

Universidad de Lima

Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas

Carrera de Economía



# **PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES AJUSTADA AL FACTOR CAPITAL NATURAL: EL CASO LATINOAMERICANO, 1985-2015**

Tesis para optar por el título profesional de Economista

**Angela María Mori Ríos**

**Código 20121988**

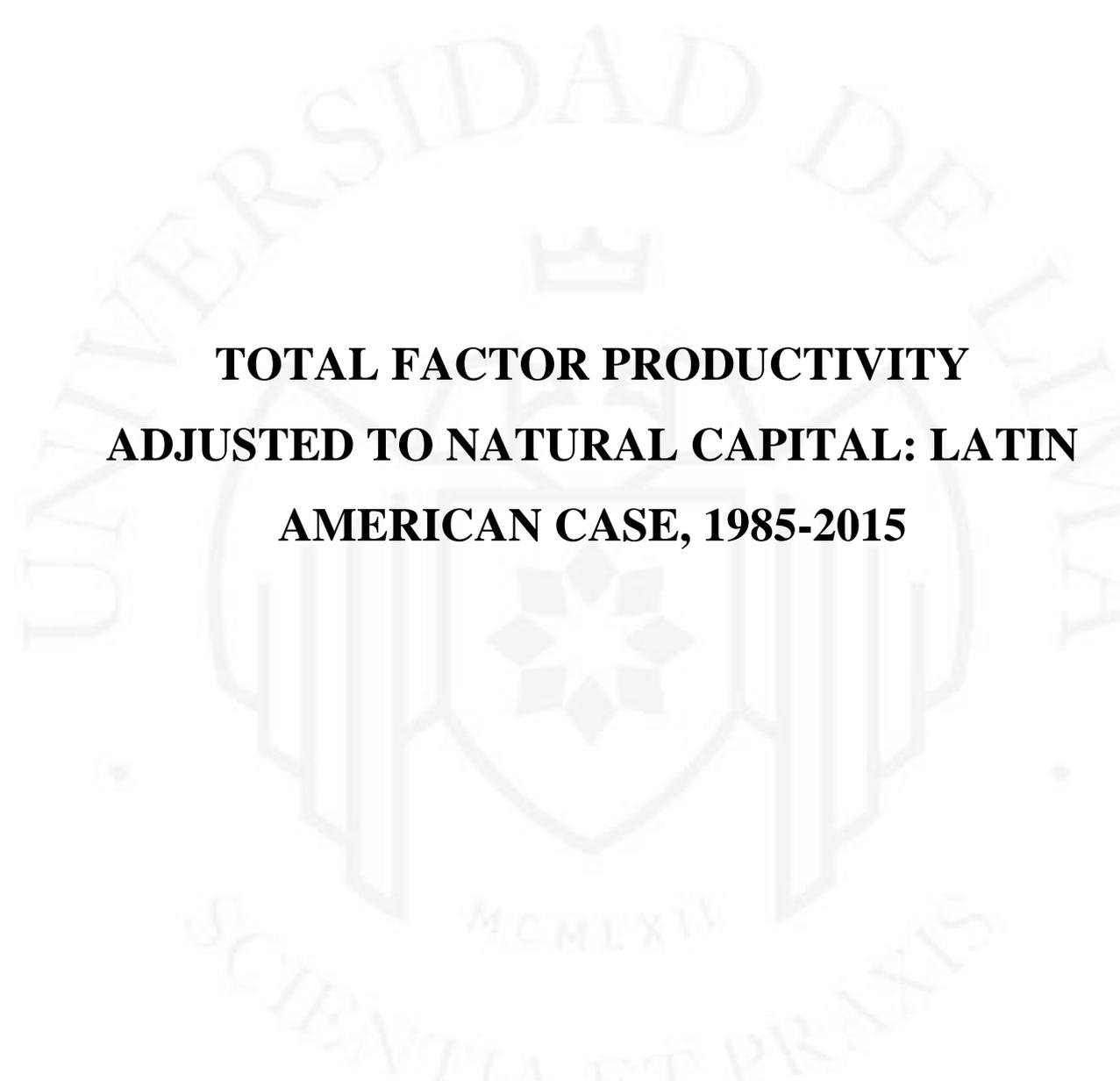
**Asesor**

Padilla Casaverde, Ricardo Manuel

Lima – Perú

Noviembre de 2021





**TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY  
ADJUSTED TO NATURAL CAPITAL: LATIN  
AMERICAN CASE, 1985-2015**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
1.1 <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
1.1.1 Definición de la Productividad	3
1.1.2 Teoría neoclásica de crecimiento económico y productividad	4
1.1.3 La productividad en América Latina	5
1.1.45	
1.1.5¡Error! Marcador no definido.	
1.2 <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
1.2.1¡Error! Marcador no definido.	
1.2.2¡Error! Marcador no definido.	
1.2.3¡Error! Marcador no definido.	
1.2.4¡Error! Marcador no definido.	
1.2.5El capital natural en América Latina	11
1.3 <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
1.4 <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>CAPÍTULO II: ESCENARIOS Y PROBLEMAS ACTUALES DE PRODUCTIVIDAD Y CAPITAL NATURAL PARA EL CASO DE AMÉRICA LATINA</b>	<b>15</b>
2.1 Contexto global	16
2.1.1 Contexto mundial: Productividad y capital natural	16
2.1.2 Contexto macroeconómico de América Latina y el Caribe	21
2.1.3 Revisión de la literatura empírica	22
2.2 Planes estratégicos de productividad y capital natural para América Latina y el Caribe (1985-2015)	23
2.2.1 Planes de productividad propuestos por el Banco Mundial	23
2.2.2 Agenda 2030 propuesta por Naciones Unidas para la conservación del capital natural	24

