



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**ANÁLISIS DEL GASTO EN I+D Y SU  
RELACIÓN CON EL PIB Y LA  
PRODUCTIVIDAD DE ALEMANIA, JAPÓN Y  
ESTADOS UNIDOS (2010 – 2017)**

**T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**PRESENTA**

**RIVERA HERNÁNDEZ FABIÁN**

**DIRECTOR DE TESINA**

**MAESTRA. QUIROZ GARCÍA MERCEDES**

**Cd. Mx. Octubre, 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

<b>1</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.2	Presentación.....	2
1.2.1	Justificación y delimitación.....	2
1.3	Objetivo general y específico .....	5
1.3.1	Objetivo general .....	5
1.3.2	Objetivos específicos.....	6
1.4	Metodología de desarrollo.....	6
1.4.1	Coeficiente de correlación de Pearson .....	6
1.4.2	Definición del coeficiente de correlación de Pearson.....	6
1.4.3	Determinación del coeficiente de correlación de Pearson .....	7
1.4.4	Metodología de análisis de correlación .....	7
1.5	Análisis teórico y antecedentes históricos del contexto.....	7
1.5.1	Crecimiento económico de largo plazo.....	8
1.5.2	Breve reseña del modelo de Solow .....	9
1.5.3	Crecimiento endógeno: tecnología AK.....	12
1.5.4	El modelo de Ramsey .....	13
1.5.5	El pensamiento de Schumpeter y la innovación del empresario .....	14
1.5.6	Análisis histórico - económico del cambio tecnológico de Nathan Rosenberg .....	16
1.5.7	El crecimiento económico y la tecnología como variable endógena de Paul Romer 18	
1.6	Contexto y Evolución del sector tecnológico .....	20
1.6.1	Contexto y Evolución del sector tecnológico: Caso de Alemania .....	20
1.6.2	Contexto y Evolución del sector tecnológico: Caso de Japón.....	21
1.6.3	Contexto y Evolución del sector tecnológico: Caso de Estados Unidos .....	22
1.7	Análisis de indicadores socioeconómicos .....	24
1.7.1	Análisis Producto Interno Bruto .....	25
1.7.2	Análisis población .....	27
1.7.3	Análisis inflación .....	28
1.7.4	Análisis tasa de interés.....	29
1.7.5	Análisis Índice de Desarrollo Humano (IDH).....	30
<b>2</b>	<b>GASTO EN I+D Y PIB .....</b>	<b>32</b>

2.1	Concepto de gasto en I+D .....	32
2.1.1	Los cinco criterios para identificar la I+D .....	33
2.1.2	Tipos de I+D .....	34
2.1.3	Sectores de la I+D .....	35
2.2	Conceptos generales de ciencia y tecnología.....	36
2.2.1	Definición de conceptos generales de ciencia y tecnología.....	36
2.2.2	Concepto de patentes .....	38
2.2.3	Concepto de marcas comerciales .....	39
2.3	Análisis de gasto en I+D .....	39
2.3.1	Análisis gasto en I+D como porcentaje del PIB.....	39
2.3.2	Análisis gasto en I+D en valores.....	42
2.4	Análisis gasto en I+D y PIB.....	44
2.4.1	Análisis de correlación entre el gasto en I+D y PIB.....	44
<b>3</b>	<b>PRODUCTIVIDAD Y GASTO EN I+D .....</b>	<b>47</b>
3.1	Importancia de la productividad en la economía actual .....	47
3.2	Definición de productividad .....	47
3.3	Medición de la productividad .....	48
3.4	Horas trabajadas por trabajador .....	48
3.5	Comparativo de productividad entre Alemania, Estados Unidos y Japón.....	50
3.6	Análisis gasto en I+D y productividad .....	52
3.6.1	Análisis de correlación entre el gasto en I+D y productividad .....	52
<b>4</b>	<b>BIENES DE CAPITAL Y GASTO EN I+D .....</b>	<b>56</b>
4.1	Análisis de patentes.....	56
4.2	Análisis de marcas .....	58
4.3	Análisis de correlación del gasto en I+D y bienes de capital de Alemania, Japón y Estados Unidos	59
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>GLOSARIO.....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>64</b>
7.1	PAGINAS DE INTERNET DE CONSULTA.....	67

## Índice de tablas

Tabla 1: PIB como porcentaje del total del PIB de los países de la OCDE	5
Tabla 2: Solicitudes de patentes como porcentaje del total de solicitudes de patentes de los países de la OCDE	5
Tabla 3: Crecimiento población y PIB per cápita (promedio anual %)	8
Tabla 4: Empresas representativas del sector tecnológico (ventas en miles de millones dólares)	24
Tabla 5: Número de habitantes 2017	27
Tabla 6: Puntuación del IDH 2020 de países miembros de la OCDE de forma desagregada	30
Tabla 7: Crecimiento PIB (tasa de crecimiento promedio anual) 2010 – 2017	44
Tabla 8: Tasa de crecimiento promedio anual de gasto en I+D 2010 – 2017	44
Tabla 9: Coeficiente de correlación entre el gasto en I+D y el PIB 2010 – 2017	45
Tabla 10: Coeficiente de correlación entre el gasto en I+D y productividad 2010 – 2017	53
	53
Tabla 11: Coeficiente de correlación entre el gasto en I+D y bienes de capital 2010 – 2017	59

## Índice de gráficas

Gráfica 1: PIB en billones de dólares a precios actuales 2010 – 2017	25
Gráfica 2: PIB per cápita en miles de dólares a precios actuales 2010 – 2017	26
Gráfica 3: Tasa de crecimiento poblacional 2010 – 2017	27
Gráfica 4: inflación variación porcentual anual (%) 2010 – 2017	28
Gráfica 5: Tasa de interés real (%) 2010 – 2017	29
Gráfica 6: Gasto en I+D como porcentaje del PIB 2010 – 2017	40
Gráfica 7: Gasto promedio gubernamental en I+D (porcentaje del PIB) 2012 – 2017	40
Gráfica 8: Gasto promedio empresarial en I+D (porcentaje del PIB) 2012 – 2017	41
Gráfica 9: Gasto promedio en educación superior en I+D (porcentaje del PIB) 2012 – 2017	41
	41
Gráfica 10: Gasto en I+D de Alemania (miles de millones de dólares) 2010 – 2017	42
Gráfica 11: Gasto en I+D de Estados Unidos (miles de millones de dólares) 2010 – 2017	43
	43
Gráfica 12: Gasto en I+D de Japón (miles de millones de dólares) 2000 – 2017	43
Gráfica 13: Horas-Hombre Trabajadas promedio anual 2010 – 2017	49
Gráfica 14: Horas-Hombre Trabajadas promedio 2010 – 2017	50

Gráfica 15: Productividad (miles de dólares por trabajador) a precios constantes 2010 – 2017	51
Gráfica 16: Promedio productividad laboral 2010 – 2017	52
Gráfica 17: Gasto en I+D (miles de millones de dólares) y productividad laboral (miles de dólares por trabajador) 2010 – 2017 Alemania	53
Gráfica 18: Gasto en I+D (miles de millones de dólares) y productividad laboral (miles de dólares por trabajador) 2010 – 2017 Japón	54
Gráfica 19: Gasto en I+D (miles de millones de dólares) y productividad laboral (miles de dólares por trabajador) 2010 – 2017 Estados Unidos	55
Gráfica 20: Número de solicitudes de patentes (miles) 2010 – 2017	56
Gráfica 21: Coeficiente de inventiva promedio (patentes) 2010 – 2017	58
Gráfica 22: Número de marcas comerciales 2010 – 2017	58
Gráfica 23: Coeficiente de inventiva promedio (marcas comerciales) 2010 – 2017	59

# **1 MARCO TEÓRICO**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas se han estudiado en materia de crecimiento económico de manera más profunda y exhaustiva los siguientes factores: la ciencia tecnología e innovación (desarrollo tecnológico) y la apertura comercial con el objetivo de determinar si efectivamente inciden en el crecimiento económico de las regiones y países del mundo. Algunos autores que han estudiado los factores antes mencionados y su incidencia en el crecimiento económico contemporáneo son: Robert Solow, Roy Harrod, Paul Romer y Robert Lucas, sin embargo, no se ha llegado a una conclusión definitiva y que explique todas las economías actuales del impacto que dichos factores tienen en el crecimiento económico.

En el presente trabajo se tratará de explorar la ciencia, tecnología e innovación y su relación con el crecimiento económico y la productividad de tres países de la OCDE (Alemania, Japón y Estados Unidos), durante el periodo 2010 – 2017.

Para ello en este trabajo se explora el gasto en Investigación y Desarrollo (I+D) y la relación que ha tenido con el Producto Interno Bruto (PIB); así como el impacto del gasto en I+D en la productividad y la generación de bienes de capital como son las patentes y las marcas comerciales. Este análisis será realizado por medio del comparativo de los siguientes países: Alemania, Japón y Estados Unidos durante el periodo de análisis de 2010 a 2017.

El presente trabajo consta de cinco capítulos mismos en los que se consideran analizar el gasto en I+D y su relación con el PIB, productividad y bienes de capital. En este sentido se explora la relación entre bienes de capital, PIB y productividad respecto al gasto en I+D.

Los cinco capítulos que integran el presente trabajo de investigación son los siguientes: capítulo 1 llamado “marco teórico” donde se sustentan las teorías y paradigmas que justifican la relación del desarrollo tecnológico con el crecimiento económico y la productividad; capítulo 2 “Gasto en I+D y PIB” se explora de manera

general y particular el gasto en I+D de los países de análisis para conocer la situación de dicho indicador y su relación con el PIB; en el capítulo 3 “Productividad y gasto en I+D” se analiza de forma general la productividad y se compara mediante los tres países de análisis la evolución que ha tenido así como su relación con el gasto en I+D; capítulo 4 llamado “Bienes de capital y gasto en I+D” se analizan los bienes de capital y su relación con el gasto en I+D; por último, en el capítulo 5 “Conclusiones” se elabora un resumen de las correlaciones entre el gasto en I+D y su relación con: el PIB, productividad y bienes de capital.

## **1.2 Presentación**

El presente trabajo tiene por objetivo determinar si existe correlación entre el PIB, la productividad y los bienes de capital respecto al gasto en I+D, es decir, determinar si el gasto en I+D ha tenido algún impacto en las variables antes mencionadas de Alemania, japon y Estados Unidos desde 2010 hasta 2017.

### **1.2.1 Justificación y delimitación**

La presente investigación es de interés ya que pretende conocer la relación lineal (correlación) entre el PIB, la productividad y bienes de capital respecto al gasto en I+D. Además, se pretende explorar el gasto en I+D, analizar la productividad y conocer si el gasto en I+D ha tenido un impacto positivo en el crecimiento económico, en el aumento de la productividad y en la generación de bienes de capital (patentes y marca comercial) de los países de análisis desde el año 2010 hasta 2017.

El crecimiento económico es un indicador fundamental de las economías, ya que es condición que se dé un crecimiento económico sostenido para que pueda haber desarrollo económico, un aumento del PIB per cápita y en general aumente la calidad de vida de la población. Cabe mencionar otro factor que va de la mano con el crecimiento económico es la productividad ya que es parte fundamental para producir a mayor volumen y de mejor calidad con los mismos recursos.

La sociedad actual es considerada como una sociedad del conocimiento, además de estar hiperconectada y globalizada, esto provoca una competencia cada vez mayor entre las diferentes economías. De tal forma, las economías más

competitivas que crecen de manera sostenible son aquellas economías que tienen un aumento sustancial y sostenido de su productividad.

Actualmente en las economías globales surge como prioridad aumentar la productividad por medio del desarrollo del sector tecnológico y de innovación, esto se logra a través de un mayor gasto en I+D y de políticas encaminadas a la creación de sistemas de ciencia y tecnología e innovación que brinden los resultados óptimos e impacten en generación de mayor riqueza para las diferentes regiones y economías.

Otro factor importante es la globalización y la hiperconectividad; así como el aumento exponencial del comercio exterior entre diferentes regiones económicas. Lo que permite que se genere mayor transmisión de conocimiento, tecnología, capital humano e insumos necesarios para generar bienes y servicios con alto valor agregado.

En el libro Macroeconomía de Larraín y Sachs (2002) la globalización tiene los siguientes patrones:

“La globalización equivale a cuatro patrones de cambio relacionados entre sí, que se refuerzan mutuamente para producir cada vez más nexos económicos entre todos los países del mundo. Estos patrones de cambio son: la liberalización del comercio; la desregulación de los flujos financieros internacionales; los avances tecnológicos, que han llevado a la internacionalización de los sistemas de producción y una tendencia a armonizar las instituciones económicas entre naciones” (p. 20).

En este trabajo se centra la atención en el análisis del gasto en I+D y como ha sido su relación con el PIB, la productividad y la generación de bienes de capital. Se tratará de explorar el gasto en I+D, analizar la productividad y el crecimiento económico; así como analizar la evolución de bienes de capital a través del gasto en I+D con el objetivo de conocer si ha tenido resultados favorables un mayor gasto en I+D en el PIB de las economías de análisis.

El motivo de elegir el gasto en I+D como variable de ciencia y tecnología se debe a su estandarización entre países y su disponibilidad de datos en periodos de tiempo prolongados; así como por obtener información acerca de esta variable como porcentaje del PIB y en valores (dólares).

Se elige considerar el PIB por ser el indicador más fiable respecto al crecimiento económico y por ser un indicador estándar en diferentes economías además de su fácil disponibilidad en acervos de bases de datos.

El índice de productividad se eligió por ser el indicador más confiable y sencillo para determinar el aumento de la productividad de una economía y por encontrar datos en periodos de tiempo largos.

Por último, se eligió analizar el número de patentes y marcas comerciales como bienes de capital en primer lugar al estar relacionados con el gasto en I+D y por ser considerados bienes de alto valor agregado; además de posiblemente ser reflejo del esfuerzo en materia de ciencia y tecnología e innovación por parte de los gobiernos, empresas e instituciones educativas.

Para llevar a cabo el análisis se consideran los datos del gasto en I+D de las economías de análisis, el PIB, el índice de productividad y el número de bienes de capital (patentes y marcas comerciales) durante el periodo 2010 – 2017.

Los criterios para elegir a Estados Unidos, Alemania y Japón se deben a que son países con alto PIB en comparación con países de la OCDE, alto Índice de Desarrollo Humano (IDH) y por ser líderes a nivel global en desarrollo tecnológico. También por estar situados en diferentes continentes del planeta y ser miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).

A continuación, se presenta la participación del PIB de Alemania, Japón y Estados Unidos como porcentaje del total del PIB de los países miembros de la OCDE, esto con la finalidad de mostrar la representación e importancia de estos países referente al PIB.

Tabla 1: PIB como porcentaje del total del PIB de los países de la OCDE

País	PIB como porcentaje de la OCDE
Alemania	7%
Japón	10%
Estados Unidos	36%

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

De acuerdo a la tabla 1, Estados Unidos tiene una mayor participación de su PIB que equivale al 36%, seguido de Japón con una participación del 10% y Alemania participa con un 7% respecto al total de los países miembros de la OCDE. En suma, estos tres países participan con el 54% del PIB respecto al total de la OCDE.

Los tres países casos de análisis también son representativos de ser líderes de tecnología en las diferentes áreas y esto se demuestra al observar su participación de solicitudes de patentes respecto a la OCDE.

Tabla 2: Solicitudes de patentes como porcentaje del total de solicitudes de patentes de los países de la OCDE

País	Patentes como porcentaje de la OCDE
Alemania	6%
Japón	32%
Estados Unidos	34%

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

En referencia a la tabla 2, Estados Unidos participa con el 34% de patentes, Japón 32% y Alemania 6%. En este sentido los tres países dominan el 72% de las solicitudes de patentes respecto al total de la OCDE.

### 1.3 Objetivo general y específico

En este apartado se estipulan los objetivos de la investigación realizada. A partir del objetivo general de la investigación y los objetivos específicos.

#### 1.3.1 Objetivo general

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la correlación entre la inversión en I+D y su efecto en el PIB, en la productividad y en

el número de patentes y marcas que registran Estados Unidos, Japón y Alemania en el periodo de 2010 a 2017.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

A continuación, se enlistan los objetivos específicos de la investigación:

- Analizar el gasto en I+D y medir la correlación del gasto en I+D y el PIB
- Analizar la productividad y medir la correlación del gasto en I+D y el índice de productividad
- Analizar los bienes de capital y medir la correlación del gasto en I+D y bienes de capital (patentes y marcas comerciales).

## **1.4 Metodología de desarrollo**

En este apartado se desarrolla la metodología de análisis que se efectuarán tanto en los capítulos 4 y 5 del presente trabajo.

### **1.4.1 Coeficiente de correlación de Pearson**

En este apartado se define y explica el coeficiente de correlación de Pearson. Será el método de coeficiente de correlación la herramienta de análisis del trabajo de investigación.

### **1.4.2 Definición del coeficiente de correlación de Pearson**

En Gujarati la correlación se define de la siguiente forma: “La fuerza o grado de asociación lineal entre dos variables”. (Gujarati, 2009, p. 20). El coeficiente de correlación de Pearson, por tanto, nos permite conocer el grado de intensidad de esta relación o asociación lineal entre dos variables, este coeficiente se sitúa entre -1 y 1.

Cuando el coeficiente de correlación es igual a 1, se interpreta como la existencia de una correlación positiva perfecta. Cuando el coeficiente es igual a cero, no hay relación lineal y cuando el coeficiente de correlación es -1 existe una correlación negativa perfecta.

### **1.4.3 Determinación del coeficiente de correlación de Pearson**

La fórmula para calcular el coeficiente de correlación de Pearson es la siguiente<sup>1</sup>:

$$p = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x * \sigma_y}$$

Donde:

$\sigma_{xy}$  es la covarianza de xy.

$\sigma_x$  es la desviación estándar de x.

$\sigma_y$  es la desviación estándar de y.

