento.

Algunos trabajos sitúan el capital humano junto a la I + D como variables explicativas de la productividad según Engelbrecht (1997) y Frantzen (2000). Sus hallazgos sugieren un coeficiente sobreestimado para I + D en ausencia de capital humano. El aumento de los niveles de vida va tan unidos al progreso tecnológico que a menudo es imposible distinguirlos. Los inventos modernos permiten a los trabajadores producir mucho más. Cuando la productividad mejora, las mismas cantidades de factores de producción pueden combinarse para producir una cantidad mayor por la mejora de la tecnología.

El ritmo de cambio tecnológico depende de las decisiones de las empresas privadas. Las empresas realizan esfuerzos en mejorar los procesos de producción con el fin de aumentar la calidad o de reducir costes, proceso que se conoce como I+D de taller, por lo tanto, el ritmo de cambio tecnológico depende de las decisiones de las empresas privadas. Si les resulta, su invento les permitirá tener monopolio o también le permitirá producir un producto a costos mucho más bajos que los que ya están en el mercado como ventaja competitiva y así, cuantos más beneficios generen un invento, más está dispuesta la empresa a gastar en el esfuerzo de inventarlo. La cantidad que la empresa quiera gastar en I+D depende de la ventaja que le dé un nuevo invento. La clave para conservar la ventaja competitiva está en tener un invento que se pueda patentar y proteger la imitación.

Principalmente por los incentivos de los inventores a crear tecnología. Los cambios de los recursos dedicados a la creación de tecnología afectan a la tasa de crecimiento de la producción y el progreso tecnológico traspasa las fronteras nacionales, las barreras que impiden la transferencia de tecnología de los países ricos a los pobres.

El papel que desempeña el capital físico en el crecimiento económico, en cuanto al modelo de Solow (1956), basado en la acumulación de capital, explica que se dan diferencias entre los niveles de renta por trabajador, uno de los fallos de Solow es que es un modelo incompleto porque supone que la única causa de las diferencias de renta por trabajador entre los países son las diferencias entre sus stocks de capital por trabajador y deja de lado demás factores. La productividad, es la eficacia con la que se manejan los factores de producción. El nivel de producción varía de unos países a otros no solo porque acumulan cantidades diferentes de factores de producción; sino también porque la eficacia con que los combinan para producir, es decir, su productividad varía de unos a otros.

Para averiguar la diferencia de productividad entre los países, debemos observar sus niveles de producción y sus niveles de acumulación de factores. Cuanto mayor sea el cociente entre los niveles de producción de los dos países, mayor será la diferencia de productividad. Cuanto mayor es la diferencia entre los niveles de producción de dos países que se debe a las diferencias de acumulación de factores, menos razones hay para concluir que la causa de las diferencias de renta entre los dos países es una diferencia de productividad. Un país puede producir más aumentando los factores de producción de que dispone o utilizando más eficazmente sus factores.

Hay tres estudios principales sobre la literatura de crecimiento endógeno basada en la I+D, los cuales afirman que el motor del crecimiento económico son las actividades de I+D. Estos estudios ofrecen tres modelos imponentes desarrollados por Romer (1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992). La idea común de estos tres modelos es la

predicción contrafáctica de los efectos de la escala. Para Gen y Atasoy (2010) la predicción común afirma que cualquier aumento en el nivel de recursos asignados a la I+D debería aumentar inevitablemente la tasa de crecimiento económico.

Hoy la I+D formal de las grandes empresas es eclipsada por los esfuerzos de inventores independientes que trabajan en su tiempo libre sin apenas medirlos. La ayuda más importante del Estado a la I+D es la protección legal que ofrece a los inventores por medio de patentes. Mientras los factores de producción convencionales son objetos, las tecnologías son esencialmente ideas que carecen de existencia física concreta. Lo que hace que los factores de producción son rivales en su uso, la tecnología no siempre es rival. Las ideas no suelen ser excluibles, su propia naturaleza hace que resulte difícil impedir que otras personas la utilicen, por lo tanto, una persona que ha creado una nueva tecnología no recoge la mayor parte de los beneficios de su creación, lo cual reduce los incentivos para crear tecnología.

El capital humano: las diferencias de calidad entre trabajadores es una de las explicaciones de las diferencias de renta entre los países, como las diferencias en la calidad de trabajo. Las cualidades del trabajo <<capital humano>>, hace que las personas sean más productivas, sus características físicas y mentales les permiten producir más. La inversión en la producción de capital humano es un importante gasto en la economía y este genera un rendimiento. El capital humano genera un rendimiento al permitir al trabajador que lo posee percibir un salario más alto y solo mientras este trabajado, y se deprecia al igual que el capital físico.

La salud también tiene productividad, las personas más sanas pueden trabajar más y durante más tiempo, también pueden pensar con mayor claridad. Los estudiantes que gozan de mayor salud pueden aprender mejor. Por lo tanto, la mejora de la salud en un país eleva su nivel de renta. Actualmente en los países desarrollados la mayoría de la población está bien alimentada, mientras que, en países en vías de desarrollo, la desnutrición sigue siendo un



fenómeno muy extendido. Una manera de medir el nivel medio de salud de un país es observar la esperanza de vida al nacer la mayoría de los países más pobres del mundo tiene una esperanza de vida de menos de 60 años, mientras que los más ricos oscilan entre los 75 y 80 años.

El capital humano en forma de educación, los individuos trabajan con la mente y con el cuerpo, en las economías desarrolladas la capacidad intelectual interviene mucho más que la capacidad física en el salario de una persona. La educación es una inversión en la adquisición de capital humano y al igual que las inversiones en capital físico, pueden tener costes. Al igual que el capital físico, ambos requieren una inversión para crearlos, ambos tienen un valor económico. Los rendimientos del capital humano de los datos sobre los salarios. El hecho de que las personas tienen un nivel de estudios más alto gane más puede considerarse una prueba de que el mercado valora su capital humano. El rendimiento de la educación es el aumento de los salarios que percibirá una persona si tuviera un año más de estudios.

### **Evidencia empírica**

La evidencia empírica nos revela que recientemente, se ha visto que los avances tecnológicos y los gastos en I + D contribuyen al desarrollo de empresas individuales y, por lo tanto, a la economía (Inekwe, 2015) y según Romer (1986) muchos modelos de la teoría del crecimiento endógeno confirmaron el gasto en I + D como el factor principal del crecimiento económico. Primeramente, Bassanini, Scarpetta, y Hemmings (2001) estiman el impacto de la I + D pública y privada entre otros determinantes del crecimiento económico para los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) durante 1980-1990 y encuentran un coeficiente empresarial de I + D significativo.