2.2.3 Estrategia del Banco Interamericano de Desarrollo para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible	26
2.3 Políticas de productividad y capital natural	27
2.3.1 Políticas para incrementar la productividad en América Latina	27
2.3.2 Políticas para la conservación del capital natural en América Latina	29
2.4 Hechos estilizados (1985-2015)	30
2.4.1 Estadísticas descriptivas	30
2.4.2 Medición de productividad para América Latina y el Caribe	32
2.4.3 Medición del capital natural para América Latina	36
2.4.4 Matriz de correlaciones	40
2.5 Principales problemas	43
<b>CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO Y ESTIMACIÓN DEL MODELO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>45</b>
3.1 Metodología	46
3.1.1 Enfoque conceptual	46
3.1.2 Descripción de las variables	47
3.2 Especificación del modelo	51
3.3 Estimación del Modelo	53
3.4 Presentación de Resultados	56
3.4.1 Pruebas	56
3.4.2 Presentación de resultados estimados	60
3.5 Interpretación económica	68
3.5.1 Análisis del comportamiento de las variables	69
3.6 Síntesis del capítulo	74
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>76</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>77</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Variación porcentual de la productividad total de factores respecto al año 2017.....	18
Tabla 2.2 Contabilidad del crecimiento, por fuente de crecimiento (1991-2013).....	20
Tabla 2.3 Media, desviación estándar, valores mínimos y máximos. América Latina (1985-2015).....	31
Tabla 2.4 Matriz de correlaciones .....	41
Tabla 3.1 Test de significancia .....	57
Tabla 3.2 Prueba de Fisher .....	57
Tabla 3.3 Test VIF .....	58
Tabla 3.4 Prueba Skewness y Kurtosis de normalidad de errores .....	58
Tabla 3.5 Prueba de Ramsey .....	59
Tabla 3.6 Prueba de heterocedasticidad .....	59
Tabla 3.7 Prueba de Hausman .....	61
Tabla 3.8 Prueba de Breusch y Pagan para efectos aleatorios .....	62
Tabla 3.9 Resultados de la productividad total de factores para panel data de efectos aleatorios, 1985-2015 .....	62
Tabla 3.10 Prueba Breusch- Pagan- Godfrey .....	63
Tabla 3.11 Resultados de la estimación de productividad total de factores medioambiental para panel data, corregido para autocorrelación y heterocedasticidad, 1985-2015 .....	64
Tabla 3.12 Resultados de la estimación de productividad total de factores medioambiental para panel data, corregido para autocorrelación y heterocedasticidad, 1985-2015.....	65
Tabla 3.13 Resultados de la estimación del impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero en el capital humano, usando panel data 1985-2015.....	66
Tabla 3.14 Resultados de la estimación de las rentas totales de los recursos naturales en la tasa de crecimiento del producto bruto interno, usando panel data 1985-2015.....	67
Tabla 3.15 Resultados de la estimación de la frontera eficiente .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Histograma de la tasa de crecimiento del PBI de América Latina (1985-2015).....	32
Figura 2.2 Histograma de la productividad total de factores de América Latina (1985-2015).....	33
Figura 2.3 Evolución de la productividad total de factores de América Latina (1985-2015).....	34
Figura 2.4 Evolución del trabajo (índice humano) de América Latina (1985-2015).....	35
Figura 2.5 Evolución de la acumulación bruta de capital de América Latina (1985-2015).....	36
Figura 2.6 Evolución de las rentas totales de los recursos naturales de América Latina (1985-2015).....	37
Figura 2.7 Evolución de las emisiones de CO2 en América Latina (1985-2015).....	38
Figura 2.8 Evolución de las emisiones de óxido nitroso en América Latina (1985-2015).....	39
Figura 2.9 Evolución de las emisiones de metano en América Latina (1985-2015).....	40
Figura 2.10 Relación entre la productividad total de factores y el producto bruto interno.....	42
Figura 2.11 Relación entre el producto bruto interno y las rentas totales de los recursos naturales.....	43

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo de investigación es estimar la productividad total de los factores medioambiental para el caso de países de ingresos medio altos de América Latina, durante los años 1985-2015, según la clasificación del Banco Mundial. Esto se logra a través de la inclusión de variables medio ambientales tales como rentas totales de los recursos naturales y emisiones de gases de efecto invernadero en la función de producción neoclásica.

En relación con la metodología, los datos empleados provienen del Banco Mundial y del Penn World Table 9.1. La estimación del modelo se realiza mediante un panel de datos con 8 países debido a que, además de compartir la clasificación de acuerdo con el Banco Mundial, cuentan con una dotación significativa de recursos naturales. Estos países son: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela. El método de estimación empleado es el de mínimos cuadrados generalizados.