Cabe mencionar que el coeficiente de correlación de Pearson sólo nos muestra la asociación lineal entre las variables de análisis, por tanto, no arroja información respecto a la causalidad de dichas variables.

### **1.4.4 Metodología de análisis de correlación**

Se mide la correlación del gasto en I+D respecto al PIB durante el periodo de análisis (2010 - 2017) de los siguientes países: Estados Unidos, Alemania y Japón por medio del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Con la finalidad de determinar si existe correlación del gasto en I+D y el PIB.

De manera análoga, se mide la correlación que existe entre el gasto en I+D y el índice de productividad por medio del coeficiente de correlación de Pearson de 2010 a 2017 para Estados Unidos, Alemania y Japón..

Por último, se determina la relación lineal por medio del coeficiente de correlación de Pearson entre el gasto en I+D y bienes de capital durante el periodo de análisis de Alemania, Japón y Estados Unidos.

### **1.5 Análisis teórico y antecedentes históricos del contexto**

En este apartado se analizan las teorías y paradigmas que sustentan la posible relación entre ciencia, tecnología e innovación, crecimiento económico y

---

<sup>1</sup> (Gujarati, 2009.)

productividad. Estas teorías permiten conocer el contexto y la evolución del desarrollo tecnológico y el crecimiento económico.

### 1.5.1 Crecimiento económico de largo plazo

Durante los siglos XIX y XX el crecimiento económico de muchos países ha tenido un aumento sustancial debido al desarrollo de las industrias. El famoso economista especializado en historia macroeconómica Angus Madison dividió las etapas del crecimiento económico en cuatro etapas: agrarismo (500 – 1500); el agrarismo avanzado (1500 – 1700); el capitalismo mercantil (1700 – 1820) y el capitalismo (1820 – 1980)<sup>2</sup>. El periodo con mayor tasa de crecimiento económico fue la última llamada capitalismo, debido a los avances tecnológicos y la cada vez mayor integración económica global.

Tabla 3: Crecimiento población y PIB per cápita (promedio anual %)

Época	Periodo	Población	PIB per cápita
Economía agrícola	500 - 1,500	0.1	0
Economía agrícola avanzada	1,500 - 1,700	0.2	0.1
Capitalismo mercantil	1,700 - 1,820	0.4	0.2
Capitalismo	1,820 - 1,980	0.9	1.6

Fuente: Angus Madison, Phases of Capitalist Development, tabla 1.2, Oxford University Press, 1982.

Es interesante observar la tabla 3, ya que demuestra que la población aumentó acorde aumentaba el PIB per cápita. Además, el periodo de mayor crecimiento de PIB per cápita fue en la última fase propuesta por Madison llamada capitalismo a una tasa de 1.6% anual. La relación entre el desarrollo tecnológico y la globalización con el aumento del PIB es evidente.

En otro análisis el autor Colin Clark señala que debido al avance industrial que se debe al desarrollo tecnológico se inicia un proceso de declinación de la agricultura<sup>3</sup>En este sentido, al tener alimento suficiente para toda la población, la

<sup>2</sup> (Larraín y Sachs, 2002, p.91)

<sup>3</sup> (Larraín y Sachs, 2002, p.102)

agricultura pierde participación dentro del PIB y esto provoca que la manufactura y el sector servicios proliferen y tengan un mayor peso en el PIB de una economía.

Al situarse una economía en un nivel de desarrollo considerable: declina la agricultura, pero también en consecuencia inicia un proceso de urbanización al trasladarse los recursos hacia la construcción y asentamientos en ciudades. La población se especializa en solo una actividad (división del trabajo) y la economía se vuelve industrial y de servicios lo que provoca sea un factor importante la tecnología.

Una disyuntiva referente al crecimiento económico es considerar las causas del mismo, por lo que existen dos posibles causas del crecimiento económico: una es la acumulación de capital y la segunda el avance tecnológico. Un interesante estudio de Solow determinó que en la economía estadounidense de 1909 a 1949 el crecimiento económico se explicaba en 12% debido a la acumulación de capital, el 88% restante del crecimiento correspondía con el residuo de Solow, es decir, el progreso técnico<sup>4</sup>. En cambio, un estudio en siete países de Latinoamérica elaborado por Víctor Elías determinó que la acumulación de capital explica mayor el crecimiento económico en estos países<sup>5</sup>. Lo que sugiere que los países desarrollados deben el crecimiento económico en mayor medida al avance tecnológico y en contraste los países en desarrollo su crecimiento económico se debe mayormente a la acumulación de capital.

### **1.5.2 Breve reseña del modelo de Solow**

Robert Solow nació en Nueva York en 1924. Ganó el premio nobel de economía en 1987 debido a su aportación en su análisis del crecimiento económico. A partir de la obra que publicó Robert Solow en 1956 "Contribución a la teoría del crecimiento económico". Es de relevancia el modelo de Solow ya que contribuye al análisis del crecimiento económico de largo plazo analizando factores de la producción como son: la tecnología y el impacto de la misma en la productividad.

---

<sup>4</sup> (Larraín y Sachs, 2002, p.107)

<sup>5</sup> Véanse dos obras de Víctor Elías, 1977 y 1992)

Una de las premisas que parte el modelo de Solow se basa en considerar que no es posible un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita si no hay crecimiento de la productividad, siendo la productividad dependiente del cambio tecnológico.

La parte esencial del modelo de crecimiento de Solow es la relación capital/trabajo, por tanto, esta relación indica los rendimientos decrecientes de la economía en el largo plazo y da la forma gráfica de una función Cobb-Douglas<sup>6</sup>.

El modelo de Solow parte de la siguiente función de producción.

$$Y = AF(K, L)$$

Donde Y es el PIB, A es un factor de productividad, K es capital y L número de trabajadores. Cabe destacar que todos los factores de producción están empleados totalmente y tienen rendimientos decrecientes para cada factor y rendimientos constantes a escala<sup>7</sup>. Además, nótese que el factor A (el factor de productividad) es una constante, es decir, solo cambia si existe un cambio tecnológico y por tanto desplaza la curva de oferta a la derecha (shock de oferta) situándose en un nuevo nivel de producción.

A partir de una función de producción Cobb Douglas se puede modelar la siguiente función:

$$F(K, L) = K^{1-\alpha}L^{\alpha}$$

De acuerdo a los supuestos: no existe progreso técnico, es economía cerrada, no existe intervención gubernamental y no crece la población, por tanto, la única manera de lograr crecimiento es por medio de la acumulación de capital a través del ahorro y la inversión.

De acuerdo a la función de producción:

$$Y = K^{\alpha} (AL)^{1-\alpha}$$

---

<sup>6</sup> (Larraín y Sachs, 2002, p.114)

<sup>7</sup> (Solow, 1956, pp.66/67)

Donde A es el factor de productividad en función de los factores de producción K (capital) y L (mano de obra), sin embargo, el modelo de Solow considera al factor A como una variable exógena, es decir, El factor A toma valores de 0 a 1, siendo 0 el país con menor productividad y 1 al país con mayor productividad y esto incide en el crecimiento, pero el modelo de Solow no analiza las causas del porque en algunos países existe mayor progreso técnico en comparación a otros<sup>8</sup>. Lo que si nos indica es que cuanto más cercano se encuentre el factor A de productividad a 1 mayor será la productividad de la economía, misma que está supeditada al cambio y desarrollo tecnológico.

Con base en lo antes visto se derivan varias conclusiones:

- El crecimiento económico per cápita está en función de un aumento de la productividad y población.
- El progreso técnico determina el crecimiento económico per cápita en el largo plazo, debido al aumento de la productividad<sup>9</sup>.

Bajo este tenor tenemos que el crecimiento económico de Solow depende esencialmente de dos factores: población y cambio tecnológico. Sin embargo, cuando el crecimiento se da debido a un aumento de la población esto provoca un aumento del capital llegando a un estado estacionario. Cuando se aumenta el crecimiento económico por medio de un cambio tecnológico este incide en una mayor productividad y a su vez aumenta no solo el PIB también lo hace el PIB per cápita al estar sustentado el crecimiento en tecnología y no en crecimiento poblacional.

El modelo de crecimiento de Solow considera a la tecnología como una variable exógena, por lo que no describe de manera más profunda las causas del cambio tecnológico, sin embargo, considera que el cambio tecnológico tiene un impacto positivo en el crecimiento económico<sup>10</sup>.

---

<sup>8</sup> (Solow, 1956, p. 70)

<sup>9</sup> (Solow, 1956, p. 85)

<sup>10</sup> (Larrain y Sachs, 2002, pp. 120/121)

### 1.5.3 Crecimiento endógeno: tecnología AK

En el apartado anterior se explicó el modelo de crecimiento de Robert Solow, modelo en el que se considera el factor tecnológico como variable exógena, por lo que el modelo de Solow no explica de manera satisfactoria el crecimiento de largo plazo.

El modelo AK incorpora el factor tecnológico en una función lineal, lo que permite explicar un modelo de crecimiento de largo plazo con tecnología como variable endógena<sup>11</sup>.

El modelo AK considera la siguiente función de producción lineal

$$Y_t = AK_t$$

Donde  $Y_t$  es la producción.

A es el factor tecnológico.

K es el capital considerando capital humano y capital en máquinas.

Lo destacado de este modelo de crecimiento es que la variable capital (K) considera el capital físico formado principalmente por máquinas y herramientas y el capital humano se refiere al personal y trabajadores calificados y con conocimiento<sup>12</sup>. En este sentido la función de producción AK considera los insumos igual al capital y por lo tanto los rendimientos serán constantes.

Al sustituir el modelo AK en la ecuación fundamental de Solow representada por una función de producción Cobb-Douglas se tiene la siguiente función:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

Lo novedoso en esta ecuación modificada por Rebelo es considerar la función de producción lineal en función del capital K (físico y humano). En otras palabras, integra el capital humano y el capital físico dentro de la función<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 51)

<sup>12</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 52)

<sup>13</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 52)

Al determinar la acumulación de capital y poniendo en función del ahorro, la tecnología, la depreciación y el número de habitantes se llega a la siguiente ecuación:

$$(K't) / Kt = sA - (\delta + n)$$

Lo interesante de la ecuación anterior se debe a que la variación de capital per cápita está en función del ahorro y la tecnología menos la depreciación y el crecimiento poblacional. En ese aspecto las funciones son lineales y constantes lo que implica que se puede modelar un crecimiento a largo plazo y sostenido<sup>14</sup>.

#### **1.5.4 El modelo de Ramsey**

En el modelo de Ramsey se pretende determinar la trayectoria de consumo de las familias. El modelo de Ramsey data de 1928 y fue mejorado por Cass y Koopmans en el año 1965<sup>15</sup>.

En este modelo queda explícito el rol de las familias y las empresas, ya que las familias prestan su trabajo a cambio de un salario y poseen ciertos activos financieros. En cambio, las empresas adquieren trabajo y pagan un salario y también compran capital pagando una tasa de interés. El equilibrio llega al interactuar familias y empresas en el mercado a través de los precios (salarios, tasa de interés y precios), el trabajo y el producto<sup>16</sup>.

De manera análoga al modelo de Solow, el modelo de Ramsey es similar, sin embargo, la principal diferencia radica en que la tasa de ahorro se determina dentro del modelo (endógena).

---

<sup>14</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 52)

<sup>15</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 85)

<sup>16</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 85)

El planteamiento central del modelo se basa en la siguiente función de utilidad:

$$U(0) = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} u(c_t) L_t dt = \int_0^{\infty} c \frac{ct^{1-\theta} - 1}{1-\theta} L_t dt$$

En la función anterior,  $\rho$  es una constante que representa la tasa de descuento,  $c_t$  es el consumo per cápita en el tiempo  $t$ ,  $L_t$  es el tamaño de la población y  $\theta$  es una constante. La integral representa la suma de la utilidad de las familias descontadas a una tasa  $\rho$  entre el periodo 0 y el infinito. La tasa de descuento nos indica que se prefiere consumo presente<sup>17</sup>.

Al preferir el consumo presente versus el consumo futuro, se puede resumir la función de utilidad de la siguiente manera:

$$\sum_{t=1}^{\infty} u(ct) \left(\frac{1+n}{1+\rho}\right)^{t-1}$$

La función de utilidad es cóncava, eso indica que las familias prefieren tener trayectorias de consumo regulares o suaves en el tiempo. Esto quiere decir el deseo de las familias por consumir la misma cantidad cada día<sup>18</sup>.

La función de utilidad adopta la siguiente forma:

$$u(ct) = \frac{ct^{1-\theta} - 1}{1-\theta}$$

Esta función se conoce como función de elasticidad Intertemporal constante, lo que nos indica si la función es cóncava el parámetro  $\theta$  será positivo al medir el grado de concavidad. Por lo tanto, mientras mayor sea  $\theta$  mayor será el deseo de querer tener consumo más constante y por lo cual alisar el consumo a través del tiempo<sup>19</sup>.

### 1.5.5 El pensamiento de Schumpeter y la innovación del empresario

Joseph Schumpeter nació en 1882 en Moravia Austria, fue un destacado economista que elaboró su teoría del desenvolvimiento económico. Schumpeter

<sup>17</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 85)

<sup>18</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 87)

<sup>19</sup> (Sala-I-Martin, 2000, p. 88)

contribuyó a la teoría y pensamiento económico a través de su principal obra publicada en 1911 “Teoría del desarrollo económico”. En dicha obra Schumpeter hace un análisis y distinción entre el crecimiento y desarrollo económico.

Para Schumpeter el crecimiento económico es un proceso que se lleva a cabo de manera gradual a partir de métodos y formas de producción que se han empleado de manera constante, en cambio, el desarrollo económico se suscita a partir de nuevas técnicas y combinación de factores de la producción, es decir, el desarrollo económico lo llevan a cabo las empresas a partir de la innovación. En este sentido el desarrollo económico según Schumpeter es un proceso disruptivo ya que está en función de las innovaciones que se den en las economías.

Schumpeter considera el desarrollo económico como el empleo en forma distinta de los recursos (materiales e intangibles), en hacer productos nuevos o significativamente mejorados con estos recursos (innovación), sin que sea importante el aumento o disminución de dichos recursos (recursos constantes).

La figura del empresario para Schumpeter tiene una gran relevancia en la innovación, ya que se encarga de llevar a cabo nuevos métodos de producción y nuevos productos. En palabras de Schumpeter “el productor es quien inicia el cambio económico, educando incluso a los consumidores si fuera necesario; les enseña a necesitar nuevas cosas o cosas que difieran en algún aspecto a las ya existentes” (Schumpeter, 1967. p, 76).

La innovación para Schumpeter es meramente la nueva combinación de los mismos recursos ya existentes “producir otras cosas, o las mismas por métodos distintos” (Schumpeter, 1967. P, 76).

La innovación se puede dar de cinco maneras diferentes para Schumpeter: Introduciendo un nuevo producto, la introducción de un nuevo método de producción, abrir un nuevo mercado, nueva materia prima y una nueva forma de organización<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> (Schumpeter, 1967. P, 76)

Para lograr la innovación según Schumpeter se deben considerar tres elementos: las nuevas empresas (desplazarán a las ya existentes por ser más innovadoras); excedentes de ganancia y la empresa (realiza nuevas combinaciones de materiales)<sup>21</sup>.

En Colander y Landreth (2002) referente a la teoría de los ciclos económicos de Schumpeter menciona lo siguiente:

“El crecimiento estaba ligado a la fase de prosperidad del ciclo, ya que esta fase representa el resultado final la introducción de nuevos productos y tecnología en la economía. Pero surgían excesos a medida que se concedían demasiados créditos y las empresas se expandían excesivamente. La depresión resultante era beneficiosa en el sentido de que sacudía a la economía, eliminando las empresas menos eficientes, y preparaba así el terreno para la aparición de una economía en expansión formada por empresas saneadas, bien gestionadas y eficientes” (p. 415).

Al parecer para Schumpeter las crisis económicas eran necesarias y parte del desarrollo tecnológico; además daba una gran importancia al empresario al ser el agente capaz de realizar las innovaciones necesarias en la economía.

### **1.5.6 Análisis histórico - económico del cambio tecnológico de Nathan Rosenberg**

Nathan Rosenberg nació en Nueva Jersey Estados Unidos en el año de 1927. Fue un economista dedicado al análisis de la historia de la tecnología y su impacto en el crecimiento económico. Su principal obra de Rosenberg se publicó en 1976 con el nombre de “Perspectivas en tecnología”. En palabras de Rosenberg “tuvieron su origen en mi interés por los procesos de desarrollo económico a largo plazo, en especial por el comportamiento de sociedad en vías de industrialización” (Rosenberg, p. 1, 1976).

El conocimiento para Rosenberg le parece factor crucial en el análisis del cambio tecnológico y este cambio a su vez cómo impacta en la economía. Rosenberg

---

<sup>21</sup> (Schumpeter, 1967. pp, 78 y 84)

considera que la curva de producción no es conocida en toda su amplitud debido a que no incorpora en sus costos el costo del conocimiento, siendo la producción de conocimiento una actividad de altos costos<sup>22</sup>.

Otra obra conocida de Rosenberg es titulada “Inside the black box” publicada en 1983. Rosenberg afirma que en la disciplina económica no se ha analizado de manera detallada y completa los cambios tecnológicos, a lo que Rosenberg denominó la caja negra a su juicio de nuestro autor merece mayor atención por parte de los economistas<sup>23</sup>.

El marco conceptual del análisis de Rosenberg radica en que la tecnología trae consigo interdependencia y complementariedad, es decir, los cambios tecnológicos de un sector o una industria modifica los demás sectores o industrias y a su vez crea nuevas industrias<sup>24</sup>.

El conocimiento y la tecnología para Rosenberg van de la mano y casi no hay distinción entre estos dos conceptos para nuestro autor “la tecnología es por sí misma, un cuerpo de conocimiento acerca de ciertas clases de sucesos y actividades” (Rosenberg, 1982. p. 14). En este sentido la ciencia está supeditada y vinculada a las industrias predominantes<sup>25</sup>. El desarrollo tecnológico por tanto orienta a la investigación científica la respuesta de Rosenberg es la siguiente “por la apremiante insinuación de reembolsos potenciales, financieros o sociales de esta investigación” (Rosenberg, 1982. p. 151).