De igual forma, Bayarcelik y Taşel (2012) comprobaron el impacto de la innovación en el PIB incorporando los gastos en I + D y el número de empleados en el departamento de I + D en el modelo como variables exógenas. Descubrieron que los gastos en I + D tienen una influencia positiva y significativa en el PIB. Tal como, Inekwe (2015) que aplicó los enfoques

de las medias de grupo y del sistema dinámico del Método Generalizado de Momentos para verificar el impacto de los gastos en I + D en el crecimiento económico de los países de ingresos medianos altos y medianos bajos, de los que sus resultados empíricos muestran que los gastos en I + D contribuyen significativamente al crecimiento económico.

Recientemente, para los países de la OCDE, Aydin et al. (2018) volvieron a investigar la asociación entre los gastos de I + D y la producción. Su hallazgo empírico indica que los gastos en I + D afectan la producción al mejorar la productividad total de los factores. En el estudio teniendo en cuenta los datos pertenecientes al período de 2000 a 2007, se descubre que los gastos en I + D ayudan a aumentar la productividad total de los factores (Zhou y Xia , 2010). En otra investigación realizada por Guloglu y Tekin (2012) para los países de la OCDE con niveles de ingresos más altos, la relación entre el gasto en I+D, la innovación y el crecimiento económico se analiza mediante un análisis de causalidad de panel. Según los hallazgos de esta investigación, existe una relación significativa y positiva entre I+D y crecimiento económico, crecimiento económico e innovación e I+D con innovación.

La mayoría de los estudios empíricos que permiten una fuerte relación entre I + D y crecimiento económico, por ejemplo, Coe y Helpman (1995) sugieren que un aumento del 1% del stock de I+D generará un aumento de la producción de 0,05-1%; asimismo Pop Silaghi, Alexa, Jude, y Litan (2014) en sus resultados muestran un impacto estadísticamente significativo de la inversión de I+D sobre el crecimiento económico. La I + D pública, aunque no es significativa, no excluye el efecto positivo de la I + D privada en las estimaciones. Sin embargo, también está la contraparte en la cual se muestran efectos negativos del gasto en I+D en el crecimiento económico como los resultados de Hilled , Mahalik, Shahbaz, y Nasir (2020) que muestran que la I + D pública tiene un efecto neutral, en el sentido de que no estimula el crecimiento, pero tampoco desplaza el efecto positivo de la I + D privada.

Gumus y Celikay (2015) emplearon un modelo bivariado para examinar los vínculos entre los gastos en I + D y el producto del PIB real en el caso de 52 países desarrollados y en desarrollo. Señalaron que los gastos en I + D estimulan la actividad de producción del PIB real. Asimismo, Jones (1995) demostró que modelos de crecimiento basados en I + D “semi-endógenos” consistentes con la evidencia de series de tiempo para los países avanzados, el crecimiento es endógeno en el sentido de que es impulsado por la adquisición de nuevas tecnologías por agentes que son racionales y buscan maximizar los beneficios. Sin embargo, para los países menos desarrollados, la literatura es generalmente escasa (Coe , Helpman , y Hoffmaister, 1997); (Goel, Payne , y Ram, 2008); (Samimi y Alerasoul, 2009) y, además, no distingue entre I + D privada y pública.

Romer (1986) y Lucas (1988) fueron pioneros en un crecimiento endógeno al introducir el desbordamiento del conocimiento, generalmente asociado con I + D, respectivamente, con capital humano. En este sentido, Mattalia (2012) emplea el capital humano como factor de producción en el sector de bienes finales e intermedios, junto con la naturaleza encarnada del progreso tecnológico y el importante papel de la I + D y concluye que la productividad de la escolarización afecta el crecimiento de la economía a largo plazo.

Asimismo, Sequeira (2008) desarrolla un modelo de crecimiento endógeno con capital físico, capital humano e I + D. Concluye que los subsidios a la I + D tienen un efecto positivo general sobre el crecimiento, la riqueza y el bienestar, mientras que la política de capital humano es simultáneamente la que más genera ingresos y mejora el bienestar. Se reconoce incluso a partir de Solow (1956) que el nuevo capital, basado en tecnología conocida, que mejora en el tiempo, tiene un papel más valioso que el antiguo capital. Los resultados muestran un impacto estadísticamente significativo del negocio de I + D sobre el crecimiento económico. La I + D pública, aunque no es significativa, no excluye el efecto positivo de la I + D privada en las estimaciones. Cuando se incluye el capital humano, es altamente significativo al 1%

mientras que el coeficiente de I + D empresarial disminuye, lo que confirma su sobreestimación si no se contabiliza específicamente el factor capital humano.

Para Pradhan y Sahoo (2012); Hasan y Tucci (2010) el nivel y la estructura de la innovación no deben ignorarse porque juega un papel imperativo en la estimulación del crecimiento económico. La combinación de objetivos e instrumentos de política debe adaptarse al nivel de desarrollo de un país y a las fortalezas y debilidades de su sistema de innovación, por lo que debería variar entre países y con el tiempo (Veugelers y Schweiger , 2016).

Según Gómez (2011), la innovación está sujeta a externalidades asociadas a la duplicación del esfuerzo de investigación, así como a los derrames de I + D que aumentan significativamente el ajuste del modelo a los datos observados. Por último, pero no menos importante, la innovación y las mejoras tecnológicas a través de los gastos de I + D no solo son un motor importante del crecimiento económico (Minniti y Venturini, 2017) sino Churchill, Inekwe, Smyth, y Zhang (2019) que también se consideran otro determinante importante de las emisiones de carbono para países desarrollados y en desarrollo.

Por ejemplo, Churchill, Inekwe, Smyth, y Zhang (2019) argumentan que los países desarrollados, como el Reino Unido, con sus mayores niveles de ingresos, pueden esperar un mayor progreso tecnológico como resultado de mayores inversiones en I + D. Estos gastos pueden permitirles adoptar tecnologías eficientes de ahorro de energía y reducción de carbono. Por lo tanto, los gastos en I + D son cruciales para enfrentar los desafíos ecológicos, como la pérdida de biodiversidad, las frecuentes inundaciones y el aumento de la temperatura. Esto revela que el crecimiento de los ingresos va acompañado de la asequibilidad de las inversiones en I + D y una mejor adopción de tecnologías eficientes que, como resultado, también pueden mejorar la calidad ambiental ( (Komen, Gerking , y Folmer, 1997); (Dinda, 431-455).

Sorprendentemente, Koçak y Ulucak (2019) informaron que las emisiones se ven afectadas positivamente por los gastos de I + D en los países de la OCDE. De lo contrario, la

intensidad de la I + D tiene un impacto incierto sobre las emisiones de carbono. Específicamente en el Reino Unido, el papel de la I + D en el cumplimiento de los desafíos climáticos y los objetivos políticos es benigno. Sin embargo, como aconseja el Comité de Cambio Climático (CCC), Gran Bretaña debe invertir más en innovaciones bajas en carbono para alcanzar el objetivo de emisiones netas cero para 2050. Nuestros hallazgos empíricos apoyan esta noción.