Se encuentra evidencias de que el capital natural es una variable significativa tanto estadística como económicamente en la estimación de la productividad total de factores. Por otro lado, también se muestra que las rentas totales de los recursos naturales tienen una relación negativa en la tasa de crecimiento del producto bruto interno.

**Línea de investigación: 5300 - 6. A5**

**Palabras clave:** productividad total de factores medioambiental, crecimiento económico, capital natural, crecimiento sostenible, contabilidad de los recursos naturales

## **ABSTRACT**

The purpose of the present investigation is to estimate the environmental total factor productivity in the case of the upper middle-income countries from Latin America, among the years 1985-2015, according to the qualification of the World Bank. This is achieved through the inclusion of environmental factors such as total income from natural resources and greenhouse gas emissions based on the neoclassical production function.

Related to the methodology, the data used comes from the World Bank and the Penn World Table 9.1. The model is estimated using a panel data with 8 countries due to, besides they get the same qualification according to the World Bank, they have a significant endowment of natural resources. These countries are Brazil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Mexico, Paraguay, Peru, and Venezuela. The estimation method is generalized least squares.

There is evidence that natural capital is a significant factor statistical and economically in the estimation of total factor productivity. By the other side, it is also shown that the total income of natural resources has a negative relationship in the growth rate of the gross domestic product.

**Line of research: 5300 - 6. A5**

**Keywords:** environmental total factor productivity, economic growth, natural capital, sustainable growth, natural resources account

# INTRODUCCIÓN

La productividad de una economía se encuentra medida por la cantidad de producción alcanzada por cada unidad de capital empleado. Por lo tanto, es un factor determinante para el crecimiento, pues mide la eficiencia de los factores productivos. De acuerdo con Krugman (1997, p.11) “La productividad no lo es todo, pero, en el largo plazo, es casi todo. La habilidad de un país de mejorar su nivel de vida en el tiempo depende, casi exclusivamente, de su habilidad de aumentar su producto por trabajador.”

El propósito de la presente investigación es estudiar la relación que existe entre el crecimiento económico, el capital humano y el medioambiente, estimado a través de la función de productividad planteada por Brandt, Schreyer y Zipperer (2017, 2014, 2013).

El objetivo general es demostrar la importancia del capital natural en la productividad para el caso de los países de ingresos medio- altos de la región de América Latina: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela durante los años 1985-2015 a fin de identificar políticas para lograr el crecimiento sostenible según el nuevo enfoque de riqueza propuesto por el Banco Mundial.

La hipótesis general que se plantea es que el capital natural disponible es el factor más importante para determinar la productividad de los países de ingresos medio-altos de América Latina, de acuerdo a la clasificación del Banco Mundial: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela durante los años 1985 y 2015.

El primer objetivo específico es identificar el efecto de la degradación del medio ambiente en la productividad total de factores a fin de conocer el rol que cumplen los recursos naturales en el crecimiento económico. La hipótesis asociada a este objetivo sostiene que el stock de capital natural tiene una relación directa con la productividad total de factores durante el periodo 1985-2015 en los países seleccionados.

El segundo objetivo específico es contrastar la especificación y estimación del modelo planteado por Brandt, Schreyer y Zipperer para conocer el impacto de la contaminación del aire en la productividad del capital humano en los países seleccionados durante el periodo 1985-2015. La hipótesis es que la contaminación del aire originada por

emisiones de dióxido de carbono, emisiones de óxido de azufre y emisiones de óxido nitroso son las principales externalidades negativas que originan un pobre desempeño del capital humano, medido a través del índice de capital humano.

Finalmente, el tercer objetivo específico es analizar si la renta de los recursos naturales se ve afectada por la sostenibilidad en el uso de los mismos a fin de determinar alternativas para incentivar el desarrollo de las tecnologías ambientales. La hipótesis planteada es que existe una relación negativa entre la renta de los recursos naturales y la sostenibilidad en el uso de estos, medida a través de la variación del PBI.

La metodología empleada es un panel de datos de 8 países, con un periodo de 31 años. El método de estimación es el de mínimos cuadrados generalizados. Este es el método más adecuado para la estimación debido a que la existencia de heterocedasticidad y autocorrelación en los datos.

Los resultados de la investigación muestran que, si bien es cierto que la variable capital natural tiene un impacto en la estimación de la productividad total de factores, no es la variable más importante. Por otro lado, las emisiones de gases de efecto invernadero resultan significativas al estimar el índice de capital humano. La inclusión de las variables capital humano y capital natural en el estudio se justifica debido a que la contaminación del aire ocasiona una pérdida en el bienestar equivalente al 3.8% del PBI mundial. (Hascic et. al., 2017) Finalmente, las rentas totales de los recursos naturales muestran un impacto negativo en la tasa de crecimiento del producto bruto interno.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta las teorías relacionadas a la productividad y al capital natural a fin de definir estos conceptos y mostrar las principales fuentes académicas. Además, se presenta los principales enfoques de crecimiento económico y de gestión de recursos naturales.