La industria cada vez provoca que la ciencia sea considerada una variable endógena ya que se vuelven más dependientes ciencia y tecnología<sup>26</sup>. El modelo propuesto por Rosenberg para comprender los avances científicos debe “combinar la lógica del progreso científico con la consideración de los costes y de las

---

<sup>22</sup> (Rosenberg, 1976, p. 76).

<sup>23</sup> (Rosenberg, 1982, p. 11)

<sup>24</sup> (Rosenberg, 1982).

<sup>25</sup> (Rosenberg, 1982, p. 156)

<sup>26</sup> (Rosenberg, 1982, p. 151)

remuneraciones que fluyen de la vida diaria y que están vinculados a la ciencia a través de la tecnología" (Rosenberg, 1982. pp. 161/162).

Rosenberg va más allá de un simple análisis de industrias y diferencia los diferentes estadios en que se encuentran las diferentes industrias, es decir, los diversos campos del conocimiento se han desarrollado de manera diferente lo que significa que algunas industrias están más desarrolladas que otras, por lo tanto, no existe una ciencia, existen diferentes ciencias<sup>27</sup>.

La demanda de mercado es determinante en el desarrollo de innovaciones, sin embargo, Rosenberg pretende ir más allá de ese paradigma y le resulta insuficiente explicar el desarrollo de las innovaciones a través únicamente de las fuerzas de la demanda de mercado.

Al final Rosenberg considera la innovación como la acumulación de conocimiento previo que se conjuga y complementa con otras disciplinas, siendo este un proceso complejo e histórico que se debe analizar. La decisión de innovar para Rosenberg se toma en un clima de gran incertidumbre, esto se debe a que no se sabe el progreso del conocimiento y la tecnología. Tampoco se conocen las demandas futuras del mercado y las formas de utilizar la tecnología<sup>28</sup>. Los procesos que se llevan a cabo dentro del desarrollo científico y tecnológico incurren en altos costos, por lo que esto puede volver a las empresas a ser resistentes a los cambios tecnológicos y no ver incentivos en la innovación, en definitiva, Rosenberg considera el desarrollo de la innovación como una actividad altamente riesgosa.

### **1.5.7 El crecimiento económico y la tecnología como variable endógena de Paul Romer**

El modelo de cambio tecnológico endógeno de Paul Romer está sustentado en las siguientes premisas: los agentes económicos (empresas e inversores) deciden invertir de manera que esa inversión les haga maximizar las ganancias y la tecnología forma parte de los factores de producción, por lo tanto, impacta en el

---

<sup>27</sup> (Rosenberg, 1982, p. 303)

<sup>28</sup> (Rosenberg, 1982.)

costo de la misma. En este sentido el stock de capital humano es determinante en la tasa de crecimiento y el grado de integración de los mercados internacionales es relevante y aumenta la tasa de crecimiento económico<sup>29</sup>. Este supuesto contrasta con la perspectiva clásica de crecimiento económico, ya que no es suficiente solo tener una gran población para aumentar el crecimiento, es más relevante tener población educada y tecnificada; así como una economía lo suficientemente abierta a los mercados internacionales.

El cambio de paradigma de Romer es fundamental en el análisis de las economías contemporáneas, ya que su modelo nos indica que es importante el capital humano y la integración económica.

El modelo de Romer tiene como base los siguientes postulados: primero, el cambio tecnológico influye en la innovación y se encuentra dentro del crecimiento económico (endógeno); segundo, las ganancias que se obtienen en el mercado son parte esencial en el proceso de innovar y la tercera premisa es la tecnología acumulada sirve para crear nuevas innovaciones<sup>30</sup>. Por lo tanto, la primera vez que se incurre en un costo de innovar se considera como un costo fijo al poder seguir usando las innovaciones pasadas de manera indefinida.

El análisis de Romer considera el cambio tecnológico como una variable endógena al crecimiento económico, en contraste los modelos de crecimiento económico clásicos de largo plazo, consideraban el cambio tecnológico como una variable exógena al crecimiento económico.

Romer indica que las ganancias y costos de las empresas se ven influenciados por los procesos de innovación, en este sentido las empresas analizan la relación costo - beneficio para determinar si es viable invertir en desarrollo tecnológico.

El modelo de Romer sugiere que las empresas de mayor tamaño son las que mayor investigación realizan, por lo tanto, son las que producen un mayor crecimiento en

---

<sup>29</sup> (Romer, 1990.)

<sup>30</sup> (Romer, 1990, p.72.)

la economía. Además, el modelo sugiere que el stock de capital humano y un mayor tamaño de comercio internacional provoca un crecimiento económico acelerado.

Siguiendo la línea del modelo de Romer esto indica que a partir de los cambios tecnológicos que se han presentado de manera más relevante durante el siglo XX y que se incrementaron durante la segunda mitad del mismo; así como la cada vez mayor economía globalizada impactarían en un mayor PIB y al no ser preponderante el tamaño de la población sino el stock de capital, esto aceleraría el PIB per cápita.

## **1.6 Contexto y Evolución del sector tecnológico**

En esta sección se explora la evolución, el contexto histórico y el desarrollo del sector tecnológico de las economías de análisis.

### **1.6.1 Contexto y Evolución del sector tecnológico: Caso de Alemania**

El sector de industria de la ciencia en Alemania es un sector emergente y tiene la característica de estar constituido por empresas manufactureras que son los principales entes económicos en transferir conocimiento y desarrollo tecnológico a los diferentes centros y laboratorios de ciencia y tecnológica alemanes; así como a universidades y otras instituciones relevantes en la industria de la ciencia y tecnología<sup>31</sup>.

El sector de industrias de la ciencia en Alemania se enfoca principalmente en aquellas actividades tanto de diseño como de fabricación de máquinas, equipos e instrumentos que se emplean en investigación básica y aplicada<sup>32</sup>.

La industria de la tecnología en Alemania cuenta con personal altamente cualificado y sus productos son de un alto valor agregado. Esto es posible debido a que Alemania cuenta con la infraestructura necesaria de investigación y centros de tecnología modernos. A grandes rasgos la ciencia y tecnología en Alemania está constituida por universidades e institutos de investigación<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> (Gallardo, 2017. pp. 4 – 6)

<sup>32</sup> (Gallardo, 2017. p. 4)

<sup>33</sup> (Gallardo, 2017. p. 6)

Uno de los mayores logros de la estructura de la ciencia y tecnología en Alemania es crear diversos centros de investigación públicos que impactan en las actividades de investigación básica y aplicada; a su vez las empresas alemanas invierten considerables cantidades en I+D, esto da como resultados un sistema de investigación robusto y conectado que genera cada vez más y mejor conocimiento en las diferentes áreas del conocimiento y ciencias.

### **1.6.2 Contexto y Evolución del sector tecnológico: Caso de Japón**

Después de la segunda guerra mundial Japón fue uno de los países que más daños tuvo y su economía quedó deteriorada. Ante ese panorama el gobierno tuvo la necesidad de crear un plan de recuperación que fuera eficaz<sup>34</sup>.

Ante tal panorama la recuperación de Japón se vio encaminada por el enfoque del gobierno y empresas en la innovación tecnológica. Esto significó en formar un número mayor de investigadores japoneses, mayor competitividad y en la transformación de la industria japonesa.

Antes de la época de la primera y segunda guerra mundial la ciencia y tecnología en Japón surgió a través de la militarización. De esta forma las empresas militares eran las líderes en la industria japonesa. Es interesante observar que en la primera mitad del siglo XX la ciencia y tecnología estaba enfocada en la industria militar, esto sucedía en las potencias mundiales que se estaban preparando para una eventual invasión y guerra con otros países, tal como sucedió tanto en la primera como en la segunda guerra mundial.

Al finalizar la segunda guerra mundial Japón inició su plan de reconstrucción nacional basado en institucionalizar la ciencia y tecnología. El objetivo de dicho plan fue disminuir la brecha tecnológica entre Japón y los países desarrollados. La ciencia se logró desarrollar en Japón debido a la conexión entre la ciencia, el gobierno y la industria<sup>35</sup>. En la segunda mitad del siglo XX Japón ya enfoca sus esfuerzos en diferentes industrias no solo en la industria bélica. Esto provocó que

---

<sup>34</sup> (Ivanova, A., Licona, A, 2016. pp. 108/109)

<sup>35</sup> (Ivanova, A., Licona, A, 2016. pp. 108/109)

se crearan industrias emergentes como la industria tecnológica, digital, informática, transporte, aeroespacial, farmacéutica, entre otras.

Japón planeó la política de ciencia y tecnología en la época de posguerra en paralelo a los nuevos lineamientos de la política industrial japonesa. En este sentido la economía japonesa en la segunda parte del siglo XX siguió avanzando hacia el desarrollo de nueva y alta tecnología que impacta en las industrias de alto valor agregado y un conocimiento más intensivo<sup>36</sup>.

Cabe mencionar que este desarrollo tecnológico por parte de Japón y de muchas otras economías fue posible debido a la integración económica que inicio después de la segunda guerra mundial y se intensificó hacia el final del siglo XX.

### **1.6.3 Contexto y Evolución del sector tecnológico: Caso de Estados Unidos**

El desarrollo tecnológico de los Estados Unidos inició en los años de la segunda guerra mundial (1940). En esos años durante la década de 1940 Estados Unidos consolidó las instituciones de ciencia y tecnología y las corporaciones transnacionales ya que se pretendía el desarrollo de la producción bélica<sup>37</sup>.

En la primera parte del siglo XX el dominio imperialista de las potencias mundiales provocaba que el sector clave de desarrollo industrial fuera el bélico, por tanto, la gran mayoría de los avances científicos se daban en el campo de la física nuclear, la química, medicina, ingeniería y demás industrias que tienen una estrecha relación con la producción de armamento y equipo bélico

Una vez concluida la segunda guerra mundial la investigación y Desarrollo (I+D) en Estados Unidos estaba enfocada a la carrera armamentista y nuclear. En la década de 1950 Estados Unidos iniciaría una etapa de expansión económica global, lo que marcaría el inicio de la era del conocimiento<sup>38</sup>.

La segunda mitad del siglo XX Estados Unidos se embarcó en una carrera de enlazar el crecimiento económico con la ciencia y tecnología, esto provocó

---

<sup>36</sup> (Ivanova, A., Licona, A, 2016. pp. 108/109)

<sup>37</sup> (Gronbart, 2013. p. 118)

<sup>38</sup> (Gronbart, 2013. pp. 118/119)

profundos cambios en las industrias norteamericanas y avances en el campo tecnológico; así como una cada vez mayor globalización por parte de Estados Unidos<sup>39</sup>.

Las empresas transnacionales, la industria armamentista y la globalización son pilares fundamentales que sustentan el crecimiento económico de Estados Unidos y su avance en la ciencia y tecnología<sup>40</sup>.

A finales del siglo XX los centros de investigación, universidades e institutos por su parte están supeditados a los planes de expansión global y hegemonía de los gobiernos norteamericanos. La estructura de ciencia y tecnología; así como de investigación y Desarrollo se enfocó más en la informática, medio ambiente, ingenierías de la construcción, farmacéutica, petróleo y energía, biomédico y otras industrias que comienzan a ser importantes en el cambio tecnológico durante el final del siglo XX y comienzos del siglo XXI.

Para finalizar este apartado se presentan los datos de empresas representativas de Alemania, Japón y Estados Unidos en el sector tecnológico.

---

<sup>39</sup> (Gronbart, 2013. pp. 119/120)

<sup>40</sup> (Gronbart, 2013.)

Tabla 4: Empresas representativas del sector tecnológico (ventas en miles de millones dólares)

Empresa	País	Industria	Ventas promedio 2018 - 2020
Toyota	Japón	Automotriz	\$268.9
Apple	Estados Unidos	Electrónica	\$266.7
Volkswagen	Alemania	Automotriz	\$175.8
Honda	Japón	Automotriz	\$138.7
Microsoft	Estados Unidos	Software	\$126.4
Mitsubishi	Japón	Automotriz	\$115.5
Grupo Allianz	Alemania	Servicios financieros	\$91.9
BMW	Alemania	Automotriz	\$84.0
IBM	Estados Unidos	Informática	\$76.8
SoftBank	Japón	Telecomunicaciones	\$74.9
Intel	Estados Unidos	Hardware	\$73.6
Sony	Japón	Electrónica	\$73.5
Facebook	Estados Unidos	Redes sociales	\$70.7
Siemens	Alemania	Tecnología	\$63.6
Bayer	Alemania	Farmacéutica	\$34.9

Fuente: Elaboración propia con datos de yahoo! finance.

En la tabla 4 se observan las empresas más representativas de Alemania, Estados Unidos y Japón ordenadas de mayores a menores ventas promedio desde 2018 hasta 2020 y la industria a la que pertenecen. Las industrias más representativas son las siguientes: automotriz, electrónica, software, servicios financieros, informática, hardware, redes sociales y farmacéutica. Las cinco empresas más grandes respecto a las ventas registradas son: Toyota, Apple, Volkswagen, Honda y Microsoft. Además, la suma de las ventas promedio de las 15 empresas son de aproximadamente 1.7 billones de dólares que equivale al PIB de Canadá de 2018.

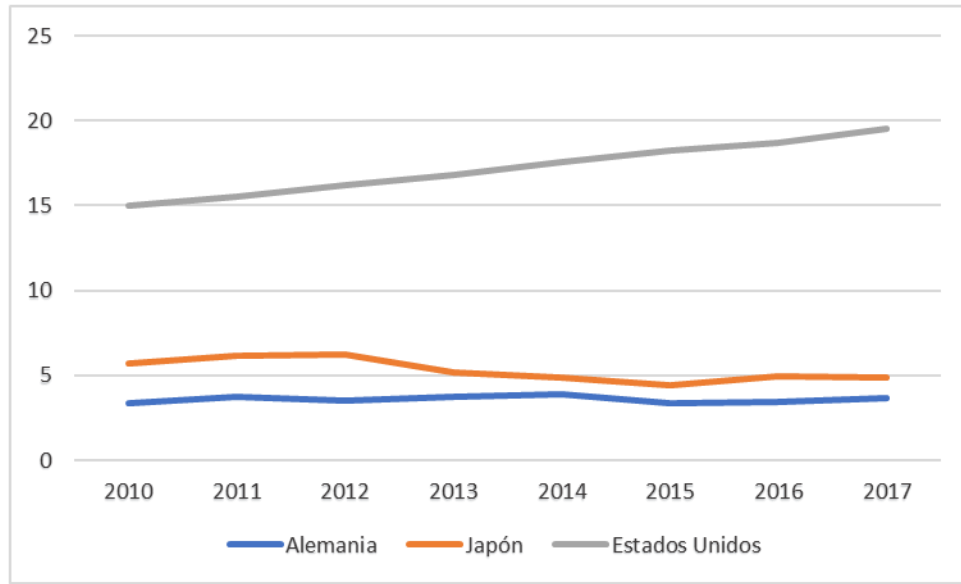
### 1.7 Análisis de indicadores socioeconómicos

En este apartado se elabora un análisis de los indicadores socioeconómicos de mayor relevancia de los países de análisis durante el periodo 2010 – 2017. Los indicadores que se analizarán son: PIB, población, inflación, tasa de interés e Índice de Desarrollo Humano.

### 1.7.1 Análisis Producto Interno Bruto

Se analiza el PIB de Estados Unidos, Alemania y Japón durante el periodo 2010 a 2017. En la siguiente gráfica se muestra la evolución del PIB.

Gráfica 1: PIB en billones de dólares a precios actuales 2010 – 2017



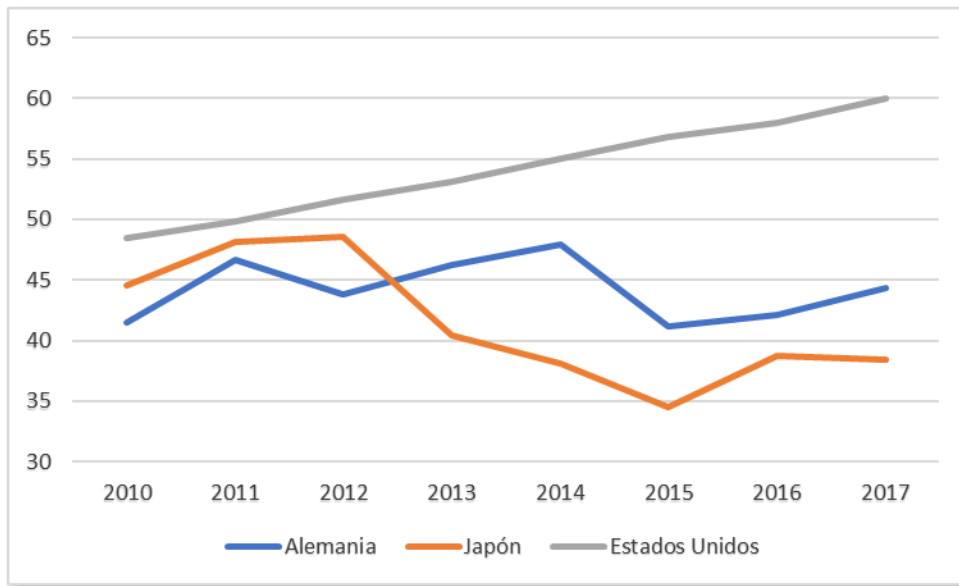
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

El PIB para Alemania en el año 2010 fue de 3.4 billones de dólares y en 2017 fue de 3.67 billones dólares lo que representa una tasa de crecimiento promedio anual de 1.0% durante el periodo de análisis. Para Japón el PIB en 2010 fue de 5.7 billones de dólares y en 2017 fue de 4.87 billones de dólares con una tasa de crecimiento promedio anual de -2.0%. Finalmente, Estados Unidos en el año 2010 contabilizó en el PIB 14.9 billones de dólares y al cierre de 2017 el PIB fue de 19.49 billones de dólares con un crecimiento económico promedio de 3.3%.