Dicho esto, también es necesario recordar que el descubrimiento de fuentes de energía alternativas requiere una cantidad sustancial de I + D, y la mayoría del costo de implementación incluye los gastos de I + D (Bayarcelik y Taşel, 2012); (Inekwe, 2015); (Freimane y Bāliņa, 2016). Ahora, para cualquier economía emergente, la creación de capacidad para I + D en la búsqueda de fuentes de energía alternativas podría no ser posible con un efecto inmediato y, por lo tanto, estas naciones dependen del comercio de tecnología, que permite la transferencia tecnológica transfronteriza (Shahbaz, Rashid, Loganathan , y Talat, 2015).

La literatura empírica revela que las diferencias entre la renta de los países pueden atribuirse al gasto en I+D que pueden promover la productividad, aumento de la tecnología, eficiencia, acumulación de factores de producción. Que parte de las diferencias de renta per cápita pueden atribuirse a las diferencias de inversión en I+D. Productividad <<tecnología y eficiencia>>. Tsurai (2017) informó que los gastos en I + D mejoran el crecimiento económico al impulsar la actividad económica.

## **10. Datos y metodología**

### **a. Fuentes estadísticas**

Con el objetivo de examinar el efecto de la innovación y desarrollo en el crecimiento económico se ha tomado a consideración datos compilados por los Indicadores del Desarrollo del Banco Mundial (2020), indicadores mundiales de buen gobierno del Banco Mundial (2020)

y el Penn World Table (2021). La investigación es realizada a nivel global para 71 países durante el periodo comprendido entre el año 2005 y 2018.

En la tabla 12 se observa la variable dependiente que es el PIB per cápita y las variables independientes que son el gasto en investigación y desarrollo como proxy de I+D, la formación bruta de capital físico per cápita como proxy del capital disponible por persona, y el trabajo o capital humano, medida por el índice de capital humano. Cabe destacar que en el caso del capital físico se procedió a realizar la estimación per cápita dividiendo para la población de cada país según su año.

Adicional se consideraron variables de control que permitan capturar un mejor resultado en función de las variables teóricas, siendo estas el Estado de derecho que sirve como proxy del respeto y cumplimiento de contratos, siendo de vital importancia al momento de brindar garantías para la inversión, la variable inflación como proxy de la estabilidad económica, y por ultimo una variable dummy de tiempo que servirá como instrumento exógeno dentro de la estimación en sistemas.

**Tabla 12**

*Descripción de las variables*

<b>Variable</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>
		<b>Dependiente</b>	
Producto Interno Bruto per cápita	<i>PIB</i>	Representa el crecimiento anual del PIB en logaritmo, es la suma total del valor agregado bruto que producen los residentes de un país.	Dólares estadounidenses
		<b>Independiente</b>	
Gasto en investigación y desarrollo	<i>ID</i>	Representa a los gastos internos brutos en investigación y desarrollo (I+D), incluye tanto el capital como los gastos corrientes en los cuatro sectores principales: empresa, gobierno, educación superior y sin fines de lucro privados.	% PIB
		<b>De control</b>	
Formación bruta de capital per cápita	<i>K</i>	Consiste en desembolsos en las adiciones a los activos fijos de la economía más cambios netos en el nivel de inventarios.	Dólares estadounidenses
Capital humano	<i>CH</i>	Índice de capital humano, basado en años de escolaridad y rendimiento de la educación	Índice
Estado de derecho	<i>ED</i>	El estado de derecho captura las percepciones del grado en que los agentes tienen confianza en las reglas de la sociedad y las acatan, y en particular la calidad del cumplimiento de los contratos, los derechos de propiedad. Se puntúa de -2,5 a 2,5.	Porcentaje
Índice de precios al consumidor	<i>Inf</i>	La inflación medida por el índice de precios al consumidor manifiesta la variación porcentual en el costo para el consumidor medio de adquirir una canasta de bienes y servicios en un año.	Porcentaje
CO <sup>2</sup> per cápita	<i>Co<sup>2</sup> per</i>	La cantidad en toneladas o kilos de dióxido de carbono equivalente de gases de efecto invernadero, producida en el día a día, generados a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción y transporte entre otros procesos.	<i>m<sup>3</sup></i>
Variable Dummy	<i>T2018</i>	Es una variable instrumental de tiempo que asume valores de 0 y 1 con el fin de aportar exogeneidad ficticia en las ecuaciones estimadas	Unidad

## b. Estrategia econométrica

En esta sección para medir el efecto del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico a nivel global, se parte de los postulados de crecimiento económico con énfasis en el talento humano y la inversión propuesto por autores como Schultz (1983), Romer (1990), Grossman y Helpman (1991), Rebelo (1991) y Grilliches (2000). En la actualidad existen muchos factores que inciden el crecimiento económico, sin embargo, en esta investigación se comprobará la eficacia del modelo considerado productividad y progreso tecnológico, el capital físico, y el trabajo o capital humano.

En consecuencia, se planteó el uso de técnicas con datos de panel, esto debido a la utilidad que presenta, al explotar una información adicional que resulta de la inclusión de la dimensión de la sección transversal (Banerjee et al, 2004; Urbain y Westerlund, 2006; Baltagi, 2008). Dicho esto, para responder a los objetivos de investigación ya planteados, como podemos observar en la ecuación (1) la estrategia econométrica parte en primera instancia de la aplicación de un modelo de regresión simple con el fin de evaluar de manera general la correlación conjunta y las restricciones estadísticas

$$PIB_{it} = \alpha_{it} + \beta_1(A)_{it} + \beta_2(K_{it}) + \beta_3(L_{it}) + \mu \quad (1)$$

$$\log PIB_{it} = \alpha_{it} + \beta_1(i + d)_{it} + \beta_2(\log capital_{it}) + \beta_3(capital humano) + \mu_{it} \quad (2)$$

Siendo la regresión (2) la regresión que agrupa las variables teóricas definidas por las variables proxys explicadas en el apartado de datos, empero aún se necesita evaluar los estadísticos totales al incluir otras variables de control, las mismas que se muestran en la ecuación (3), de esta última, se obtiene los valores residuales para poder realizar la estimación de correlación y obtener los valores de multicolinealidad, que serán medidos en la ecuación (4) por el Factor Inflación de Varianza (VIF).



$$\log PIB_{it} = \alpha_{it} + \beta_1(i + d)_{it} + \beta_2(\log capital_{it}) + \beta_3(capitalhumano_{it}) + \beta_4(inflac_{it}) + \beta_5(propied_{it}) + \mu_{it} \quad (3)$$

$$VIF(\hat{\beta}_j = \frac{1}{1-R_j^2}) \quad (4)$$

Posterior a la comprobación de no colinealidad entre las variables se evalúa la posibilidad de modelación a efectuarse mediante efectos fijos o aleatorios, para esto se hace uso de la prueba de Hausman (1978), dicha prueba plantea dos hipótesis de aceptación o rechazo, siendo que los valores inferiores a 0.05 muestran la presencia de efectos fijos y caso contrario la presencia de efectos aleatorios. En consecuencia, se evalúa la existencia de heteroscedasticidad y autocorrelación entre los datos mediante la prueba modificada de Wald (5) y prueba de Wooldridge (2002) (6).