En la primera sección, se presenta el concepto de productividad en el contexto conceptual del modelo de crecimiento neoclásico presentado por Robert Solow, en el cual se hace hincapié en la importancia que tiene la productividad en la determinación del crecimiento. Finalmente, se complementa con el enfoque de crecimiento sostenible de las Naciones Unidas y los estudios realizados en América Latina.

En la segunda sección, se presenta el concepto de capital natural. La importancia de esta sección radica en que se exponen conceptos como capital natural, renta de los recursos naturales y degradación del medio ambiente. Además, se hace referencia a la contaminación del aire debido a que es de suma importancia porque tiene un impacto negativo en el valor del capital humano. Se concluye la sección con la presentación de estudios del capital natural en América Latina.

Finalmente, en la tercera sección se relaciona las variables productividad y capital natural de acuerdo al modelo presentado por Brandt, Schreyer y Zipperer. Estos economistas pertenecen a la OECD y hacen ajustes al modelo neoclásico para incluir variables medioambientales. De esta manera, se puede poner de manifiesto la importancia de preservar el capital natural como factor de producción, que tiene el potencial para incrementar la productividad de una economía. Esto se logrará si es que se hace el esfuerzo por asegurar su conservación para que el crecimiento económico sea sostenible.

## **1.1 Productividad**

### **1.1.1 Definición de la Productividad**

La productividad es definida por Weil (2006) como la cantidad de producción que puede ser alcanzada por cada unidad de capital empleado. Es decir, plantea que la productividad de una economía radica en la eficacia con la que se hace uso de los factores de producción.

El nivel de producción alcanzado estará en función de la cantidad de factores de producción acumulados y de la manera cómo estos se combinan para producir. Indica además que las diferencias en la productividad entre países pueden ser explicadas haciendo la distinción entre diferencias en la tecnología o a diferencias de eficiencia.

De acuerdo a Krugman (1997) “La productividad no lo es todo, pero, en el largo plazo, es casi todo. La habilidad de un país de mejorar su nivel de vida en el tiempo depende, casi exclusivamente, de su habilidad de aumentar su producto por trabajador.” (p.11) De esta manera, es evidente que para hacer una correcta estimación del desempeño económico de un país deberá tenerse una especial atención en la productividad, pues será uno de los factores determinantes para lograr el crecimiento.

Por otro lado, Cárdenas et al. (2018) señalan que, en el largo plazo, el incremento en la productividad conduce a lograr un nivel de ingreso per cápita mayor, por lo que se incrementa también el nivel de vida de la población. Resaltan que la importancia de medir la productividad radica en que permite identificar cambios en la tecnología empleada; es decir, la capacidad de innovación del país y además hace posible reconocer la eficiencia técnica, con lo que se puede eliminar las ineficiencias productivas a nivel técnico y organizacional.

La definición de productividad planteada por Solow (1956) establece que el cambio tecnológico lleva a que la función de producción se multiplique por un factor creciente a escala.

### **1.1.2 Teoría neoclásica de crecimiento económico y productividad**

De acuerdo a la función de producción neoclásica planteada por Solow (1956), una economía produce un solo bien, definido como  $Y(t)$ . Parte de esta producción será consumida y el resto será ahorrado o invertido. Este modelo asume que la fracción de producción que se ahorra es constante y la define como  $sY(t)$ .

El stock de capital de la comunidad toma la forma de acumulación de capital físico  $K(t)$ , por lo que la inversión neta es el ratio en el cual se incrementa el stock de capital  $dK/dt$  o  $K$ . Sin embargo, la producción se logra a través de la combinación de dos factores de producción, que son el capital y el trabajo, representado por  $L(t)$ . Por lo tanto, la producción debe entenderse como el producto neto luego de realizar una depreciación del

capital. Cabe destacar que en este modelo la producción presenta rendimientos constantes a escala. En una extensión del modelo en la cual se incluye el cambio tecnológico, se establece que al multiplicar la función de producción por un factor de tecnología que presenta rendimientos crecientes a escala se obtiene  $Y = A(t)F(K, L)$  (Solow, 1956).

El uso actual del modelo de crecimiento de Solow es la contabilidad del crecimiento, en el cual la productividad total de factores es un concepto crítico.

### **1.1.3 La productividad en América Latina**

Durante las últimas décadas, la región de América Latina y el Caribe ha experimentado un crecimiento considerable. Sin embargo, este se ha debido principalmente al incremento de los precios internacionales de las materias primas más que a un incremento en la productividad de los países. De acuerdo con Hofman et al. (2017), el lento crecimiento económico de América Latina se debe a la contribución negativa de la productividad total de factores observada en los países. Ellos emplean los datos de LA-KLEMS y encuentran que esta contribución negativa se produce en todos los sectores. Por este motivo, llegan a la conclusión de que la región debe realizar un gran esfuerzo por lograr la eficiencia, pues esto impide que los países puedan aprovechar el progreso técnico.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016 a) coincide con este estudio al señalar que la región presenta un rezago en los niveles de productividad frente a otras regiones y que esto se debe a la baja propensión a invertir en Investigación y Desarrollo. Detectan que:

Al analizar la dinámica de la inversión en I+D de los países latinoamericanos entre 2004 y 2013, se observa el estancamiento de la región con respecto a otros países emergentes, que expanden sus fronteras tecnológicas y de conocimiento, e incluso con respecto a países tecnológicamente maduros y avanzados (p.22).