Estados Unidos tuvo un mejor desempeño respecto al PIB comparado con Alemania y Japón. De tal forma Estados Unidos fue la economía que más creció en el comparativo de países, seguido de Alemania y Japón tuvo un decrecimiento de su economía.

Para hacer más profundo el análisis del PIB se considera también el PIB per cápita de los tres países de análisis de 2010 a 2017.

Gráfica 2: PIB per cápita en miles de dólares a precios actuales 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

Alemania tuvo en 2010 un PIB per cápita de 41.5 mil dólares anuales y en 2017 ascendió a 44.4 mil dólares anuales lo que significa una tasa de crecimiento promedio anual de 0.82%. Japón en el año 2010 contaba con un PIB per cápita de 44.5 mil dólares anuales al cierre de 2017 fue de 38.3 mil dólares anuales equivalentes a una tasa de crecimiento promedio anual de -1.83%. Finalmente, en su PIB per cápita Estados Unidos tuvo un PIB per cápita de 48.5 mil dólares anuales y en 2017 fue de 59.9 mil dólares siendo un aumento sustancial con una tasa de crecimiento promedio anual de 2.69%.

En este sentido Estados Unidos ha logrado cubrir el aumento poblacional al igual que Alemania, sin embargo, Japón ha visto deteriorado su nivel de ingresos de la población.

### 1.7.2 Análisis población

En este apartado se analiza la población de Alemania, Japón y Estados Unidos al cierre de 2017 y la tasa de crecimiento anual durante el periodo 2010 – 2017.

Tabla 5: Número de habitantes 2017

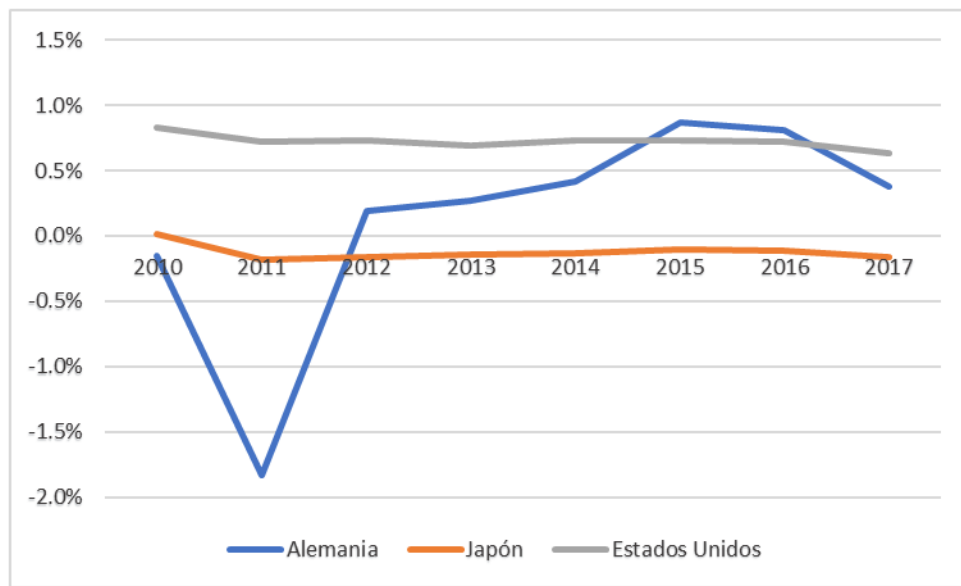
País	No de Habitantes
Alemania	82,657,002
Japón	126,785,797
Estados Unidos	324,985,539

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

La tabla 5 indica el número de habitantes por país, siendo Estados Unidos el país más poblado de la comparación al ser el país también con mayor superficie, seguido de Japón y Alemania. La población norteamericana es poco más de 2 veces más que la población japonesa y cuatro veces más que la población alemana. Siendo Estados Unidos uno de los países más poblados del planeta.

A continuación, se presenta la tasa de crecimiento poblacional anual para los países de análisis.

Gráfica 3: Tasa de crecimiento poblacional 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

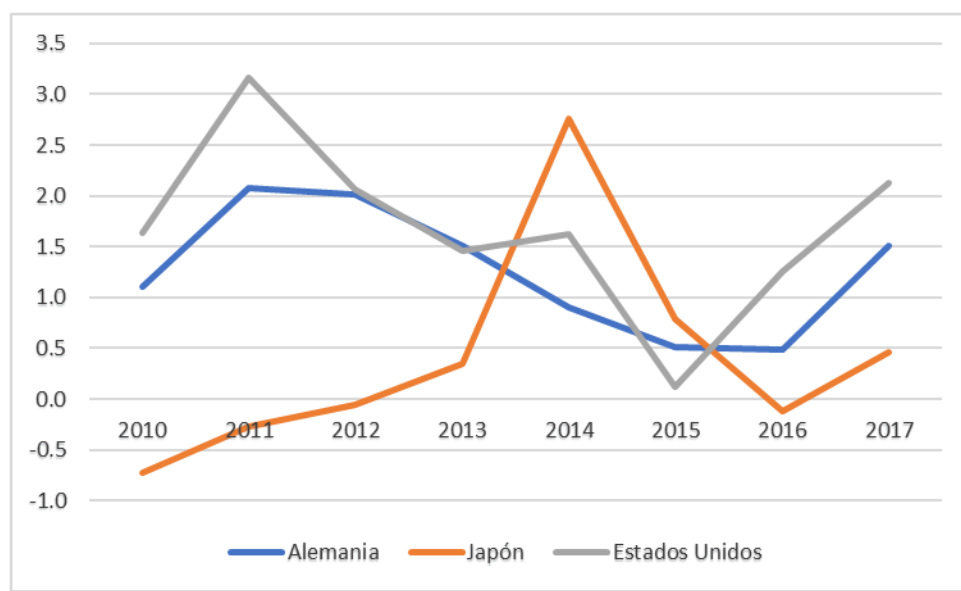
La tasa de crecimiento poblacional de Alemania es de 0% durante los años de análisis y mostrando un descenso poblacional en el año 2011 de casi 2.0% con una tendencia estable durante el periodo de análisis. La tasa de crecimiento poblacional de Japón fue de -0.1% manteniendo por debajo del 0% su crecimiento poblacional. Estados Unidos tuvo un crecimiento poblacional para los años de análisis de 0.7%, manteniéndose en niveles bajos de crecimiento poblacional y presentando en los últimos años de análisis una tendencia a la baja de crecimiento poblacional.

Se puede concluir respecto al crecimiento poblacional de los tres países de análisis su nulo crecimiento durante el periodo 2010 – 2017.

### 1.7.3 Análisis inflación

Medir la inflación es conveniente para determinar la estabilidad de precios que ha presentado una economía durante un periodo determinado. La variación porcentual anual de la inflación se mide por medio del índice de precios al consumidor.

Gráfica 4: inflación variación porcentual anual (%) 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

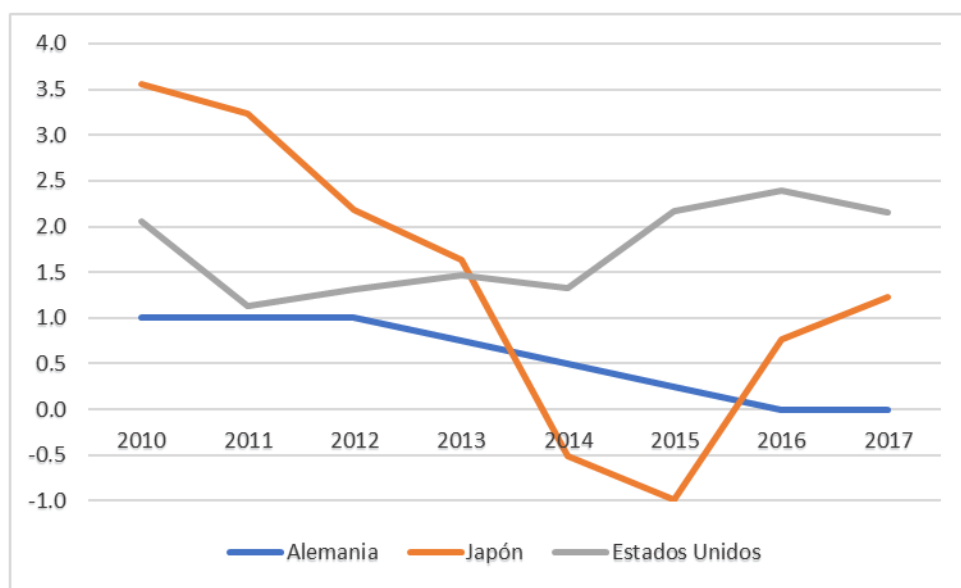
La gráfica 4 muestra la variación porcentual anual de los precios de los siguientes países: Alemania, Japón y Estados Unidos. Alemania ha mostrado una tendencia a la baja desde el año 2012 hasta el año 2016 cerrando su inflación en 2017 en 1.5% anual. Japón desde el año 2010 tuvo un incremento de su inflación llegando en 2014

a poco más de 2.5% para disminuir en los siguientes años y cerrar 2017 en 0.5% anual. Estados Unidos ha mostrado una tendencia a la baja desde el año 2012 hasta el año 2015 con 0% de inflación y llegando en 2017 a poco más de 2% anual de inflación.

#### 1.7.4 Análisis tasa de interés

La tasa de interés se ha empleado como instrumento de política monetaria y como variable operativa en el control y estabilidad de precios (inflación), por tal motivo es un indicador económico relevante de análisis.

Gráfica 5: Tasa de interés real (%) 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

En la gráfica 5 se muestra la evolución de las tasas de interés real porcentual desde el año 2010 hasta 2017 de Estados Unidos, Alemania y Japón. Por su parte Alemania muestra tasas de interés reales iguales o menores a 1% durante el periodo de análisis, llegando a tener tasas de 0% en los últimos años. La tasa de interés de Japón ha venido a la baja desde el año 2010 que estaba en 3.5% hasta llegar en 2015 a -1% y en los últimos años alrededor del 1% anual. Estados Unidos ha mostrado tasas de interés reales mayores al 1% pero no mayores a 2.5% durante el periodo de análisis.

En este sentido se puede apreciar que en los últimos años las tasas de interés han venido a la baja, esto debido a la política monetaria adoptada por cada uno de los países de tratar de estimular la economía, por medio de bajar las tasas de interés. Además, al considerar la tasa de interés real esto refleja también una estabilidad de precios en el largo plazo para las tres potencias de análisis.

### 1.7.5 Análisis Índice de Desarrollo Humano (IDH)

En este apartado se analiza el IDH de los países de análisis con el último dato disponible correspondiente al año 2020.

A continuación, se presenta la tabla que contiene la puntuación del IDH, el ranking y las variables que se consideran para medir el IDH son las siguientes: Esperanza de vida, años promedio de escolaridad y PIB per cápita.

Tabla 6: Puntuación del IDH 2020 de países miembros de la OCDE de forma desagregada

País	Ranking	IDH Value	Esperanza de vida (años)	Años promedio de escolaridad	PIB per cápita PPP miles de dólares
Alemania	6	0.94	81.3	14.2	55
Estados Unidos	17	0.92	78.9	13.4	63
Japón	19	0.91	84.6	12.9	42

Fuente: Elaboración propia con datos de la página: desarrollo humano.org.

La tabla 6 nos muestra los datos del IDH 2020 de Alemania, Estados Unidos y Japón. Considerando el ranking que ocupa cada país, el valor del IDH, la esperanza de vida, años promedio de escolaridad y PIB per cápita.

Alemania ocupa el lugar número 6 con una calificación del IDH de 0.947, esperanza de vida de 81.3 años, años de escolaridad de 14.2 años y un PIB per cápita de 55.3 mil dólares. Estados Unidos ocupa el lugar número 17, el IDH fue de 0.926 puntos, la esperanza de vida fue de 78.9 años, años promedio de escolaridad de 13.4 años y un PIB per cápita de 63.8 mil dólares. Japón se posicionó en el lugar número 19, su calificación del IDH fue de 0.919, la esperanza de vida en Japón es de 84.6 años, los años de escolaridad son de 12.9 años y su PIB per cápita es de 42.9 mil dólares.

En la misma línea se puede afirmar que Alemania es el que mejor puntaje obtuvo del IDH y por ende mayor lugar del ranking ocupó (6). Japón es el país con mayor esperanza de vida. Alemania tiene un mayor promedio de años de escolaridad (14.2) y Estados Unidos tiene mayor PIB per cápita con 63.8 mil dólares.

Estos tres países tienen una puntuación mayor a 0.90 de IDH, Esperanza de vida mayor a 75 años. Respecto a la escolaridad cuentan en promedio por arriba de los 12 años de escolaridad. Respecto al PIB per cápita se tiene una diferencia significativa, ya que Estados Unidos tiene el mayor PIB per cápita de la comparativa de países con 63 mil dólares, Alemania tiene de PIB per cápita 55 mil dólares y Japón llega a tener de PIB per cápita 42 mil dólares.

## **2 GASTO EN I+D Y PIB**

En este capítulo se explora el gasto en Investigación y Desarrollo (I+D) y su relación con el PIB de los países de análisis. Se definen conceptos básicos de Investigación, desarrollo e innovación y se hace el comparativo entre Estados Unidos, Alemania y Japón.

### **2.1 Concepto de gasto en I+D**

Con base en el Manual de Frascati de 2015 Investigación y Desarrollo se define de la siguiente manera:

“La I+D (investigación y desarrollo experimental) comprende el trabajo creativo y sistemático con el objetivo de aumentar el volumen de conocimiento (incluyendo el conocimiento de la humanidad, la cultura y la sociedad) y concebir nuevas aplicaciones a partir del conocimiento disponible” (p. 47).

En el Manual de Frascati de 2015 se menciona respecto a las actividades de I+D deben contar con los siguientes criterios:

- Novedosa
- Creativa
- Incierta
- Sistemática
- Transferible y/o reproducible

El término I+D implica tres tipos de actividades: Investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental<sup>41</sup>.

La investigación básica se refiere a la realización de actividades de forma experimental y/o teórica que tienen por objetivo la obtención de conocimiento nuevo a partir de un método científico, sin embargo, a ese nuevo conocimiento generalmente no se le asigna aplicación práctica es solo de divulgación y avances científicos.

---

<sup>41</sup> (Manual de Frascati, 2015, pp. 53/54).

La investigación aplicada es toda aquella investigación científica orientada a un caso u objetivo definido en el que se obtienen nuevos conocimientos.

El desarrollo experimental consiste en un conjunto de investigaciones teórico-prácticas que se elaboran de manera sistemática y bajo una metodología científica cuyo objetivo se basa en adquirir nuevos conocimientos enfocados a crear nuevos procesos y/o productos, o mejorar los productos y/o procesos ya existentes.

### **2.1.1 Los cinco criterios para identificar la I+D**

Para que un proyecto sea considerado como I+D debe cumplir una serie de características. A continuación, se definen los criterios básicos con los que debe contar un proyecto de I+D:

- **Novedosa:** Para que un proyecto de I+D sea considerado novedoso, debe compararse con el conocimiento de la industria en que se encuentre, es decir, debe ser conocimiento nuevo que hasta ese momento no se encuentre disponible en la industria. Una innovación puede resultar de un avance o diferencia de algún conocimiento ya existente, mejorando algún producto o proceso<sup>42</sup>.
- **Creativa:** Un proyecto de I+D para ser creativo debe contar con un investigador, ya que la creatividad es considerada intrínseca al ser humano. Todas las actividades de rutina no son considerados creativos, en cambio nuevos métodos y procesos se consideran creativos<sup>43</sup>.
- **Incierta:** Por su naturaleza los proyectos de I+D tienen una determinada incertidumbre, por el motivo de que no se conoce la cantidad de recursos tanto económicos como de tiempo que se va emplear; además de no saber el resultado de toda la investigación realizada<sup>44</sup>.
- **Sistemática:** Se refiere en I+D a llevar a cabo una investigación conforme a un plan, un registro de datos y resultados que deben ser verificables; además de identificar los objetivos y alcances de la investigación realizada. Cabe

---

<sup>42</sup> (Manual de Frascati, 2015, p. 48).

<sup>43</sup> (Manual de Frascati, 2015, p. 48).

<sup>44</sup> (Manual de Frascati, 2015, p. 48).

señalar que una I+D debe contar con recursos humanos y de financiamiento que aseguren se desarrolle la investigación de manera sistemática<sup>45</sup>.

- Transferible y/o reproducible: Al contar con la base del método científico un proyecto de I+D debe ser transferible y reproducible, en ese aspecto el nuevo conocimiento debe ser posible su transferencia (divulgación científica) y también que otros investigadores puedan reproducirlo. Para ello es necesaria la codificación del conocimiento que es habitual en los centros de investigación e institutos de enseñanza superior. Lo transferible y reproducible del nuevo conocimiento puede estar restringida por contratos laborales de confidencialidad, propiedad intelectual u otro medio de protección<sup>46</sup>.

### **2.1.2 Tipos de I+D**

El I+D se puede clasificar de acuerdo al tipo de investigación:

- Investigación básica
- Investigación aplicada
- Desarrolla experimental

De acuerdo al Manual de Frascati (2015) investigación básica se define como:

“Consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden sobre todo para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin intención de otorgarles ninguna aplicación o utilización determinada” (pp. 53/54).

La investigación de manera general se desarrolla en los institutos de enseñanza superior y se publica en revistas científicas.

La investigación aplicada de acuerdo al Manual de Frascati (2015) se refiere:

---

<sup>45</sup> (Manual de Frascati, 2015, p. 48).

<sup>46</sup> (Manual de Frascati, 2015, p. 48).

“Consiste en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo o propósito específico y práctico” (pp. 53/54).