$$W = \sum_{i=1}^{Ng} \frac{\hat{\sigma}_i^2 - \hat{\sigma}^2}{\hat{\sigma}_i^2} \quad (5)$$

$$Corr(u_t - u_{ts}) = \frac{Cov(u_t - u_{ts})}{\sqrt{Var(u_t)Var(u_{ts})}} = \frac{\gamma_s}{\sqrt{\gamma_0^2}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_0} = \rho_s \quad (6)$$

Una vez identificado estos problemas estadísticos se realiza la estimación de la incidencia del gasto en investigación y desarrollo en el crecimiento económico mediante una estimación de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS) (7) como principal alternativa de corrección de autocorrelación y heteroscedasticidad, en este punto solamente se evalúan las variables principales del modelo. El modelo en términos generales se podría expresar de la siguiente forma:

$$y_{it}^* = \alpha + \beta_1^* X_{it}^* + \dots + u_{it} \quad (7)$$

Continuando con el análisis metodológico se evalúa la presencia de endogeneidad, esto debido a la naturaleza de algunas variables, puesto a que la variable capital, expresada por la formación bruta de capital, está altamente relacionada con el PIB, y la variable gasto en investigación y desarrollo se encuentra expresada en términos porcentuales del PIB, lo que acrecenta la posibilidad de que exista endogeneidad. Por lo cual, primero se evalúa la

correlación conjunta de las variables, incluyendo controles, y el residuo, entendiendo que este último no debe ser significativo para con ninguna variable

Posteriormente a esta comprobación, y si algún valor saliera significativo se evalúa la endogeneidad de las variables del modelo, para esto se estimará una regresión en dos pasos (MC2E) con el fin de evaluar la condición de exogeneidad. Dicho esto, el estimador 2SLS (8) tiene como objetivo calcular una estimación de X con dos regresiones de la variable que se sospecha endógena instrumentada por una matriz de instrumentos, para comprobar la efectividad de los mismos se aplica la prueba de endogeneidad de Durbin-Wu-Hausman (9), esta prueba se basa el contraste de la estimación instrumental y posteriormente la aceptación de la hipótesis  $H_0$ = las variables son exógenas si  $p.value > 0.05$  y el rechazo de  $H_0$  si el valor es menor.

$$\hat{\beta}_{2sls} = (\widehat{X^T X})^{-1} \widehat{X^T y} \quad (8)$$

$$DWH = q' [V(\hat{\beta}_{iv}) - V(\hat{\beta}_{ols})] q \quad (9)$$

Si las variables no pasaran la prueba de endogeneidad, se procederá a utilizar otra estimación de tipo IV, en este caso se considera el estimador GMM dinámico. Los métodos de propuestos por Anderson y Hsiao (1981, 1982) y posteriormente retomado por Arellano y Bond (1991), Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998) proporcionan un enfoque más práctico para abordar el problema de la endogeneidad a comparación de otros métodos como Mínimos Cuadrados Bietapicos (MC2E) o Mínimos Cuadrados de Variable Ficticia (LSDV), por sus siglas en inglés; al mismo tiempo, que toma en cuenta la heterogeneidad no observada.

Según Roodman (2009) los estimadores de diferencias Arellano y Bond (1991) y de niveles Blundell y Bond (1998) son estimadores diseñados para paneles donde el periodo temporal es pequeño y las observaciones individuales son grandes, donde exista una relación lineal, que se tenga una variable dependiente de su propio pasado, que existan variables independientes que no son estrictamente exógenas, y, por último, que se halle heterocedasticidad y autocorrelación dentro de los individuos.

Una vez mencionadas todas las características de un panel dinámico, se puede decir que estas se cumplen con el panel de datos de la investigación, por lo cual se procederá con la estimación por el (GMM) de sistemas, esta estimación se basa en regresar las variables incluyendo la variable dependiente desfazada cuantas veces se considere necesario, y se instrumentará por sus propias variables en términos endógenos y las que se consideren exógenas. El método en diferencias usa el primer rezago y como instrumentos las variables diferenciadas considerando el periodo temporal 2, mientras que el método en niveles usa la represora desfazada y usa un conjunto de ecuaciones instrumentales donde las variables diferenciadas se instrumentan con las variables en niveles y viceversa

La ecuación (10) muestra la forma original de la estimación dinámica donde la variable dependiente se encuentra incluida como regresora y desfazada hasta el segundo rezago, dejando así libre el periodo temporal 3, luego se ve acompañada del resto de variables independientes y el termino de error fijo, de esta ecuación se forma un sistema de ecuaciones en niveles (11) y en diferencias (12), que a su vez estas se ven instrumentadas por un conjunto de variables en niveles GMMstyle (13) y diferencias IVstyle (14), siendo los niveles los instrumentos de la ecuación en diferencias y las diferencias los instrumentos para los niveles.

$$Y_{it} = \alpha^{t-(2)} Y_{i,t-(2)} + \beta X_{1i,t} + \beta X_{2i,t} \dots + u_{it} \quad (10)$$

$$Y_{it} = \alpha^{t-(2)} Y_{i,t-(2)} + \beta X_{1i,t-2} + \beta X_{2i,t-2} \dots + u_{it-2} \quad (11)$$

$$Y_{it} = \alpha^{t-1} \Delta Y_{i,t-1} + \beta \Delta X_{1i,t-1} + \beta \Delta X_{2i,t-1} + \Delta u_{i,t-1} \quad (12)$$

$$X_{1i,t-2} \text{ instrumento para las diferencias} \quad (13)$$

$$\beta \Delta X_{1i,t-1} \text{ instrumento para los niveles} \quad (14)$$

Una vez planteado el Método General de Momentos de sistema, se recurre a ciertas pruebas de comprobación para aceptar el modelo como válido, primero se revisa la prueba de autocorrelación de Arellano y Bond para AR (1) y AR (2), siendo la hipótesis  $H_0$ =No existe

autocorrelación entre los errores si  $Pr < 0.05$   $H_1 =$  Existe autocorrelación entre los errores si  $Pr > 0.05$ . Por último, se revisa la sobreespecificación del modelo con la prueba de Hansen, dicha prueba tiene por  $H_0 =$  Correcta especificación del modelo y  $H_1 =$  Sobreespecificación del modelo.

## **11. Resultados esperados**

A partir de la metodología planteada se espera obtener una relación positiva entre el gasto en investigación y desarrollo y el crecimiento económico entendiendo que a mayor gasto en I+D la economía crecerá. Esto puede explicarse porque la investigación y desarrollo mejora la productividad de los países en la medida que se aprovechan de mejor manera los recursos productivos, pues la innovación y conocimientos presentan rendimientos crecientes en los factores productivos, además que también se reduce el excesivo consumo de recursos, lo cual le ayudará a las empresas ser más eficientes.