### **1.1.4 Productividad total de factores**

Cárdenas et al. (2018) definen la productividad total de factores como un indicador de desempeño económico. Señalan que tiene un rol muy importante para determinar la

capacidad productiva de una economía; es decir, para determinar el PBI potencial. Esta variable es considerada clave para estimar el crecimiento en el largo plazo. El factor de productividad total revela cómo es en conjunto la función de producción de una economía.

Brandt, et al. (2016), recuerdan los supuestos de la medición de la productividad total de factores. Estos son que existe rendimientos constantes a escala y que se produce competencia perfecta. Estos supuestos implican que el beneficio será igual a cero. Los costos totales son considerados iguales al Producto Bruto Interno y los pesos asignados a los factores de producción dependerán de la participación que tengan en el PBI.

El enfoque de crecimiento neoclásico se debe complementar con el enfoque de crecimiento sostenible planteado por las Naciones Unidas, en el cual se incluye el concepto de crecimiento sostenible presentado en el informe de la World Commission on Environment and Development (WECD, 1987).

#### **1.1.5 Enfoque de crecimiento sostenible de las Naciones Unidas**

El Enfoque de Crecimiento Sostenible de la WECD (1987) señala que este se define como: “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”. Por este motivo, es importante que se tome conciencia del estado en el que se encuentran los factores productivos y se realicen las acciones necesarias para garantizar que se encuentren disponibles para las generaciones venideras.

La WECD (1987) afirma que el concepto de desarrollo sostenible tiene limitaciones, que no son absolutas, debido al estado actual de la tecnología, a la organización social respecto a los recursos medioambientales y por la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de las actividades humanas.

El desarrollo sostenible requiere que se cubra las necesidades básicas de todos y que se tenga la oportunidad de satisfacer las aspiraciones que tienen de alcanzar un mejor nivel de vida.

El desarrollo sostenible global requiere que aquellos que se encuentran en una situación más ventajosa adopten estilos de vida que sean más amigables con el medio

ambiente; por ejemplo, al hacer un uso más eficiente de energía. No es sorprendente que las poblaciones que crecen rápidamente incrementen la presión sobre los recursos naturales y de esta manera puedan elevar su nivel de vida; sin embargo, el desarrollo sostenible sólo es posible si el incremento poblacional se produce en armonía con el potencial productivo del ecosistema.

La WECD (1987) sostiene que finalmente, el crecimiento sostenible no es un estado fijo de armonía, sino que es un proceso de cambio en el cual la explotación de recursos, las inversiones, la orientación del desarrollo de nuevas tecnologías y el cambio institucional son diseñados de manera consistente tanto con las necesidades futuras como con las necesidades presentes. Esta comisión señala, que, luego de su análisis se puede concluir que el crecimiento sostenible recae en la voluntad política.

Para conseguir que se cumpla el concepto de crecimiento sostenible, es indispensable que se contemple la preservación del capital natural para no afectar los medios de producción de las siguientes generaciones.

## **1.2 Importancia del Capital Natural en la Productividad Total de Factores**

El capital natural es el componente de la riqueza de un país que incluye la tierra agrícola, las áreas protegidas, los bosques, minerales y los recursos energéticos obtenidos a través de combustibles fósiles. La medición del valor de este tipo de activos se hace a través del descuento de la suma del valor de las rentas generadas durante la vida del activo.

En el reporte del Banco Mundial (BM) elaborado por Lange, et al. (2018), reconocen que se necesita realizar un mayor esfuerzo en la medición del capital natural para asignarle la importancia que se merece como componente de la riqueza de los países. Se critica el hecho de que algunos activos importantes, tales como aquellos provenientes de la pesca o el valor de recursos energéticos renovables como la energía eólica, solar y geotérmica no sean tomados en cuenta al momento de realizar la medición.

Weil (2006) destaca que el capital natural, a diferencia del capital físico y del capital humano, no puede ser producido a través de inversiones y a discreción del ser

humano, sino que representa los recursos que posee una economía independientemente de la actividad humana.

Una de las características del capital natural, excepto de los minerales y de las fuentes de energía fósiles, es que usualmente proveen múltiples bienes y servicios. Algunos de estos bienes pueden medirse adecuadamente, gracias a que su valorización se realiza a través de su valor de mercado. Sin embargo, la gran parte de servicios no son incluidos porque los mercados no cuentan con la información suficiente. Adicionalmente, el valor de algunos de los servicios brindados por los ecosistemas está incluido implícitamente en el valor de la agricultura y no son atribuidos directamente a su fuente. Como consecuencia, la riqueza nacional puede ser subestimada o el valor de algunos servicios puede ser asignado erróneamente. Para corregir este tipo de inconvenientes, es esencial tomar en consideración que las decisiones deben ser tomadas de manera tal que se haga el mejor uso de los activos del país. En este sentido, estudios recientes del Banco Mundial señalan que debe producirse un cambio en la medición de la riqueza de los países.

### **1.2.1 Nuevo enfoque de riqueza propuesto por el Banco Mundial**

De acuerdo al informe escrito por Lange et al. (2018), la riqueza de las naciones puede ser agrupada en cuatro categorías de acuerdo a los activos que poseen. Estas categorías son: capital producido y tierra urbana, capital natural, capital humano y activos extranjeros netos.