De tal forma la investigación aplicada se enfoca en solucionar problemas específicos. Por tanto, la investigación aplicada a través de sus resultados busca generar nuevas aplicaciones en productos, mejora en procesos, en sistemas y mejores métodos.

Desarrollo Experimental acorde al Manual de Frascati (2015) se define de la siguiente manera:

“Consiste en trabajos sistemáticos basados en los conocimientos adquiridos de la investigación y de la experiencia práctica, y en la producción de nuevos conocimientos, que se orienten a la fabricación de nuevos productos o procesos a mejorar productos o procesos que ya existen” (pp. 53/54).

Para que efectivamente sea considerado un nuevo producto o proceso debe considerar los criterios básicos de proyectos de I+D: novedosa, creativa, incierta, sistemática y transferible y/o reproducible.

### **2.1.3 Sectores de la I+D**

En el presente trabajo el gasto en I+D se analizará de manera total, es decir, sumando los sectores que componen el gasto en I+D. los sectores que se van analizar son: Empresas, Administración Pública y Enseñanza superior.

#### **2.1.3.1 Sector empresas**

En el manual de Frascati de 2015, se considera en I+D el sector empresas todas aquellas Sociedades residentes que son capaces de generar beneficios o ganancias financieras para sus propietarios o accionistas que estén reconocidas por la ley y que llevan a cabo actividades de producción, comercialización y servicios<sup>47</sup>. Además de considerar a las sociedades filiales no residentes que participan en la

---

<sup>47</sup> (Manual de Frascati, 2015, p. 105)

producción dentro del territorio y cualquier Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFI).

### **2.1.3.2 Sector Administración pública**

El sector de la Administración Pública se integra por: todas las unidades de administración pública en todos sus niveles: central, regional y local. Además de considerar a las instituciones sin fines de lucro que se rigen bajo la administración pública (excepto empresas paraestatales)<sup>48</sup>.

### **2.1.3.3 Sector Enseñanza superior**

El sector enseñanza superior de acuerdo al manual de Frascati 2015 incluye todas las universidades, escuelas técnicas y demás instituciones que cuentan con programas de enseñanza superior.

## **2.2 Conceptos generales de ciencia y tecnología**

En este apartado se definen y exploran los conceptos más representativos de ciencia y tecnología para comprender de mejor manera el sector tecnológico y lo que implica hablar de este sector.

### **2.2.1 Definición de conceptos generales de ciencia y tecnología**

El concepto de ciencia y tecnología (CyT) es tan amplio que incluye distintas definiciones que complementan la definición global de CyT. Ya que CyT incluye las siguientes definiciones: actividades de I+D, la definición de innovación, actividades de investigación científica en ciencias naturales, ingeniería y tecnología, ciencias médicas y agrícolas (definida por la UNESCO); actividades de investigación científica en ciencias sociales (definida en la UNESCO) y en general actividades de investigación científica. A continuación, se dará la definición a cada uno de los conceptos antes mencionados.

De acuerdo al Manual de Oslo (2006) una innovación se define de la siguiente manera:

---

<sup>48</sup> (Manual de Frascati, 2015, p. 107)

“Una Innovación es la introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las practicas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores” (p. 56).

Las actividades innovadoras con base en el Manual de Oslo (2006) cumplen los siguientes criterios:

“Las actividades innovadoras se corresponden con todas las operaciones científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales que conducen efectivamente, o tienen por objeto conducir, a la introducción de innovaciones. Las actividades de innovación incluyen también a las de I+D que no están directamente vinculadas a la introducción de una innovación particular” (p. 57).

Con Base en el Manual de la Unesco de Estadísticas de Actividades Científicas y Tecnológicas (1984), las actividades científicas y tecnológicas se definen:

“Todas las actividades sistemáticas que están estrechamente relacionadas con la generación, el mejoramiento, la difusión y la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos en todos los campos de la ciencia y tecnología, incluyendo: las ciencias exactas y naturales, la ingeniería y la tecnología, las ciencias médicas y agrícolas y las ciencias sociales y humanas” (p. 11).

De acuerdo a la UNESCO en el manual de Estadísticas de Actividades Científicas y Tecnológicas (1984), las actividades de investigación científica en ciencias naturales, ingeniería y tecnología, ciencias médicas y agrícolas:

“Son aquellas actividades que se realizan de forma sistemática y su objetivo es hacer descubrimientos relevantes sobre fenómenos naturales y conocer la relación entre estos mismos, para generar conocimiento y contribuir a la creación de leyes naturales y, por tanto, se pueda aplicar este conocimiento” (p. 14).

Con base en el documento de la UNESCO Estadísticas de Actividades Científicas y Tecnológicas (1984), las actividades de investigación científica en ciencias sociales y humanidades

“Son actividades realizadas de manera sistemática y con los objetivos de crear, mejorar y aumentar los conocimientos acerca del hombre, la cultura y la sociedad, para aplicar este conocimiento en la vida diaria y en el acontecer de la sociedad” (p.14).

En este sentido el concepto de ciencia y tecnología es bastante diverso y es difícil establecer una delimitación y alcance del mismo, por lo que para fines prácticos en este trabajo nos quedaremos con las definiciones anteriores respecto al complejo y diverso concepto de ciencia y tecnología.

### **2.2.2 Concepto de patentes**

De acuerdo al Manual de Estadísticas de Patentes (2009) de la OCDE se definen las patentes de la siguiente manera:

“Las patentes son instrumentos jurídicos que se usan en la vida económica. Una patente es un título jurídico que protege una invención (Artículo 28 del Acuerdo de la OMC sobre aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el comercio (ADPIC)” (p. 20)

La patente le da una serie de derechos al propietario para que goce durante un tiempo determinado de la explotación del invento. Estos derechos son: el impedimento de que un tercero fabrique, use o venda el invento. Además de prohibir que un tercero utilice el proceso patentado<sup>49</sup>.

El objetivo de las patentes consiste en otorgarle al inventor la exclusividad sobre su invento con la finalidad de incentivar la invención y la innovación. Por tanto, la comunidad científica, los investigadores y demás profesionales dedicados a la

---

<sup>49</sup> (Manual de Patentes, 2009, p. 20)

Investigación y Desarrollo (I+D) se verían incentivados a invertir tanto recursos humanos y financieros en el área de investigación<sup>50</sup>.

### **2.2.3 Concepto de marcas comerciales**

Con base en la definición del Banco mundial

“Una marca comercial es un signo distintivo que identifica ciertos bienes o servicios como producidos o suministrados por una persona o empresa específica” (Banco mundial).

Una marca le da protección al creador de la misma, otorgando la protección y beneficio de exclusividad de uso para identificar el producto, bien o servicio o autorizar el uso a un tercero recibiendo un pago por dicho uso<sup>51</sup>. El tiempo de vigencia de uso exclusivo de la marca comercial varía acorde a la legislación de cada país y a los lineamientos o reformas en las leyes internacionales de propiedad intelectual.

## **2.3 Análisis de gasto en I+D**

En esta sección se analiza el gasto en I+D de Alemania, Japón y Estados Unidos tanto en porcentaje del PIB como en valores. Así también se analiza el gasto en I+D de forma desagregada en gasto gubernamental, gasto empresarial y gasto en educación superior.

### **2.3.1 Análisis gasto en I+D como porcentaje del PIB**

La métrica más usada para medir el gasto en I+D es como porcentaje del PIB, de esta forma se pueden comparar el gasto en I+D de diferentes economías independientemente de su tamaño.

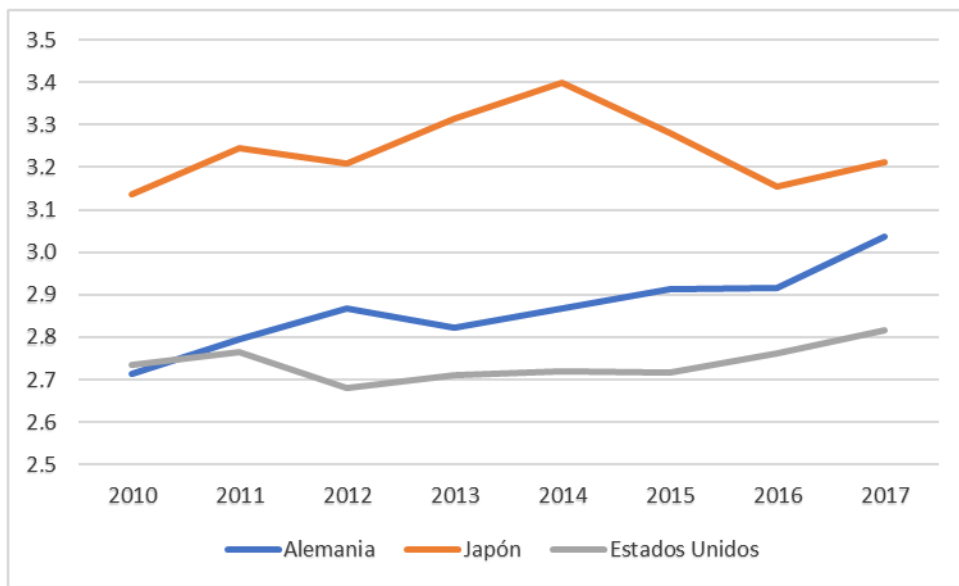
A continuación, se presenta el gasto en I+D como porcentaje del PIB de los países de análisis desde el año 2010 hasta el año 2017.

---

<sup>50</sup> (Manual de Patentes, 2009, p. 23)

<sup>51</sup> (Banco Mundial)

Gráfica 6: Gasto en I+D como porcentaje del PIB 2010 – 2017

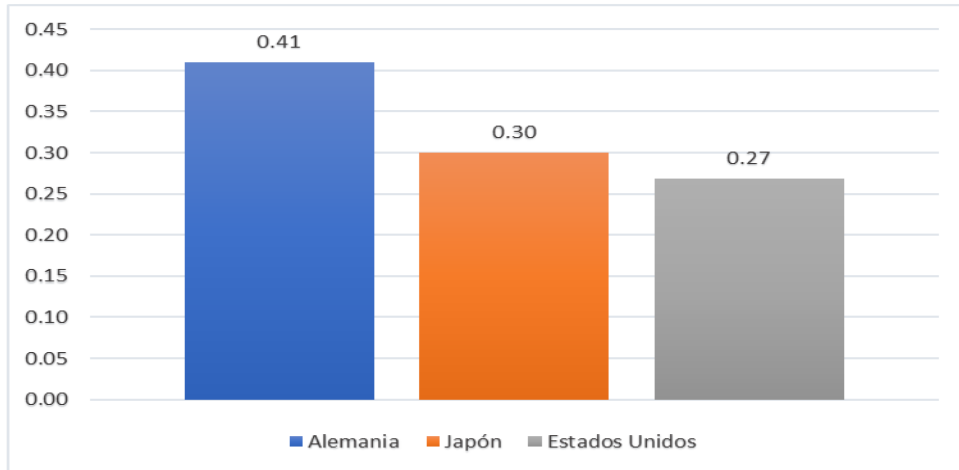


Fuente Elaboración propia con datos del Banco Mundial

De acuerdo a la gráfica 6 en el comparativo se observa que Japón es la única economía que supera el 3% de gasto en I+D situándose apenas por arriba del 3% para 2017. Alemania gasta en I+D el 2.9% de su PIB con una tendencia al alza y Estados Unidos se sitúa en 2.7% de gasto en I+D.

De tal forma Japón en promedio gastó en I+D durante el periodo de análisis 3.2% y tanto Alemania como Estados su promedio de gasto en I+D fue de 2.7%.

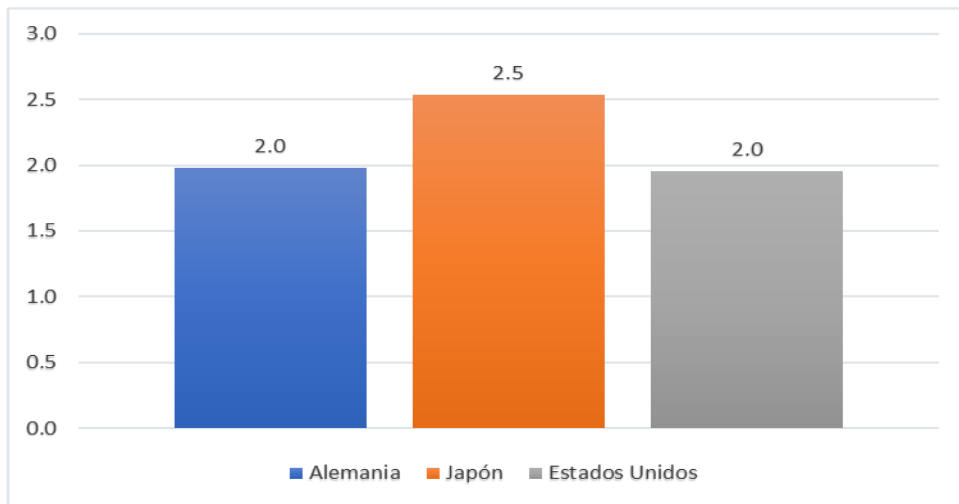
Gráfica 7: Gasto promedio gubernamental en I+D (porcentaje del PIB) 2012 – 2017



Fuente Elaboración propia con datos de la OCDE

Con base en la gráfica 7, Alemania gasta en promedio 0.41% en I+D gubernamental como porcentaje del PIB, seguido de Japón con 0.30% y Estados Unidos 0.27%. El gobierno alemán de acuerdo a su PIB es el que más gasto destina en I+D en el comparativo.

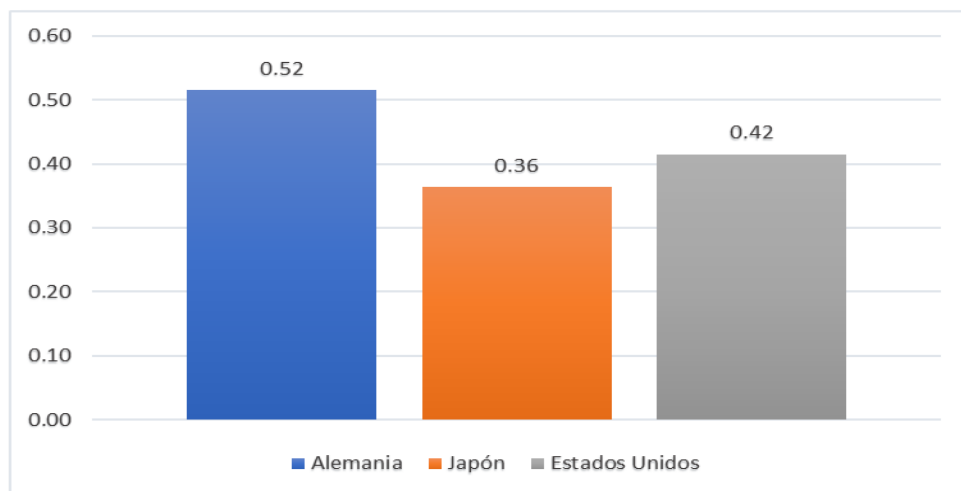
Gráfica 8: Gasto promedio empresarial en I+D (porcentaje del PIB) 2012 – 2017



Fuente Elaboración propia con datos de la OCDE

En la gráfica 8 se observa el gasto empresarial en I+D de la comparativa de países. En este sentido Japón es el país que más gasta en I+D del sector empresarial y representa el 2.5% del PIB. Alemania y Estados Unidos gastan prácticamente el 2.0% en I+D empresarial como porcentaje de su PIB.

Gráfica 9: Gasto promedio en educación superior en I+D (porcentaje del PIB) 2012 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

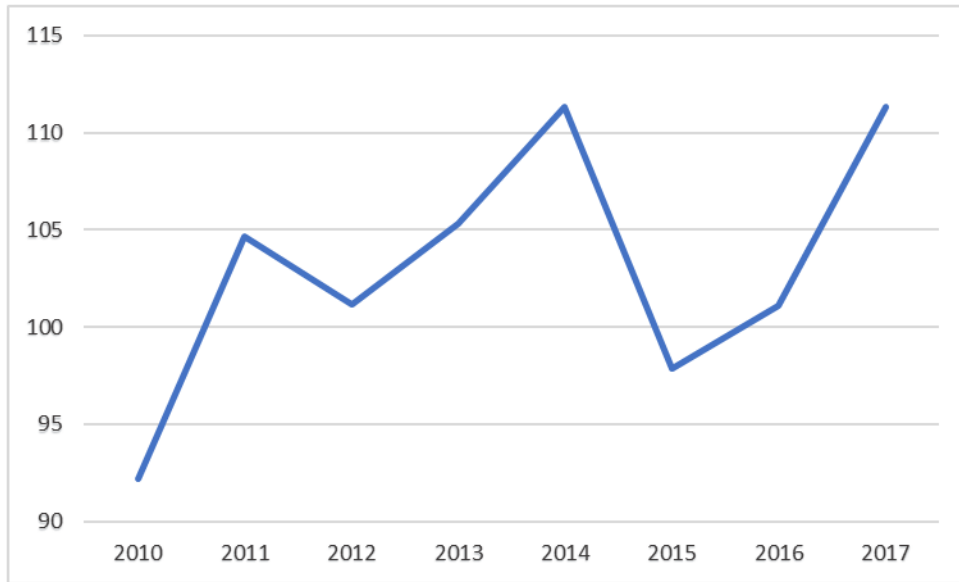
Con base en la gráfica 9, Alemania es el país que más gasta en I+D por parte del sector de educación superior este gasto representa poco más del 0.5% de su PIB. Japón gasta el 0.36% de su PIB. Estados Unidos 0.42% del PIB en el sector educación superior.

### 2.3.2 Análisis gasto en I+D en valores

En esta sección se analiza el gasto en I+D de los países de análisis en valores, esto con la finalidad de profundizar acerca del gasto en I+D; así como también para conocer la tendencia del gasto en I+D durante el periodo de análisis.

A continuación, se presenta el gasto en I+D de Alemania desde 2010 hasta el año 2017 en dólares.