Por otro lado, se espera también que el capital físico y capital humano contribuya al crecimiento económico, en medida que aumenta la productividad representada por la inversión en nuevas tecnologías y el progreso derivado de los rendimientos económicos, parte crucial de este análisis se basa en el supuesto de que el progreso tecnológico beneficia no solo a una empresa sino también a empresas de la industria asumiendo que el acceso a nuevas tecnologías no presenta barreras de acceso, motivando la industrialización tecnificada.

Sin embargo, para que este proceso de industrialización se firme deben brindarse garantías que lo permitan, por eso es que la legalidad y las garantías de cumplimiento de contratos y patentes representados por el estado de derecho, también tienen que ser positivas y significativas. Por último, la variable inflación debe garantizar un ambiente de estabilidad, donde el equilibrio de precios muestra una economía saludable para poder atraer la inversión y generación de capital.

## 12. Cronograma

Año 2021																								
Mes	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
<u>Actividades por semana</u>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración del proyecto	-	-	-	-																				
Corrección del proyecto					-	-																		
Presentación y aprobación del proyecto de tesis							-	-																
Revisión de la literatura									-	-														
Organización de datos oficiales											-													
Obtención de resultados												-	-											
Elaboración de Discusión, Conclusiones y Recomendaciones													-	-	-									
Resumen																	-	-						
Presentación del borrador de tesis																			-	-				
Revisión del informe escrito del borrador de tesis																					-			
Correcciones del informe escrito del borrador de tesis																						-		
Aprobación del informe escrito por parte del tribunal																							-	-

### 13. Referencias bibliográficas

- Acemoglu, D. (1998). Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change And Wage Inequality. *The Quarterly Journal Of Economics*, 1055–1089.
- Acemoglu, D., Aghion , P., & Zilibott, F. (2006 ). Distance To Frontier, Selection, And Economic Growth. *Journal Of The European Economic Association*, 37–74.
- Aghion , P., & Howitt , P. (1998). Endogenous Growth Theory. *MIT Press*.
- Aghion , P., & Howitt, P. (1992). A Model Of Growth Through Creative Destruction. *The Econometric Society*, 323-351.
- Akcali, B. Y., & Sismanoglu, E. (2015). Innovation And The Effect Of Research And Development (R&D) Expenditure On Growth In Some Developing And Developed Countries. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*.
- Alarcón, S., & Sánchez, M. (2009). *Las Relaciones Entre I+D Externa E Interna, Inversiones De Capital Y Rentabilidad: El Caso De La Industria Agroalimentarias*.
- Alonso , J., & Garcimartín, C. (2008). *Acción Colectiva Y Desarrollo: El Papel De Las Instituciones*. Editorial Complutense, S.A.
- Alvarado, R., & Iglesias, S. (2017). Sector Externo, Restricciones Y Crecimiento Economico En Ecuador. *Problemas Del Desarrollo*.
- Alvarado, R., & Ponce, P. (2018). Por Qué Importa El Crecimiento Económico: Un Análisis Introductorio. *Crecimiento Economico: Una Mirada Empirica A Nivel Global*, 12-21.
- Bassanini , A., Scarpetta, S., & Hemmings, P. (2001). Economic Growth: The Role Of Policies And Institutions: Panel Data. Evidence From OECD Countries. *OECD Economics Department Working Papers*.

- Batabyal, A., & Jickyoo, S. (2017). On Research And Development In A Model Of Schumpeterian Economic Growth In A Creative Region. *Technological Forecasting And Social Change*, 69-74.
- Bayarcelik, E., & Taşel, F. (2012). Research And Development: Source Of Economic Growth. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 744–753.
- Begg, D., Fischer, S., & Dornbusch, R. (2006).
- Borondo, C. (2008). Una Estimación De La ‘Función De Producción De Ideas En España. *Estudios De Economía Política*, 43-63.
- Bosworth, B., & Collins, S. (2003). The Empirics Of Growth: An Update. *Brookings Papers On Economic Activity*, 113-179.
- Breznitz, D. (2006). *Innovation-Based Industrial Policy In Emerging Economies? The Case Of Israel's IT Industry*. Business And Politics.
- Cantwell, J. (1999). Innovation As The Principal Source Of Growth In The Global Economy. *Innovation Policy In Global Economy*.
- Chiao, C. (2001). The Relationship Between R&D And Physical Investment Of Firms In Science-Based Industries. *Applied Economics, Taylor & Francis Journals*, 23-35.
- Cho, J. H., & Sohn, S. Y. (2018). A Novel Decomposition Analysis Of Green Patent Applications For The Evaluation Of R&D Efforts To Reduce CO2 Emissions From Fossil Fuel Energy Consumption. *Department Of Industrial Engineering*, 290-299.
- Churchill, S. A., Inekwe, J., Smyth, R., & Zhang, X. (2019). R&D Intensity And Carbon Emissions In The G7: 1870-2014. *Energy Economics*, 30-37.

- Coccia, M. (2012). Political Economy Of R&D To Support The Modern Competitiveness Of Nations And Determinants Of Economic Optimization And Inertia. *Technovation*, 370-379.
- Coe , D., Helpman , E., & Hoffmaister, A. (1997). North-South R&D Spillovers. *Economic Journal*, 49-134.
- Coe , D., & Helpman, E. (1995). International R&D Spillovers. *European Economic Review*, 859-887.
- Dahlman, C., Routti, J., & Ylä-Anttila, P. (2006). Finland As A Knowledge Economy : Elements Of Success And Lessons Learned. *World Bank*.
- De La Fuente, A., & Doménech, R. (2006). Human Capital In Growth Regressions: How Much Difference Does Data Quality Make? *Journal Of The European Economic Association*, 1-36.
- Dinda, S. (431-455). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecologica Economics*, 2004.
- Easterly, W., & Levine, R. (2002). It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts And Growth Models. *Working Papers Central Bank Of Chile* 164.
- Engelbrecht , H. J. (1997). International R&D Spillovers, Human Capital And Productivity In OECD Economies: An Empirical Investigation. *European Economic Review*, 1479-1488.
- Fernández , Y., Fernández López, M., & Blanco, O. (2017). Innovation For Sustainability: The Impact Of R&D Spending On CO2 Emissions. *Journal Of Cleaner Production*.
- Frantzen, D. (2000). R&D, Human Capital And International Technology Spillovers: A Cross-Country Analysis. *Scandinavian Journal Of Economics*, 57-75.