La categoría capital producido y tierra urbana incluye maquinarias, edificios, equipos y tierra residencial y no residencial. Estos activos son medidos a precios de mercado.

El capital natural hace referencia a la disponibilidad de energía, tanto aquella proveniente del aceite, gas y carbón duro y suave. Además de minerales, clasificados en diez categorías. El capital natural también comprende la tierra disponible para la agricultura, los bosques y las áreas terrestres protegidas. Cabe destacar que las áreas marinas protegidas no son incluidas aún en esta categoría. El capital natural es medido

como el valor presente de las rentas generadas por el activo durante su vida útil, en este caso hasta su agotamiento.

El capital humano es desagregado por género y status; es decir, si la persona se encuentra empleada o desempleada. La valorización del capital humano se hace a través del valor presente de las ganancias obtenidas por una persona a lo largo de su vida.

Finalmente, los activos extranjeros netos son la suma de los activos y pasivos que son externos al país. Por ejemplo, la inversión extranjera directa y los activos de reserva.

El estudio de Brandt et al. (2017) muestra que en el largo plazo la degradación de los recursos naturales sólo podrá ser sostenida si los ingresos generados por su uso se reinvierten en otros activos como capital físico o humano. Por este motivo, determinar las rentas generadas por el uso de los recursos naturales es de vital importancia.

### **1.2.2 Renta de los recursos naturales**

De acuerdo a Weil (2006), el principal determinante de la renta de los recursos naturales es la presencia o ausencia de recursos naturales. Desde su punto de vista, resultaría evidente que aquellos países que posean una dotación mayor de recursos naturales per cápita sean más ricos que aquellos que carecen de reservas.

Según Cárdenas et al. (2018), mientras que el ingreso generado por el uso de los activos naturales domésticos se encuentra plenamente identificado, no se toma en cuenta a los recursos naturales como factores de producción; es decir, no se hace una valorización correcta de las rentas de los recursos naturales. El incremento en el uso de los recursos naturales es interpretado erróneamente como un incremento en la productividad. Por este motivo, se debe analizar el impacto de este aparente incremento de la productividad en la degradación del medio ambiente, pues se puede producir un daño irreversible que a largo plazo comprometa el crecimiento económico.

### **1.2.3 Degradación del medio ambiente**

Según los conceptos planteados por la economía ambiental, el medio ambiente es un sistema abierto, del cual es posible extraer recursos, procesarlos a fin de obtener productos que serán consumidos y emitir residuos como resultado de esta transformación.

Por lo tanto, mientras más recursos son extraídos del medio ambiente, mayores cantidades de residuos volverán a él. Si se lleva al extremo, se puede llegar a un punto en el cual se sobrepase la capacidad del medio ambiente para asimilar los residuos.

Labandeira et al. (2007) señalan que una emisión excesiva de residuos puede generar cambios en el medio ambiente y cambiar sus características. A esto se le define como contaminación. Desde el punto de vista económico, el daño físico producido al medio ambiente debe tener una repercusión en el hombre; es decir, se debe generar un coste externo o una pérdida de bienestar derivada de la emisión de sustancias residuales.

De acuerdo a Weil (2006), un medio ambiente impecable es un recurso que se agota con la contaminación. Esto quiere decir que considera que es inevitable que se detenga la degradación del medio ambiente puesto que durante el desempeño de la actividad económica humana se producen desechos que contaminan el medio ambiente. Lo más importante es intentar emplear tecnología que sea lo menos contaminante posible.

#### **1.2.4 Contaminación del aire**

De acuerdo al reporte del Banco Mundial presentado por Lange et al. (2018), la contaminación del aire daña la salud humana, por lo cual produce un impacto negativo en el valor del capital humano. La incorporación del capital humano es relevante para la investigación por dos motivos. En primer lugar, el modelo de producción neoclásico establece que, en la medición de productividad, el trabajo es una de las principales variables. Por otro lado, el modelo planteado por Brandt et al. (2017) señala que para lograr que el crecimiento sea sostenible, las rentas generadas por el capital natural deben ser reinvertidas en capital humano o físico. Por lo tanto, la contaminación del aire tiene un impacto negativo en la economía global y reduce la calidad de vida de la población en general.

Algunos de los mayores contaminantes del aire son las emisiones de dióxido de carbono, de óxido nitroso y de metano. Dependiendo de su composición, pueden provenir de una variedad de fuentes. Las fuentes directas de este tipo de emisiones frecuentemente incluyen emisiones de vehículos motorizados y plantas de generación de energía. Las fuentes secundarias de este tipo de contaminante pueden ocurrir como consecuencia del

uso de fertilizantes durante la actividad agrícola o por la quema de biomasa (Banco Mundial, 2020 b).

Las consecuencias de la contaminación del aire tienen efectos muy graves en la salud humana. El Institute for Health Metrics and Evaluation estima que el número de muertes por enfermedades asociadas a la exposición a la contaminación es 5.4 veces el número de muertes anuales a causa del VIH/ Sida y 8.8 veces aquellas ocasionadas por malaria (Carey, Lange y Wodon, 2018). De esta manera, la contaminación del aire ocupa el cuarto lugar entre los riesgos fatales para la salud.