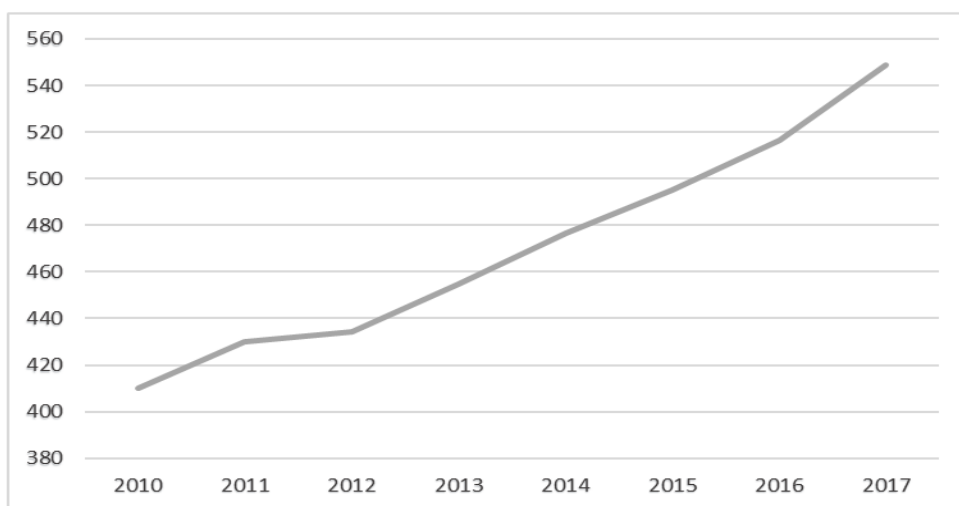
Gráfica 10: Gasto en I+D de Alemania (miles de millones de dólares) 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

El gasto en I+D en Alemania ha mostrado una trayectoria ascendente durante el periodo de análisis a excepción del año 2014 a 2015 donde se redujo el presupuesto en I+D de 110 mil millones de dólares a 97 mil millones de dólares, sin embargo, para los últimos años de análisis su gasto en I+D aumentó y en el año 2017 el gasto en I+D fue de 111 mil millones de dólares.

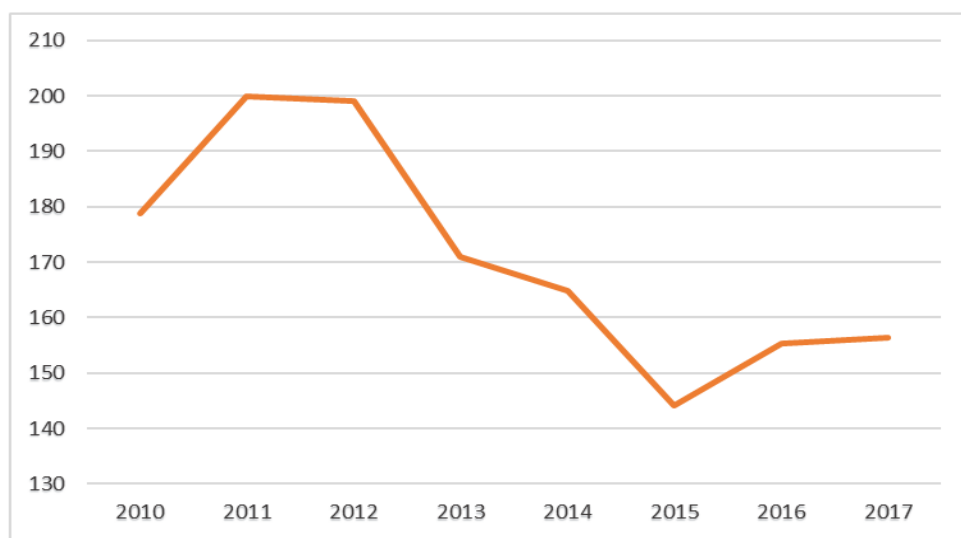
Gráfica 11: Gasto en I+D de Estados Unidos (miles de millones de dólares) 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

El gasto en I+D durante el periodo de análisis de los Estados Unidos ha tenido una trayectoria ascendente ya que pasó de gastar en el 2010 poco más de 410 mil millones de dólares y en 2017 su gasto en I+D fue por 548 mil millones de dólares un aumento del 33% de gasto en I+D.

Gráfica 12: Gasto en I+D de Japón (miles de millones de dólares) 2000 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

El gasto en I+D en la economía japonesa se ha reducido en el periodo de análisis pasando de casi 180 mil millones de dólares a 156 mil millones de dólares en el año 2017, esta disminución del gasto en I+D es acorde al estancamiento económico que atraviesa Japón desde el 2011.

## 2.4 Análisis gasto en I+D y PIB

En este apartado se determina el crecimiento económico de los países de análisis y su correlación con el gasto en I+D desde el año 2010 hasta 2017.

### 2.4.1 Análisis de correlación entre el gasto en I+D y PIB

Medir el coeficiente de correlación entre los tres países de análisis, nos permitirá conocer la asociación lineal entre ambas variables.

En la siguiente tabla se muestra el crecimiento del PIB promedio durante el periodo de análisis.

Tabla 7: Crecimiento PIB (tasa de crecimiento promedio anual) 2010 – 2017

País	Crecimiento PIB
OCDE	1.0%
Alemania	1.0%
Japón	-2.0%
Estados Unidos	3.3%

Fuente: Elaboración propia con datos del banco mundial

La tabla 7 muestra el crecimiento del PIB de los países de análisis y la OCDE de 2010 – 2017, mostrando la OCDE un crecimiento promedio de 1.0%. Estados Unidos creció 3.3% y Alemania 1.0%. En cambio, Japón decreció 2.0% durante los años de análisis. Cabe señalar que solo Estados Unidos presenta mayor crecimiento económico promedio en comparación al promedio de la OCDE.

Tabla 8: Tasa de crecimiento promedio anual de gasto en I+D 2010 – 2017

País	Crecimiento de gasto en I+D
Alemania	2.4%
Japón	-1.7%
Estados Unidos	3.7%

Fuente: Elaboración propia con datos del banco mundial

En la tabla 8 se observa el crecimiento promedio anual del gasto en I+D desde el año 2010 hasta 2017. En este sentido, comparando la tasa de crecimiento del PIB y el gasto en I+D, los datos indican lo siguiente: Alemania creció en PIB 1.0% y su gasto en I+D creció 2.4%; Japón decreció -2.0% en su PIB y también decreció una tasa promedio anual del -1.7% su gasto en I+D; Estados Unidos por su parte creció su PIB 3.3% y aumentó casi en la misma proporción su gasto en I+D en 3.7% por lo que los datos sugieren que se encontrarán correlaciones procíclicas de ambas variables.

Al calcular la correlación entre el gasto en I+D y el PIB de los tres de países de análisis desde el año 2010 hasta 2017. Se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 9: Coeficiente de correlación entre el gasto en I+D y el PIB 2010 – 2017

País	Correlación I+D y PIB
Alemania	0.85
Japón	0.98
Estados Unidos	0.99

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco mundial.

De acuerdo a la tabla 9 se derivan varias premisas, la primera es que los tres países tienen una correlación fuerte entre el gasto en I+D y el PIB ya que es cercana a 1 (correlación perfecta), la segunda es que Estados Unidos tiene la correlación más alta con 0.99, Alemania tienen una correlación de 0.85 y Japón 0.98 respectivamente.

Esta correlación tan alta se puede deber a varios factores, el primero es que el gasto en I+D está supeditado al crecimiento económico, es decir, el porcentaje de gasto gubernamental en I+D respecto al PIB es fijado por las autoridades de gobierno, en el caso de estos países ronda en promedio entre 0.3 y 0.5%, por lo tanto, de acuerdo al desempeño de la economía es como se ajusta el gasto en I+D el gobierno. Algo similar ocurre con el gasto en I+D en el sector empresarial que en promedio es el 2.0%, también los empresarios ajustan su gasto en I+D de acuerdo al desempeño de la economía.

El círculo virtuoso queda explicado de la siguiente manera: si existe crecimiento económico eso provoca que aumenten los presupuestos de gastos en I+D de los diferentes sectores y si el impacto en el gasto en I+D logra una aceleración de la economía esto se traducirá en mayores aportes de gasto en I+D para el siguiente periodo. Cabe mencionar que inciden otros elementos en el crecimiento económico como las instituciones y la integración económica, sin embargo, este proyecto delimita al análisis del gasto en I+D y la productividad.

### **3 PRODUCTIVIDAD Y GASTO EN I+D**

En este capítulo se explora el concepto de productividad y su relación con el crecimiento económico y, por lo tanto, en el impacto de la calidad de vida de la población. También se determina la forma en que se medirá la productividad y se hará un breve comparativo de productividad entre los países de análisis.

#### **3.1 Importancia de la productividad en la economía actual**

La productividad es un factor crucial y relevante para explicar el crecimiento económico que repercute en mejoras en los niveles de ingresos de la población, a su vez la mejora de ingresos incide en el desarrollo económico<sup>52</sup>.

La productividad también incide en una mejora en la calidad de los productos y servicios, logrando mejores precios, oferta de empleos y beneficios para el empresario<sup>53</sup>. Este círculo virtuoso genera un beneficio para la sociedad y una mayor competitividad en la economía global.

La productividad es básicamente producir más y mejor con los mismos o menos recursos disponibles, en este sentido la productividad es un indicador que implica eficiencia. La forma de lograr mayor productividad se puede dar por dos factores: mayor capacitación tanto a estudiantes como a trabajadores que repercute en un mayor capital humano y por parte de una mejora o cambio tecnológico.<sup>54</sup>

#### **3.2 Definición de productividad**

De acuerdo al documento del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) titulado El ABC de la productividad (2014) define a la productividad como:

“La relación entre la producción de Bienes, en el caso de una empresa manufacturera, o Ventas en el caso de los Servicios, y las cantidades de insumos utilizados” (p. 6).

Cabe resaltar que la productividad es un indicador que depende directamente de la cantidad de insumos utilizados, mientras mayor producto se genere, mayor será la

---

<sup>52</sup> (Foro Económico Mundial)

<sup>53</sup> (INEGI, El ABC de la productividad, 1996. p. 6.)

<sup>54</sup> (INEGI, El ABC de la productividad, 1996. p. 6.)

productividad y si son menores los insumos empleados también aumenta la productividad. De esto se deriva que la productividad es una función creciente del producto y una función decreciente de los insumos.

En este trabajo por razones de practicidad se emplea como insumo principal de la producción la mano de obra (horas trabajadas por trabajador o el número de trabajadores) para determinar la productividad de las economías de análisis.

### **3.3 Medición de la productividad**

En términos sencillos y prácticos la productividad se mide relacionando la producción con los distintos factores o insumos de producción como puede ser: tierra, trabajo y capital<sup>55</sup>.

Con base en la definición de INEGI del ABC de la productividad (2014):

“La productividad se mide mediante el cociente del valor de la producción en un periodo determinado de tiempo y las horas-hombre trabajo en la producción de dichos bienes y/o servicios en el mismo periodo” (p. 8).

La productividad laboral se puede definir como el cociente entre el valor total de la producción por unidad de trabajo.

De tal forma,  $\text{productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Unidad de trabajo (Horas-Hombre Trabajadas o número de personas empleadas)}}$ .

Nótese de acuerdo al cociente anterior que la productividad aumenta con una mayor producción y una menor cantidad de trabajo.

### **3.4 Horas trabajadas por trabajador**

De acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el promedio anual de horas trabajadas se define como “el número total de horas efectivamente trabajadas por año dividido por el promedio de personas empleadas por año”.

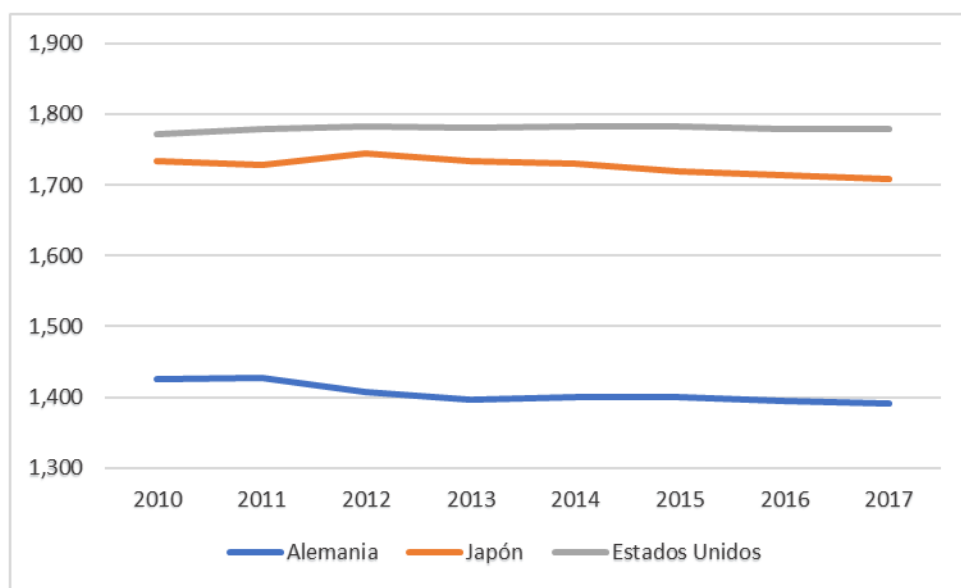
---

<sup>55</sup> (INEGI, El ABC de la productividad, 1996. p. 8.)

Se considera como principal insumo de producción el factor Horas-Hombre Trabajadas esto se debe a que es un indicador de la mano de obra, por ser una medición de horas ocupadas en la producción y por ser la variable más sensible ante los cambios de producción, es decir, las empresas ajustan de manera más rápida la mano de obra ante un repunte o declive de la economía en comparación con otros insumos como el capital o la tierra<sup>56</sup>.

A continuación, se determina la comparativa de Horas-Hombre Trabajadas de los países de análisis durante el periodo 2010 – 2017.

Gráfica 13: Horas-Hombre Trabajadas promedio anual 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

La gráfica 13 representa las horas trabajadas por trabajador promedio anual desde 2010 hasta 2017. Queda en evidencia en primer lugar la brecha que existe entre Alemania con Estados Unidos y Japón estos dos últimos países trabajan más horas respecto a los alemanes.

También cabe resaltar la tendencia a la baja que presentan las tres economías de análisis respecto a las horas trabajadas. Alemania ha reducido en casi 50 horas el

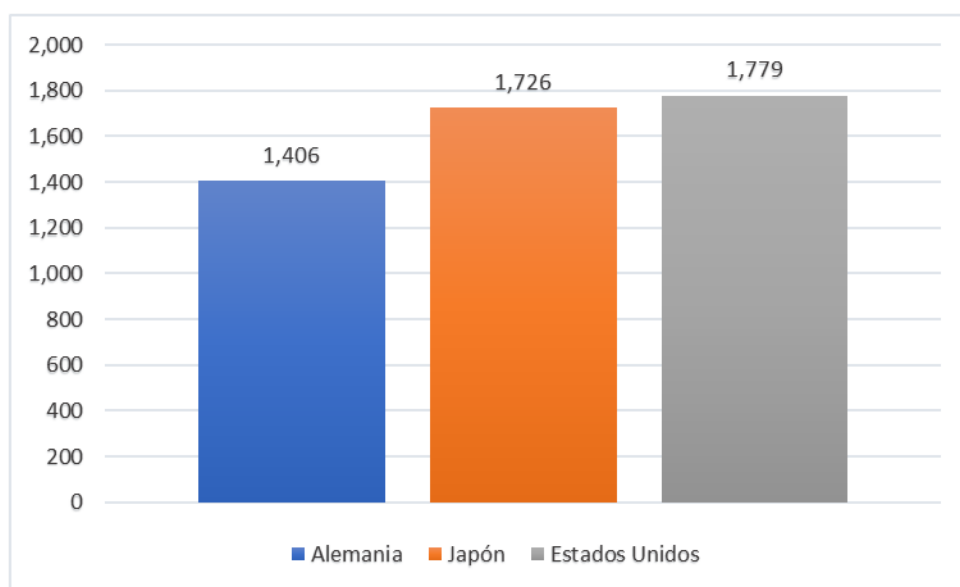
<sup>56</sup> (INEGI, El ABC de la productividad, 1996. p. 8.)

trabajo al año por trabajador. Japón ha reducido casi por 50 las horas trabajadas y Estados Unidos permanece constante las horas trabajadas.

Es importante mencionar si esas horas trabajadas reducidas se deben efectivamente a un aumento de la productividad o por el contrario se debe a fluctuaciones del PIB que ha propiciado ajustes al mercado laboral.

En la siguiente sección se determinará la productividad de los tres países y esto nos permitirá conocer si la productividad ha aumentado en los años de análisis.

Gráfica 14: Horas-Hombre Trabajadas promedio 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

Para finalizar esta sección en la gráfica 14 se mide el promedio de horas trabajadas desde 2010 hasta 2017. Efectivamente Japón y Estados Unidos son las economías que mayor trabajan en comparación con Alemania ya que en promedio trabajan 1,726 y 1,779 horas respectivamente, en cambio Alemania ha trabajado en promedio 1,406 horas.