- Franzen, D. (2010). The Causality Between R&D And Productivity In Manufacturing: An International Disaggregate Panel Data Study. *International Review Of Applied Economics*, 125-146.
- Fraumeni , B., & Okubo , S. (2005). R&D In The National Income And Product Accounts: A First Look At Its Effect On GDP. *Measuring Capital In The New Economy, NBER And The University Of Chicago Press.* .
- Freeman , C., & Soete, L. (1997). The Economics Of Industrial Innovation, Third Edition. *Cambridge: MIT Press.*
- Freimane, R., & Bāliņa , S. (2016). Research And Development Expenditures And Economic Growth In The EU: A Panel Data Analysis. *Economic And Business.*
- Furman, J., Porter, M., & Stern, S. (2002). The Determinants Of National Innovative Capacity. *Research Policy*, 899-933.
- García, Á. (2007). Investigación Y Desarrollo: Impacto Sobre Productividad Y Determinantes”. Chile.
- Goel, R., Payne , J., & Ram, R. (2008). R&D Expenditures And U.S. Economic Growth: A Disaggregated Approach. *Journal Of Policy Modeling*, 237-250.
- Gómez, M. (2011). Duplication Externalities In An Endogenous Growth Model With Physical Capital, Human Capital, And R&D. *Economic Modelling*, 181-187.
- Griliches, Z. (1992). The Search For R&D Spillovers. *The Scandinavian Journal Of Economics*, 29-47.
- Grossman , G., & Helpman, E. (1991). Innovation And Growth In The Global Economy. *MIT Press.*

- Guellec , D., & Van Pottelsbergue , B. (2001). The Effectiveness Of Public Policies In R&D. *Revue d'Economie Industrielle*, 49-68.
- Guloglu, B., & Tekin, R. (2012). A Panel Causality Analysis Of The Relationship Among Research And Development, Innovation, And Economic Growth In High-Income OECD Countries. *Eurasian Economic Review*.
- Gumus, E., & Celikay, F. (2015). R&D Expenditure And Economic Growth: New Empirical Evidence. *Margin—The Journal Of Applied Economic Research*.
- Hall, R., & Jones, C. (1999). Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others? *The Quarterly Journal Of Economics*, 83-116.
- Hasan , I., & Tucci, C. (2010). The Innovation-Economic Growth Nexus: Global Evidence. *Research Policy*, 1264-1276.
- Hilled , E., Mahalik, M., Shahbaz, M., & Nasir, M. (2020). UK's Net-Zero Carbon Emissions Target: Investigating The Potential Role Of Economic Growth, Financial Development, And R&D Expenditures Based On Historical Data (1870–2017). *Technological Forecasting & Social Change*.
- Horvath, R. (2011). Research & Development And Growth: A Bayesian Model Averaging Analysis. *Economic Modelling*, 2669-2673.
- Howitt , P., & Aghion , P. (1998). Endogenous Growth Theory. *Journal Of Economic Growth*, 111-130.
- Inekwe, J. (2015). The Contribution Of R&D Expenditure To Economic Growth In Developing Economies. *Social Indicators Research*, 727–745.
- Johnson, S. (2010). *Where Good Ideas Come From: The Natural History Of Innovation*. London: Penguin.

- Jones, C. (1995). R & D-Based Models Of Economic Growth. *Journal Of Political Economy*, 759-784.
- Jones, C. (2002). Sources Of US Economic Growth In A World Of Ideas. *American Economic Review*, 220-239.
- Jorgenson, D., Ho, M., & Stiroh, K. (2005). Growth Of U.S. Industries And Investments In Information Technology And Higher Education. *Measuring Capital In The New Economy*, 403-478.
- Kaufmann, D., & Kraay, A. (2002). Growth Without Governance. *Open Journal Of Political Science*, 169-229.
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2009). Governance Matters VIII: Aggregate And Individual Governance Indicators 1996-2008. *World Bank Policy Research Working Paper No. 4978*.
- Ki-Hoon, L., & Byung, M. (2015). Green R&D For Eco-Innovation And Its Impact On Carbon Emissions And Firm Performance. *Journal Of Cleaner Production*.
- Kim, L. (1997). *Imitation To Innovation: The Dynamics Of Korea's Technological Learning*. Harvard Business School Press.
- Kirzner, I. (1995). *Creatividad, Capitalismo Y Justicia Distributiva*. Madrid: Unión Editorial S.A.
- Koçak , E., & Ulucak, Z. (2019). The Effect Of Energy R&D Expenditures On CO 2 Emission Reduction: Estimation Of The STIRPAT Model For OECD Countries. *Environ. Sci. Pollut.*
- Komen, M., Gerking , S., & Folmer, H. (1997). Income And Environmental R&D: Empirical Evidence From OECD Countries. *Environment And Development Economics*.

- Lach, S., & Rob, R. (1996). R&D, Investment, And Industry Dynamics. *Journal Of Economics And Management Strategy* .
- Lederman, , D., & Maloney, W. (2003). R&D And Development. *Research Policy Working Paper, The World Bank*.
- Lim , Y. (1999). *Technology And Productivity: The Korean Way Of Learning And Catching Up*. By Youngil Lim. Cambridge. Massachusetts: Enterprise & Society.
- Lucas, R. (1988). On The Mechanics Of Economic Development. *Journal Of Monetary Economics*, 3-42.
- Lucas, R. (1988). On The Mechanics Of Economic Development. *Journal Of Monetary Economics*, 3–42.
- Mairesse , J., & Siu, A. (1984). An Extended Accelerator Model Of R&D And Physical Investment. *University Of Chicago Press*.
- Mairesse, J., & Hall, B. (1996). Estimating The Productivity Of Research And Development In French And United States Manufacturing Firms: An Exploration Of Simultaneity Issues With GMM, En Van Ark, B., Wagner, K. (Eds). *International Productivity Differences, Measurement, And Explanations. Elsevier North-Holland* .
- Maradana, R., Pradhan, R., Dash, S., Gaurav, K., Jayakumar , M., & Chatterjee, D. (2017). Does Innovation Promote Economic Growth? Evidence From European Countries. *Journal Of Innovation And Entrepreneurship*, 1-23.
- Mattalia, C. (2012). Human Capital Accumulation In R&D-Based Growth Models. *Economic Modelling, Elsevie*, 601-609.
- Minniti, A., & Venturini, F. (2017). The Long-Run Growth Effects Of R&D Policy. *Research Policy*, 316–326.

- Pop Silaghi, M., Alexa, D., Jude, C., & Litan, C. (2014). Do Business And Public Sector Research And Development Expenditures Contribute To Economic Growth In Central And Eastern European Countries? A Dynamic Panel Estimation. *Economic Modelling*, 108-119.
- Porter , M., & Stern, S. (2000). Measuring The ‘Ideas’ Production Function: Evidence From International Patent Output. *Sloan School Of Management*.
- Pradhan, R., & Sahoo, P. (2012). Innovation, Financial Development And Economic Growth In Eurozone Countries. *Applied Economics Letters*.
- Ricardo, D. (1817). *Principios De Economia Politica Y Tributación*. Madrid: Piramide.
- Romer, P. (1986). Growth Based On Increasing Returns Due To Specialization. *The American Economic Review*, 56-62.
- Romer, P. (1986). Increasing Returns And Long-Run Growth. *Journal Of Political Economy*, 1002-1037.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal Of Political Economy*, 71-102.
- Rouvinen, P. (2002). R&D—Productivity Dynamics: Causality, Lags, And ‘Dry Holes’. *Journal Of Applied Economics*, 123-156.
- Samimi, A. J., & Alerasoul, S. M. (2009). R&D And Economic Growth: New Evidence From Some Developing Countries. *Australian Journal Of Basic And Applied Sciences*, 3464-3469.
- Schumpeter, J. (1963). *Teoría Del Desenvolvimiento Económico*. México: Fondo De Cultura Económica.