Diversos estudios reconocen que la región de América Latina destaca por mantener un alto grado de biodiversidad y riqueza natural, por lo que es considerada una potencia a nivel mundial (Quiroga, et al. 2016).

### **1.2.5 El capital natural en América Latina**

La región de América Latina y el Caribe es considerada una de las más diversas en cuanto a diversidad biológica se refiere. De acuerdo a datos de la FAO, la región alberga a más de 5 millones de km<sup>2</sup> de tierra cultivable, una cantidad importante de reservas de petróleo, el 23% de las áreas forestales del planeta. Además, es una fuente importante de recursos hídricos, pues recibe el 29% de las precipitaciones y alberga el 30% de los recursos hídricos renovables (Carvajal, 2017). Este autor indica que la región se encuentra en un momento decisivo para realizar políticas que lleven a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y que para lograrlo es de suma importancia que los países incorporen en sus planes estrategias que permitan lograr la sostenibilidad ambiental.

El Banco Mundial destaca que esta riqueza de recursos naturales disponibles ha llevado a que la región se caracterice por hacer uso de ellos a través de la exportación de bienes primarios. Esto constituye el principal acceso a los mercados internacionales. “La participación de ALC en las exportaciones mundiales en la mayoría de los bienes primarios es mucho más alta que su importancia económica en el PIB mundial.” (Sinnott et al., 2010, p. 7) Las exportaciones que generan esta situación son las de petróleo, cereales, materias primas y animales.

## **1.3 Relación de las variables productividad y capital natural**

La relación entre la productividad y el capital natural ha sido resaltada por múltiples autores. Pues se reconoce que el capital natural es un factor determinante tanto de la productividad como del crecimiento sostenible.

Según Brandt et al. (2013, 2014 y 2017), reconocer el capital natural como factor productivo puede generar cambios sustanciales en la medición del incremento de la productividad y la evaluación de las fuentes de crecimiento económico. Además, un análisis explícito del rol del capital natural es un elemento importante para comprender la sostenibilidad del crecimiento económico. El agotamiento del capital natural con frecuencia lleva a un mayor crecimiento económico en el corto plazo, pero esto sólo será sostenible si una parte de las ganancias obtenidas es empleada para producir otros activos, como capital humano o capital físico, de manera que se asegure la capacidad de la economía para generar ingresos en el largo plazo.

De acuerdo a Brandt et al. (2014), se debe tener especial cuidado al momento de estimar el incremento en la productividad debido a que puede ser fácilmente sobreestimada en el caso de países en los cuales el incremento del producto se debe principalmente al uso intensivo del capital natural. Señalan que esta situación puede llevar a hacer una estimación excesivamente optimista del potencial económico de un país y a generar expectativas muy altas de crecimiento en el largo plazo que no serán sostenibles en el tiempo. De igual manera, es posible emplear el mismo argumento para países que mantienen bajos sus costos de producción al hacer uso de tecnologías altamente contaminantes. Mientras que en el corto plazo se incrementa la producción de bienes y servicios, en el largo plazo se producirán mayores costos externos asociados a pérdidas de bienestar social y reducción del desarrollo sostenible.

Según Weil (2006) la dotación de recursos naturales de las economías tiene un impacto muy limitado en el desarrollo económico debido a la posibilidad de comerciarlos. Sin embargo, destaca que, si se aborda el problema desde una perspectiva mundial, no es posible compensar la escasez de recursos naturales a través de la importación de los mismos. Por este motivo, a pesar de que esta escasez no representa una desventaja en relación con otros países, es una debilidad para el mundo en su conjunto.

En el artículo presentado por González et al. (2018) se señala que la humanidad ha fracasado al intentar generar el suficiente progreso para resolver la mayor parte de los desafíos medioambientales, como el cambio climático, la disponibilidad de agua, la

deforestación, entre otros. Estas situaciones han generado una serie de discusiones que resaltan la imposibilidad de un continuo crecimiento económico sin producir daños ecológicos permanentes a los ecosistemas. Indican que para prevenir el colapso de los ecosistemas que dan soporte a la vida en el planeta será necesario hacer una separación entre el crecimiento económico y el impacto medioambiental de la economía.

Hudson y El Khanji (2016) llegan a la conclusión de que no es posible excluir la degradación de los recursos naturales y la contaminación al momento de estudiar el crecimiento económico. Las actividades humanas, incluyendo la urbanización e industrialización, añaden un stress a los recursos naturales que exagera su contaminación. Por lo tanto, los beneficios del crecimiento económico serán acompañados de la degradación ambiental.

#### **1.4 Síntesis del enfoque conceptual**

El principal enfoque conceptual que se utiliza en esta investigación se basa en el modelo formulado por Brandt et al. (2017). Estos autores toman como referencia la función de producción neoclásica planteada por Solow (1956), en la cual una economía produce un solo bien, definido como  $Y(t)$ . Parte de esta producción será consumida y el resto será ahorrado o invertido. Este modelo asume que la fracción de producción que se ahorra es constante y la define como  $sY(t)$ .