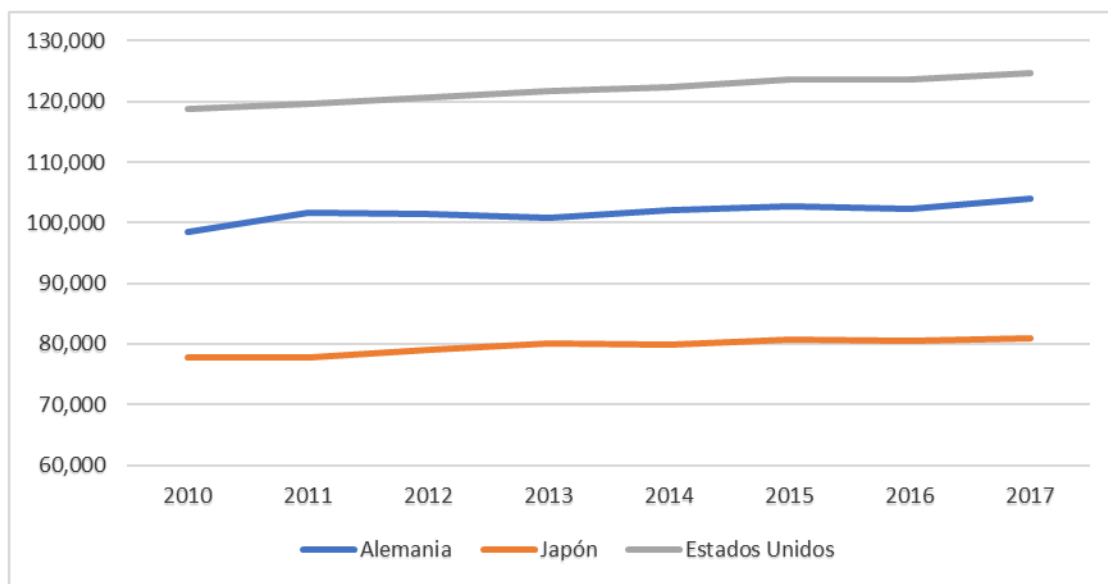
### 3.5 Comparativo de productividad entre Alemania, Estados Unidos y Japón

En esta sección se analiza la productividad de las tres economías de análisis durante el periodo 2010 – 2017. Con el objetivo de conocer la tendencia de la

productividad y el comparativo de productividad entre Alemania, Japón y Estados Unidos.

A continuación, se presenta la evolución del índice de productividad de los tres países de análisis durante el periodo comprendido de 2010 hasta 2017.

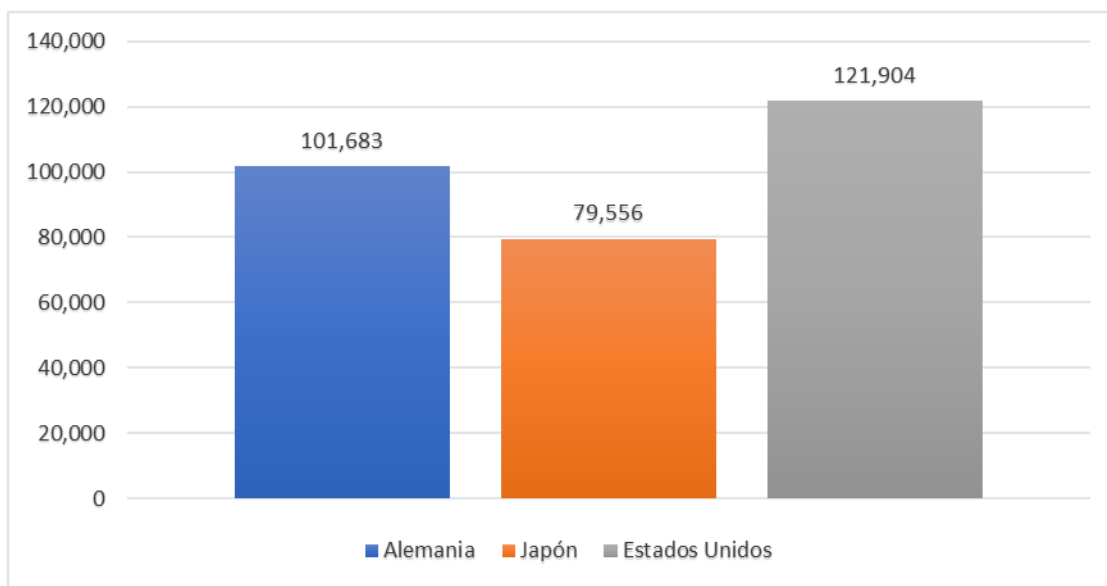
Gráfica 15: Productividad (miles de dólares por trabajador) a precios constantes 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco mundial. El PIB por persona empleada es el producto interno bruto (PIB) dividido por el empleo total en la economía a precios constantes año base 2011

La gráfica 15 muestra la productividad laboral de los tres países de análisis. En este sentido Estados Unidos en 2010 tuvo una productividad de 118.7 mil dólares por trabajador y al cierre de 2017 fue de 124.6 mil dólares por trabajador de dólares esto significa una tasa de crecimiento promedio anual de productividad de 0.6% desde 2010 hasta 2017. Alemania aumentó su productividad de 98.4 a 104 mil dólares por trabajador desde 2010 a 2017 teniendo una tasa de crecimiento promedio anual de 0.7% considerando el primero y el último año de análisis. Japón, sin embargo, no ha tenido un aumento sustancial en su productividad ya que su productividad aumentó de 77.7 a 80.8 mil dólares por trabajador desde 2010 a 2017, esto equivale a una tasa de crecimiento promedio anual del 0.5%.

Gráfica 16: Promedio productividad laboral 2010 – 2017



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

En la gráfica 16 se observa el promedio de productividad laboral de Alemania, Japón y Estados Unidos. En este sentido, Estados Unidos tiene la mayor productividad, en contraste Japón tiene la productividad más baja del comparativo a pesar de contabilizar las mismas horas de trabajo anual que Estados Unidos. Alemania es la economía que menos Horas-Hombre Trabajadas contabiliza, sin embargo, tiene una productividad mayor que Japón.

### 3.6 Análisis gasto en I+D y productividad

En este apartado se determina la productividad y su correlación con el gasto en I+D desde el año 2010 hasta 2017.

#### 3.6.1 Análisis de correlación entre el gasto en I+D y productividad

Calcular la correlación entre gasto en I+D y productividad puede brindar información relevante acerca del impacto del gasto en I+D en el aumento de la productividad de las economías.

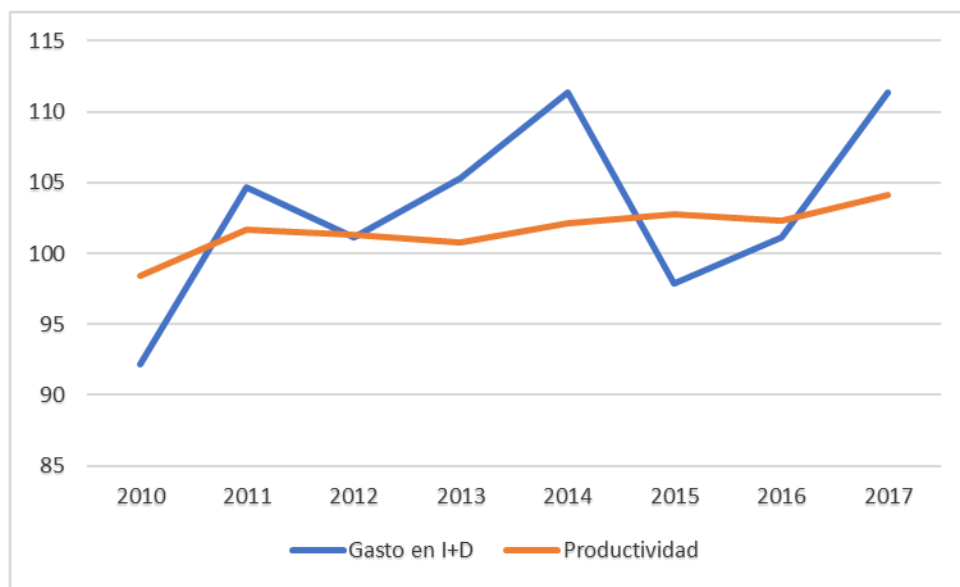
Tabla 10: Coeficiente de correlación entre el gasto en I+D y productividad 2010 – 2017

País	Correlación I+D y Productividad
Alemania	0.68
Japón	-0.80
Estados Unidos	0.97

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco mundial y OCDE.

Los resultados de correlación indican lo siguiente: en el caso de Alemania tienen una correlación de 0.68, lo que indica una correlación positiva sin llegar a ser una correlación fuerte, en el caso de Japón una correlación negativa y fuerte ya que es de -0.80 la asociación lineal entre gasto en I+D y productividad. Finalmente, en el caso de Estados Unidos la correlación es fuerte y cercana a 1 ya que se tiene una correlación de 0.97 lo que indica la presencia de correlación entre el gasto en I+D y la productividad.

Gráfica 17: Gasto en I+D (miles de millones de dólares) y productividad laboral (miles de dólares por trabajador) 2010 – 2017 Alemania

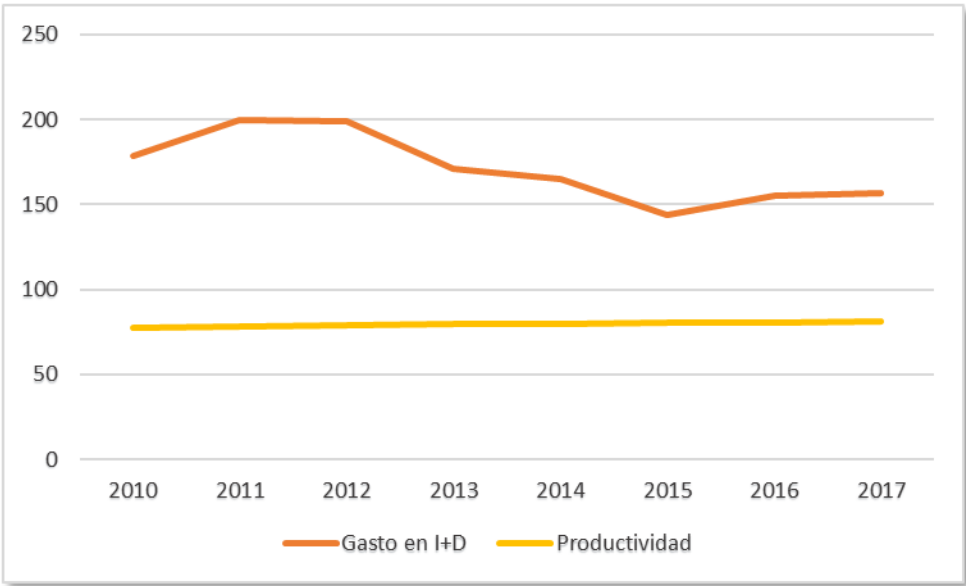


Fuente Elaboración propia con datos del Banco mundial y OCDE

La gráfica 17 muestra la tendencia entre el gasto en I+D y el índice de productividad para Alemania. Se observa la clara tendencia al alza de ambos indicadores y además la relación procíclica entre ambas variables, sin embargo, la correlación no es del todo fuerte ya que el valor fue de 0.68.

Respecto a Alemania podemos mencionar que el gasto en I+D y el PIB tienen una relación lineal fuerte (cercana a 1). En cambio, el gasto en I+D y la productividad guardan una correlación positiva de 0.68 sin mostrar una fuerte relación entre dichas variables. Además, Alemania ha mostrado a lo largo de los años de análisis una tendencia a la baja de las Horas-Hombre Trabajadas promedio anual.

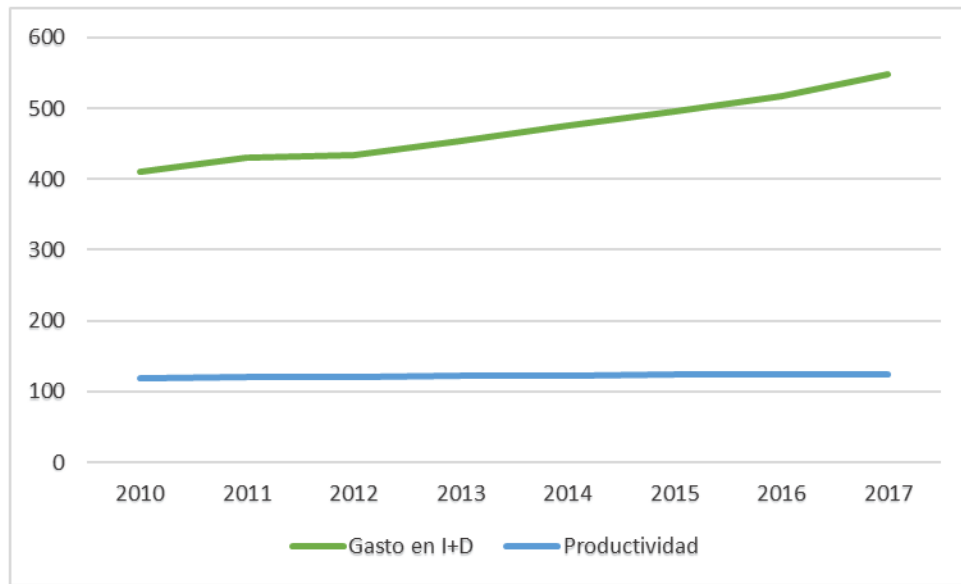
Gráfica 18: Gasto en I+D (miles de millones de dólares) y productividad laboral (miles de dólares por trabajador) 2010 – 2017 Japón



Fuente Elaboración propia con datos del Banco mundial y OCDE

La gráfica 18 muestra la correlación negativa existente entre el gasto en I+D y la productividad en Japón de 2010 a 2017, de tal forma hubo una reducción en el gasto en I+D pasando de 179 a 156 mil millones de dólares desde 2010 a 2017 y un ligero aumento en la productividad. Japón es la economía que más Horas-Hombre Trabajadas tiene en promedio durante el periodo de análisis, sin embargo, a pesar de eso, no se observa un crecimiento sostenible del PIB y la productividad.

Gráfica 19: Gasto en I+D (miles de millones de dólares) y productividad laboral (miles de dólares por trabajador) 2010 – 2017 Estados Unidos



Fuente Elaboración propia con datos del Banco mundial y OCDE

La gráfica 19 muestra la tendencia al alza tanto del gasto en I+D como de la productividad en Estados Unidos de 2010 a 2017. Además, se demuestra la fuerte correlación lineal que presentan ambas variables cercanas a 1, de esta forma el gasto en I+D tiene relación lineal respecto a la productividad de Estados Unidos. Cabe mencionar que el gasto en I+D ha mostrado un mayor crecimiento pasando de 400 mil millones de dólares en 2010 a 549 mil millones de dólares en 2017 y en cambio la productividad ha mostrado apenas un ligero aumento en el periodo de análisis

#### 4 BIENES DE CAPITAL Y GASTO EN I+D

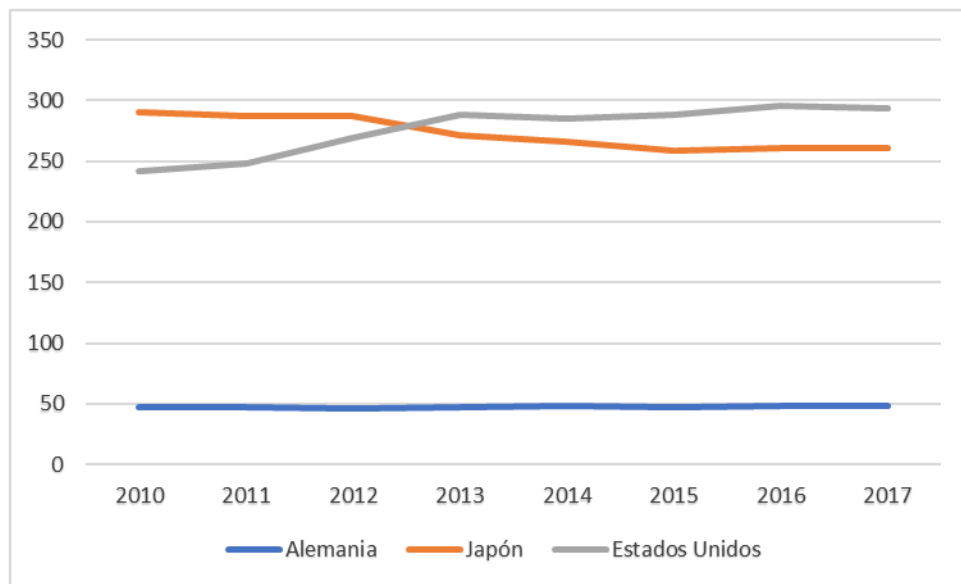
En este capítulo se analiza la evolución de los bienes de capital y se determina la correlación entre el gasto en I+D y bienes de capital (patentes y marcas comerciales) con el objetivo de determinar la asociación lineal entre ambas variables.

##### 4.1 Análisis de patentes

Por medio de los datos disponibles desde el año 2010 hasta 2017 se elabora la comparativa del número de patentes de los tres países de análisis. Para conocer cual país genera una mayor cantidad de patentes y conocer la tendencia de generación de patentes durante los años de análisis.

A continuación, se presenta la evolución del número de patentes de los tres países de análisis desde 2010 hasta 2017.