- Sequeira, T. (2008). On The Effects Of Human Capital And R&D Policies In An Endogenous Growth Model. *Economic Modelling*, 968-982.
- Shahbaz, M., Nasir, M., & Roubaud, D. (2018). Environmental Degradation In France: The Effects Of FDI, Financial Development, And Energy Innovations. *Energy Economics*, 843-857.
- Shahbaz, M., Rashid , S., Loganathan , N., & Talat, A. (2015). The Effect Of Urbanization, Affluence And Trade Openness On Energy Consumption: A Time Series Analysis In Malaysia. *Munich Personal Repec Archive*.
- Shultz, T. (1961). Investment In Human Capital. *The American Economic Review*, 1-17.
- Solow, R. (1956). A Contribution To The Theory Of Economic Growth. *The Quarterly Journal Of Economics*, 65–94.
- Tamazian, A., Chousa An, J., & Vadlamannati, K. (2009). Does Higher Economic And Financial Development Lead To Environmental Degradation: Evidence From BRIC Countries. *Energy Policy*, 246-253.
- Trajtenberg, M. (2000). R&D Policy In Israel: An Overview And Reassessment. *National Buereau Of Economic Research*.
- Tsaurai, K. (2017). Scaling Up Innovation: Does Research And Development Have A Role To Play In Economic Growth? A Case Of Hungary. *Inderscience Online Journals*.
- Tuna, K., Kayacan, E., & Bektaş, H. (2015). The Relationship Between Research & Development Expenditures And Economic Growth: The Case Of Turkey. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 501-507.
- Veugelers , R., & Schweiger , H. (2016). Innovation Policies In Transition Countries: One Size Fits All? *Economic Change And Restructuring*, 241–267.

- Wang, Q., & Zhang, F. (2020). Does Increasing Investment In Research And Development Promote Economic Growth Decoupling From Carbon Emission Growth? An Empirical Analysis Of BRICS Countries. *Journal Of Cleaner Production*.
- Waring , G. (1996). Industry Differences In The Persistence Of Firm-Specific Returns. *The American Economic Review*, 1253-1265.
- Zhou , L., & Xia , L. (2010). How R&D Investments Influence TFP Growth: Evidence From China's Large And Medium-Sized Industrial Enterprises. *Frontiers Of Economics In China Volume*.
- Zafar, M. W., Shahbaz, M., & Hou, F. (2018). From Nonrenewable To Renewable Energy And Its Impact On Economic Growth: The Role Of Research And Development Expenditures In Asia-Pacific Economic Cooperation Countries. *Journal Of Cleaner Production*.

## Anexo 2.

### Tabla 13

*Promedios calculados por año de las variables PIB e Investigación y desarrollo*

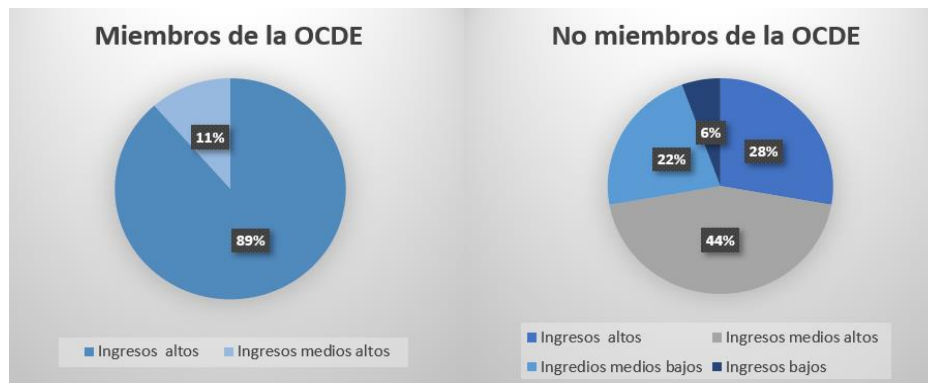
Año	Global		Miembros de la OCDE		No miembros de la OCDE	
	PIB	ID	PIB	ID	PIB	ID
2005	9,00	1,02	9,97	1,55	8,07	0,50
2006	9,13	1,05	10,03	1,60	8,22	0,51
2007	9,30	1,07	10,21	1,62	8,41	0,54
2008	9,43	1,11	10,30	1,68	8,59	0,55
2009	9,34	1,14	10,17	1,75	8,53	0,55
2010	9,42	1,14	10,21	1,75	8,65	0,56
2011	9,53	1,16	10,30	1,80	8,78	0,53
2012	9,53	1,18	10,27	1,83	8,80	0,55
2013	9,56	1,18	10,30	1,82	8,84	0,56
2014	9,57	1,20	10,32	1,83	8,84	0,58
2015	9,46	1,21	10,20	1,84	8,73	0,60
2016	9,46	1,20	10,22	1,80	8,72	0,60
2017	9,53	1,23	10,26	1,84	8,79	0,64
2018	9,59	1,27	10,35	1,89	8,86	0,66



### Anexo 3.

#### Figura 4

*Subdivisión grafica de países miembros y no miembros según su ingreso*



#### Anexo 4.

**Tabla 14**

*Regresión de línea base Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)*

<b>Crecimiento económico</b>	<b>Global</b>	<b>Miembros de la OCDE</b>	<b>No miembros de la OCDE</b>
Investigación y Desarrollo	-0,02* (-2,18)	-0,01 (-1,21)	-0,10*** (-4,12)
Capital Físico	0,90*** (74,43)	0,87*** (41,98)	0,89*** (52,45)
Capital Humano	0,03* (2,33)	-0,06* (-2,32)	0,04* (2,04)
Inflación	-0,01*** (-5,02)	-0,03*** (-9,75)	-0,00* (-2,14)
Derecho de Propiedad	0,11*** (8,05)	0,09*** (4,77)	0,11*** (5,42)
Contaminación Ambiental	0,00 (0,87)	0,00 (1,85)	0,01 (1,44)
Constante	2,18*** (25,53)	2,81*** (15,61)	2,21*** (20,32)
R2 Ajustada	0,97	0,95	0,95

## Anexo 5.

**Tabla 15**

Resultados Factor Inflación de Varianza (VIF) por grupos de países

Global		Miembros de la OCDE		No miembros de la OCDE	
Variable	VIF	Variable	VIF	Variable	VIF
Capital físico	4,57	Capital físico	4,25	Capital físico	2,82
Derecho de propiedad	3,88	Derecho de propiedad	3,46	Derecho de propiedad	1,97
Investigación y Desarrollo	2,14	Capital Humano	2,07	Contaminación ambiental	1,78
Contaminación ambiental	1,86	Investigación y Desarrollo	1,92	Investigación y Desarrollo	1,34
Capital Humano	1,65	Contaminación ambiental	1,89	Capital Humano	1,24
Inflación	1,24	Inflación	1,27	Inflación	1,15
Mean VIF	2,56	Mean VIF	2,47	Mean VIF	1,72

Global		Miembros de la OCDE		No miembros de la OCDE	
Variable	VIF	Variable	VIF	Variable	VIF
Capital físico	4,57	Capital físico	4,25	Capital físico	2,82
Derecho de propiedad	3,88	Derecho de propiedad	3,46	Derecho de propiedad	1,97
Investigación y Desarrollo	2,14	Capital Humano	2,07	Contaminación ambiental	1,78
Contaminación ambiental	1,86	Investigación y Desarrollo	1,92	Investigación y Desarrollo	1,34
Capital Humano	1,65	Contaminación ambiental	1,89	Capital Humano	1,24
Inflación	1,24	Inflación	1,27	Inflación	1,15
Mean VIF	2,56	Mean VIF	2,47	Mean VIF	1,72

Anexo 6.

**Tabla 16**

*Resultados Prueba de Hausman por grupos de países*

Grupo	Variables	Global		Miembros de la OCDE		No miembros de la OCDE	
		FE	RE	FE	RE	FE	RE
Sin variables de control	Investigación y desarrollo	0,03	0,05	0,05	0,06	-0,02	-0,01
	Capital físico	0,65	0,72	0,56	0,61	0,70	0,75
	Capital humano	0,49	0,37	0,59	0,46	0,42	0,30
Prueba Hausman		Prob>chi2=0,00		Prob>chi2=0,00		Prob>chi2=0,00	
Con variables de control	Investigación y desarrollo	0,02	0,03	0,04	0,05	-0,03	-0,03
	Capital físico	0,65	0,69	0,56	0,60	0,69	0,72
	Capital humano	0,47	0,35	0,57	0,37	0,41	0,30
	Inflación	-0,00	-0,00	-0,01	-0,02	-0,00	-0,00
	Derechos de propiedad	0,05	0,12	0,07	0,09	0,07	0,12
	Contaminación ambiental	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Prueba Hausman		Prob>chi2=0,00		Prob>chi2=0,00		Prob>chi2=0,00	

## Anexo 7.

**Tabla 17**

*Resultados de la prueba de autocorrelación global y por grupos de países*

Grupos	Sin variables de control		Con variables de control	
Global	F (1, 70) =	136,95	F (1, 34) =	140,28
	Prob > F =	0,00	Prob > F =	0,00
Miembros de la OCDE	F (1, 34) =	145,74	F (1, 35) =	158,17
	Prob > F =	0,00	Prob > F =	0,00
No miembros de la OCDE	F (1, 35) =	77,68	F (1, 35) =	81,13
	Prob > F =	0,00	Prob > F =	0,00

## Anexo 8.

**Tabla 18**

*Resultados de la prueba de heterocedasticidad global y por grupos de países*

Grupos	Sin variables de control		Con variables de control	
Global	Chi2 (71) =	36907,24	Chi2 (71) =	20638,66
	Prob > F =	0,00	Prob > F =	0,00
Miembros de la OCDE	Chi2 (35) =	2882,96	Chi2 (35) =	888,24
	Prob > F =	0,00	Prob > F =	0,00
No miembros de la OCDE	Chi2 (36) =	13618,60	F (36) =	7144,85
	Prob > F =	0,00	Prob > F =	0,00

## Anexo 9.

**Tabla 18**

*Resultados prueba de sección transversal (variables de control)*

Variable	Prueba-CD	valor-p	media abs
inflac	71,95	0,00	0,45
propiedad	11,09	0,00	0,40
CO2per	6,27	0,00	0,56

## Anexo 10.

**Tabla 19**

*Regresión por Mínimos Cuadrados en dos Etapas (MCE2)*

<b>Crecimiento económico</b>	<b>Global</b>	<b>Miembros de la OCDE</b>	<b>No miembros de la OCDE</b>
Investigación y Desarrollo	0,00 (0,49)	0,290* (2,57)	-1,06 (-1,00)
Capital Físico	0,97*** (114,64)	0,82*** (10,33)	1,21*** (4,31)
Capital Humano	0,04** (2,89)	-0,26* (-2,44)	0,62 (1,72)
Constante	1,58*** (26,21)	3,46*** (4,39)	-1,08 (-0,58)
Observaciones	994,00	490,00	504,00
R2 Ajustada	0,97	0,83	0,67

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACION .....	I
CARTA DE AUTORIZACION .....	III
AGRADECIMIENTO .....	V
DEDICATORIA .....	V
ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	VI
a. TITULO .....	1
b. RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
c. INTRODUCCIÓN .....	4
d. REVISION DE LITERATURA .....	7
Antecedentes .....	7
Evidencia Empírica .....	11
e. MATERIALES Y METODOS (DATOS Y METODOLOGIA) .....	19
Tratamiento de datos .....	19
Estrategia Econométrica .....	24
f. RESULTADOS .....	32
1. Resultados del objetivo específico 1 .....	32
2. Resultados del objetivo específico 2 .....	34
3. Resultados del objetivo 3 .....	40
g. DISCUSION DE RESULTADOS .....	48
1. Discusión de resultados del objetivo específico 1 .....	48

2. Discusión de resultados del objetivo específico 2 .....	50
3. Resultados del objetivo 3 .....	52
h. CONCLUSIONES .....	56
i. RECOMENDACIONES.....	58
j. BIBLIOGRAFIA .....	60
k. ANEXOS .....	72



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de países usados en esta investigación</i> .....	VII
Figura 2. <i>Evolución del crecimiento económico y I+D, 2005-2018</i> .....	33
Figura 3. <i>Correlación entre el crecimiento económico y I+D, 2005-2018</i> .....	34
Figura 4. <i>Subdivisión grafica de países miembros y no miembros según su ingreso</i> .....	94

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Ámbito Geográfico de la Investigación</i> .....	VI
Tabla 2. <i>Listado de países seleccionados</i> .....	19
Tabla 3. <i>Descripción de variables</i> .....	21
Tabla 4. <i>Estadísticos descriptivos y matriz de correlación</i> .....	23
Tabla 5. <i>Resultados prueba de sección transversal</i> .....	36
Tabla 6. <i>Regresión FGLS (Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles)</i> .....	37
Tabla 7. <i>Correlación entre las variables y los errores</i> .....	39
Tabla 8. <i>Prueba de endogeneidad Durbin-Wu y Hausman</i> .....	40
Tabla 9. <i>Pruebas de raíz unitaria</i> .....	41
Tabla 10. <i>Regresión GMM-Sistemas por grupos de países</i> .....	43
Tabla 11. <i>Prueba de Causalidad Dumistrech-Hurlin (Bootstrap=250)</i> .....	46