Gráfica 20: Número de solicitudes de patentes (miles) 2010 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

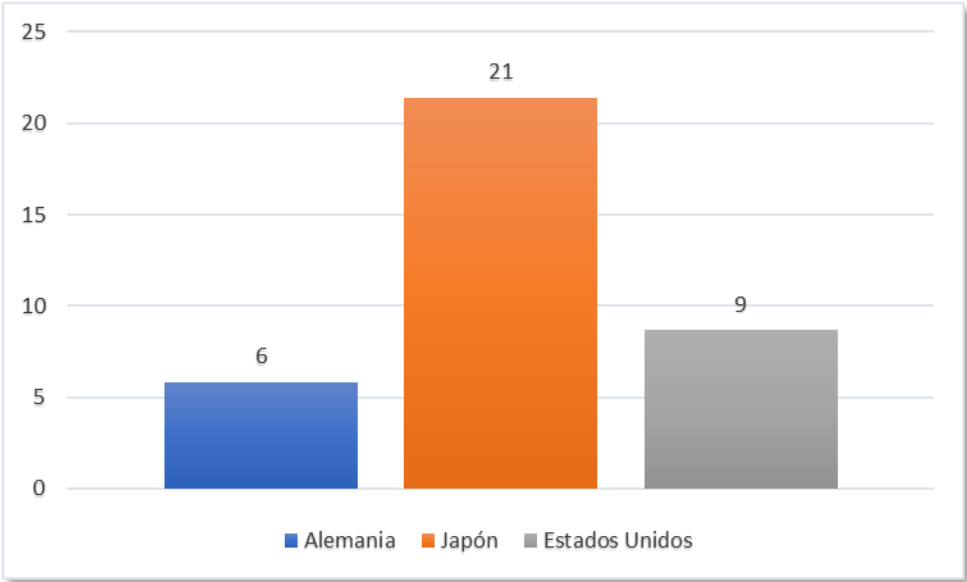
De acuerdo a la gráfica 20 el número de patentes para los tres países difiere sustancialmente en específico Alemania respecto a Estados Unidos y Japón. Alemania en promedio genera 48 mil patentes durante los años de análisis, en cambio Estados Unidos genera en promedio 273 mil patentes y Japón 236 mil patentes en promedio desde 2010 hasta 2017. Sin embargo, es interesante observar

respecto a Japón y Estados Unidos en el año 2013 ambos países produjeron casi la misma cantidad de patentes (288 mil) esto debido a la tendencia al alza que tiene Estados Unidos y en cambio la desaceleración del número de patentes que ha presentado Japón durante el periodo de análisis para cerrar en el año 2017 Estados Unidos por arriba en número de patentes respecto a Japón con casi 300 mil patentes Estados Unidos y Japón por poco más de 250 mil patentes.

Alemania no ha tenido un aumento significativo y sustancial de generación de patentes fluctuando alrededor de las 50 mil patentes en el periodo de análisis.

También es relevante medir el coeficiente de inventiva que se define como el número de solicitudes de patentes por cada 10,000 habitantes<sup>57</sup>. En este indicador se demuestra la eficacia por parte de la economía en generación de innovación.

Gráfica 21: Coeficiente de inventiva promedio (patentes) 2010 – 2017



Fuente Elaboración propia con datos del Banco Mundial

La gráfica 21 muestra el coeficiente de inventiva promedio de los países de análisis, siendo Japón el país con mayor coeficiente de inventiva igual a 21 patentes por cada 10 mil habitantes, seguido de Estados Unidos con una puntuación de 9 un y

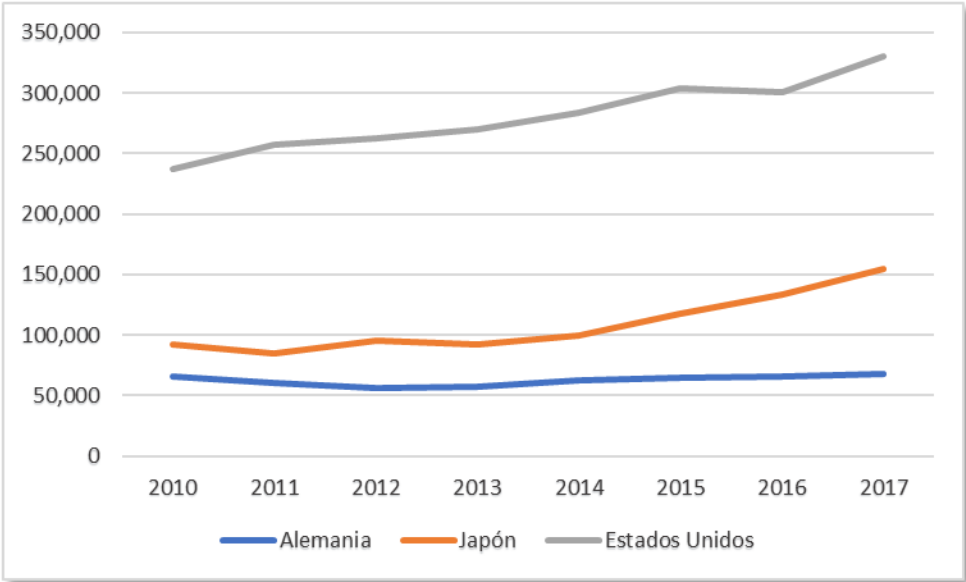
<sup>57</sup> (WIPO)

Alemania con un valor de 6 esto refleja la diferencia de producción de innovación comparada con su nivel poblacional.

#### 4.2 Análisis de marcas

Se analiza el número de marcas comerciales efectuadas durante el periodo de análisis de Alemania, Japón y Estados Unidos. También se conoce y se analiza la tendencia que presenta dicho indicador y se determina cual país genera un mayor número de marcas comerciales.

Gráfica 22: Número de marcas comerciales 2010 – 2017

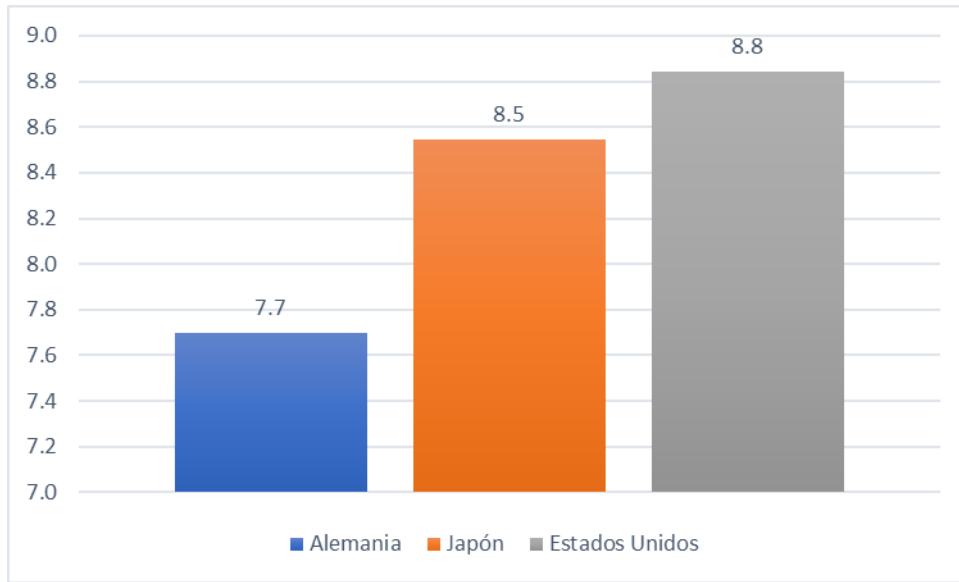


Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

De acuerdo a la gráfica 22, Estados Unidos es la economía en el comparativo con una mayor cantidad de marca comercial registrada por un promedio de 280 mil y con una tendencia al alza llegando a más de 300 mil marcas en 2017. Japón genera en promedio 108 mil marcas en el periodo de análisis y cerró en 2017 con un aproximado de 150 mil marcas registradas. En cambio, Alemania genera 62 mil marcas en promedio y su tendencia se mantiene estable durante el tiempo de análisis. En los tres países se observa un aumento de marcas comerciales.

A pesar de la brecha de registro de marcas entre los tres países, se observa una tendencia al alza de generación de marcas en los últimos años.

Gráfica 23: Coeficiente de inventiva promedio (marcas comerciales) 2010 – 2017



Fuente Elaboración propia con datos del Banco Mundial

De manera análoga al coeficiente de inventiva de patentes, en el coeficiente de inventiva de marcas comerciales que también se determinó por cada 10 mil habitantes. Japón tiene un coeficiente de inventiva de 8.5, sin embargo, la brecha entre los países de análisis disminuye significativamente al tener Japón un coeficiente de inventiva casi de 8.5 marcas comerciales por cada 10 mil habitantes, Estados Unidos 8.8 y Alemania 7.7, por lo tanto, los coeficientes de inventiva en marcas comerciales oscilan alrededor de 8.

#### **4.3 Análisis de correlación del gasto en I+D y bienes de capital de Alemania, Japón y Estados Unidos**

Medir la asociación lineal que existe entre el gasto en I+D y bienes de capital (patentes y marcas comerciales) puede brindar información relevante acerca del comportamiento de ambas variables y su incidencia.

Tabla 11: Coeficiente de correlación entre el gasto en I+D y bienes de capital 2010 – 2017

País	Correlación I+D y bienes de capital
Alemania	0.00
Japón	-0.29
Estados Unidos	0.97

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco mundial. Para calcular la correlación se sumó patentes y marcas comerciales en cada uno de los años para determinar el total de bienes de capital y se midió con el gasto en I+D en valores (dólares).

La tabla 11 muestra la correlación entre el gasto en I+D y bienes de capital, en este sentido, solo Estados Unidos tiene una correlación positiva y fuerte entre ambas variables de 0.97 es de relevancia observar que en el caso de Alemania se tiene una correlación igual a 0 y Japón tienen una correlación negativa. Esto sugiere la posibilidad de que otros factores que no están incluidos en el análisis inciden en la generación de bienes de capital.

La correlación nula de Alemania entre gasto en I+D y patentes se puede deber al tiempo requerido para que se vea el efecto del gasto en I+D en la generación de bienes de capital y probablemente a que inciden otros factores en la generación de bienes de capital como pueden ser regulaciones, entorno económico internacional, etc.

La correlación negativa de Japón entre gasto en I+D y bienes de capital se debe a la reducción presentada del gasto en I+D en Japón durante el periodo de análisis y el desfase del tiempo que tarde en tener efecto el aumento o reducción del gasto en I+D en la generación de bienes de capital.

## 5 CONCLUSIONES

Referente a los datos más relevantes del análisis del gasto en I+D, el PIB, la productividad y los bienes de capital se puede mencionar lo siguiente: la correlación entre el gasto en I+D y el PIB es alta y cercana a 1 en el caso de Alemania (0.85), Japón (0.98) y Estados Unidos (0.99), en este sentido se puede mencionar que se encuentra asociación lineal entre ambas variables, esto se da por los siguientes motivos: el gasto en I+D está supeditado al crecimiento económico al fijar un gasto en I+D como porcentaje del PIB de tal manera que al haber un aumento o disminución del producto del país el gasto en I+D se ajusta.

La correlación entre el gasto en I+D y la productividad arrojó los siguientes datos: Alemania (0.68), Japón (-0.80) y Estados Unidos (0.97). En el caso de Alemania existe una correlación entre el gasto en I+D y la productividad, sin embargo, la correlación no es fuerte. Japón tienen una correlación negativa entre el gasto en I+D y la productividad de 0.80 lo que sugiere que el efecto del gasto en I+D al disminuir esta no teniendo efecto en la productividad. En el caso de Estados Unidos la correlación entre el gasto en I+D y la productividad es cercana a 1 siendo 0.97, lo que indica el efecto del gasto en I+D en la productividad.

Los bienes de capital (patentes y marcas comerciales) no se ajustan a una correlación fuerte y positiva. Solo en el caso de Estados Unidos (0.99) la correlación es muy próxima a 1, lo que contrasta con Alemania (0) al tener una correlación acíclica y Japón (-0.29) al tener una correlación negativa. De tal manera estos resultados nos sugieren que existen otros factores que explican la producción de patentes y marcas comerciales en los casos de Alemania y Japón.

La tasa de crecimiento económico promedio anual desde 2010 hasta 2017 en los casos de Alemania, Japón y Estados Unidos, nos muestra lo complicado que ha sido mantener tasas de crecimiento positivas y sostenibles. El país con mayor crecimiento fue Estados Unidos (3.3%), seguido de Alemania (1.0%) y finalmente Japón (-2.0%). Las tasas de crecimiento promedio anual de gasto en I+D fueron las siguientes: Estados Unidos (3.7%), Alemania (2.4%) y Japón (-1.7%), los datos

indican que el gasto en I+D crece o decrece en mayor porcentaje referente al crecimiento económico.

La tasa de crecimiento promedio anual de productividad fueron las siguientes: Estados Unidos (0.6%), Japón (0.5%) y Alemania (0.7%). Estos datos indican que el gasto en I+D referente a la productividad tuvo mayor crecimiento o decrecimiento.

En conclusión, existen más factores además del gasto en I+D que inciden directamente en el crecimiento económico, productividad y generación de bienes de capital, por lo que para entender de manera más robusta las causas que inciden en el PIB se deben incorporar más variables que tengan relación directa.

## 6 GLOSARIO

**Producto Interno Bruto:** La definición de Producto Interno Bruto (PIB) en el libro de macroeconomía en la economía global de Felipe Larraín es la siguiente: “Es un indicador estadístico que intenta medir el valor total de los bienes y servicios finales producidos dentro de los límites geográficos de una economía en un periodo dado de tiempo” (Larraín y Sachs, 2002, p.5).

**Población:** De acuerdo a la definición del banco mundial “la población total se basa en la definición de facto de población, que cuenta a todos los residentes independientemente de su estado legal o ciudadanía”.

**Inflación:** La inflación se define como “el indicador que mide el cambio porcentual del nivel general de precios de la economía, es decir, es un promedio de precios de bienes y servicios de consumo y se conoce como el Índice de Precios al Consumidor (IPC)” (Larraín y Sachs, 2002, p.5).

**Tasa de interés:** “La tasa de interés real mide el retorno sobre los ahorros en términos del volumen de bienes que podrá comprarse en el futuro con un monto determinado de ahorro presente” (Larraín y Sachs 2002, p.158).

**Índice de Desarrollo Humano (IDH):** De acuerdo a la definición de la página desarrollo humano.org “El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es un indicador que mide el progreso de un país a partir de tres variables: esperanza de vida, nivel educativo y PIB per cápita”.

## 7 REFERENCIAS

Albornoz, M. (1994). *Indicadores de ciencia y tecnología*. Revista Redes de la Universidad Nacional de Quilmes. Argentina: N.º 1. Páginas 133 – 144. Recuperado el 31 de marzo de 2021 de <https://www.redalyc.org/pdf/907/90711298006.pdf>

Colander. C; Landreth. H. (2006). *Historia del pensamiento económico*. España: Cuarta edición. Mc Graw Hill.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1996). *El ABC de la productividad*. México: Recuperado el 19 de mayo de 2021 [https://books.google.com.mx/books?id=jiBHDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=productividad+de+una+economia&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwigkYOZh9bwAhVHXq0KHdEgB\\_YQ6AEwBXoECAAQAg#v=onepage&q=productividad%20de%20una%20economia&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=jiBHDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=productividad+de+una+economia&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwigkYOZh9bwAhVHXq0KHdEgB_YQ6AEwBXoECAAQAg#v=onepage&q=productividad%20de%20una%20economia&f=false)

Ivanova, A., Licon, A., Loaiza, M., Mendoza, E., Rangel, E y Uscanga, C. (2016). *Las políticas gubernamentales de ciencia y tecnología en el Asia pacífico en la posguerra: los casos de Japón y Corea del Sur*. México: Revista mexicana de estudios sobre la cuenca del pacífico. N° 20. Recuperado el 31 de marzo de <http://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/portes/article/view/1282/1154>

Gallardo-Abad (2017) *Sector de Industrias de la Ciencia y Tecnología en Alemania*. Alemania: Retomado el 30 de marzo de 2021 de <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/DOC2017740476.html?idPais=DE>

Gronbart F. (2013). *Ciencia y tecnología en Estados Unidos: crisis sistémico-estructural en los cimientos del capitalismo monopolista transnacionalizado*. La Habana, Cuba: Revista Economía y Desarrollo de la Universidad de la Habana. N° 2. Páginas 117 – 138. Recuperado el 31 de marzo de <https://www.redalyc.org/pdf/4255/425541207008.pdf>

Gujarati D. (2009). *Econometría*. México: Quinta edición. McGraw-Hill

Larraín. F; Sachs G. (2002). *Macroeconomía en la economía global*. Buenos Aires, Argentina: Segunda edición. Pearson.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (1984). *Manual for Statistics on Scientific and Technological Activities*. Paris, Francia.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2018). *Manual de Frascati 2015*. España: Recuperado el 26 de febrero de 2021 de [https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-frascati-2015\\_9789264310681-es#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-frascati-2015_9789264310681-es#page1)

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2006). *Manual de Oslo*. España: Retomado el 26 de febrero de 2021 de <http://www.itq.edu.mx/convocatorias/manualdeoslo.pdf>

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009). *Manual de Patentes 2009*. Paris, Francia: Recuperado el 26 de febrero de 2021 de [https://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos\\_relacionados/Publicaciones/monografias/manualEstadisticas.pdf](https://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos_relacionados/Publicaciones/monografias/manualEstadisticas.pdf)

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2010). *Handbook on Deriving Capital Measures of Intellectual Property Products*. Paris, Francia: Retomado el 26 de febrero de 2021 de <http://www.oecd.org/sdd/na/44312350.pdf>

Parkin. M. (2007). *Macroeconomía*. México: Pearson Education.

Rosenberg. N. (1976). *Perspectives on Technology*. Primera edición. Inglaterra: Cambridge University Press.

Rosenberg. N. (1983). *Inside the Black Box*. Technology and Economic Primera edición. Inglaterra: Cambridge University Press

Romer. P. (1990). *Endogenous Technological Change*. The Journal of Political Economy, Vol. 98, No. 5, Part 2. 71 – 102. Chicago, Estados Unidos.

Sáenz-Lorenzo, J. F. (2000). *Evolución del sistema ciencia, tecnología e industria en el mundo y en la UE*. Lluç: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas. Zaragoza, España: Nº 47. España: Recuperado el 30 de marzo de 2021 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=62252>

Sala-I-Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Barcelona, España. Segunda edición. Antoni Bosch Editor

Schumpeter. j. (1963). *Teoría de desarrollo económico*. México: Fondo de Cultura Económica.

Solow. R. (1956). *A contribution to the theory of economic growth*. Massachusetts, Estados Unidos: The MIT Press, 70, 65 - 94.

## 7.1 PAGINAS DE INTERNET DE CONSULTA

[www.bancomundial.org](http://www.bancomundial.org)

[www.desarrollohumano.org](http://www.desarrollohumano.org)

[www.oecd.org](http://www.oecd.org)

[www.es.weforum.org](http://www.es.weforum.org)

[www.es-us.finanzas.yahoo.com](http://www.es-us.finanzas.yahoo.com)