Por otro lado, el stock de capital de la comunidad toma la forma de acumulación de capital físico  $K(t)$ , por lo que la inversión neta es el ratio en el cual se incrementa el stock de capital  $dK/dt$  o  $K$ . Sin embargo, la producción se logra a través de la combinación de dos factores de producción, que son el capital y el trabajo, representado por  $L(t)$ . Por lo tanto, la producción debe entenderse como el producto neto luego de realizar una depreciación del capital. Cabe destacar que en este modelo la producción presenta rendimientos constantes a escala. En una extensión del modelo en la cual se incluye el cambio tecnológico, se establece que al multiplicar la función de producción por un factor de tecnología que presenta rendimientos crecientes a escala se obtiene  $Y = A(t)F(K, L)$ .

Sin embargo, Brandt, Schreyer y Zipperer (2013, 2014 y 2017) critican esta función debido a que no la consideran óptima para reflejar medir la productividad de una economía puesto que no considera el impacto generado en los recursos naturales. Señalan

que, si la estimación de la productividad no considera los “malos” outputs generados a consecuencia de la producción de bienes y servicios, existirá una severa distorsión. Esta diferencia llevará a sobreestimar la productividad en el caso de países en los cuales el incremento del producto se debe principalmente al uso intensivo del capital natural, mientras que en economías que tienen en cuenta la sostenibilidad en el uso de sus recursos, se subestimarán la productividad. Por este motivo, ellos plantean una nueva función de producción, en la cual la productividad total de factores será la suma ponderada de los inputs y los outputs, entre los que se considera los daños al medio ambiente.



## **CAPÍTULO II: ESCENARIOS Y PROBLEMAS ACTUALES DE PRODUCTIVIDAD Y CAPITAL NATURAL PARA EL CASO DE AMÉRICA LATINA**

El propósito de la presente sección es describir los hechos estilizados observados tanto en la productividad como en el capital natural de los ocho países seleccionados: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela. La selección de los países responde a que, de acuerdo a la clasificación realizada por el Banco Mundial (2020), son considerados países de ingresos medio-altos. Esto permite que los resultados obtenidos sean comparables debido a que el contexto macroeconómico de los países es similar.

En primer lugar, se presenta el contexto mundial en el que se encuentran las variables que miden la productividad y el capital natural, y luego el contexto de América Latina y el Caribe en el periodo 1985-2015. De esta manera, se tiene un marco de referencia para evaluar el desempeño de los países seleccionados. Se concluye con una breve revisión de la literatura empírica.

En segundo lugar, se muestra los principales planes estratégicos respecto a productividad y capital natural propuestos para el caso de América Latina. Se sigue el enfoque del Banco Mundial para determinar los planes de productividad. Por otro lado, se emplea el enfoque de las Naciones Unidas, a través de la Agenda 2030 para el caso de los planes de conservación del capital natural. Además, se presenta los planes formulados por el Banco Interamericano de Desarrollo para lograr que el crecimiento económico se alcance de una manera que sea sostenible.

En tercer lugar, se presenta las políticas a seguir para lograr el incremento de la productividad y la conservación del capital natural para la región de América Latina. En esta sección se muestra tanto los esfuerzos realizados por el Banco Interamericano de Desarrollo, como de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) a fin de que la región abandone el estado de estancamiento en el que se encuentra respecto a productividad y mantenga el status de potencia a nivel de recursos naturales.

A continuación, se plantean los hechos estilizados respecto a las variables de estudio. Se inicia con la presentación de estadísticas descriptivas que permiten tener una noción general del estado de las variables; luego, se presenta la evolución histórica de las variables. Esa sección concluye con una matriz de correlaciones, para determinar el efecto que tienen las variables y cuáles son las más importantes para el estudio.

Finalmente, se concluye el capítulo con una síntesis de los principales problemas encontrados en las variables productividad total de factores, capital natural, capital producido, capital humano y los gases contaminantes como emisiones de dióxido de carbono, óxido nitroso y óxido de azufre.

## **2.1 Contexto global**

### **2.1.1 Contexto mundial: Productividad y capital natural**

El Reporte de Competitividad Global presentado por el Foro Económico Mundial (Schwab, 2018) afirma que, en medio de la evolución tecnológica, la polarización política y la leve recuperación económica que viene experimentándose a nivel mundial es necesario que se trace e implemente nuevas maneras de conseguir crecimiento económico y bienestar. Este reporte establece que la productividad es el determinante del crecimiento a largo plazo y, a fin de cuantificarla, construye el Índice de Competitividad Global. Este permite integrar tanto los determinantes establecidos como los nuevos aspectos que llevan al incremento de productividad y al crecimiento económico.

El Índice de Competitividad Global está conformado por doce pilares, entre los que destacan el rol del capital humano, innovación, resiliencia y agilidad; además, destaca la importancia del buen manejo de la tecnología para lograr incrementos significativos en el desempeño económico. Finalmente, permite realizar un análisis a través de la información estadística que brinda, que permite el desarrollo de políticas racionales, orientadas al crecimiento en el largo plazo.

Este índice revela que muchos países se encuentran lejos de alcanzar la frontera de competitividad; es decir, de encontrar la combinación eficiente en el uso de los factores productivos que determinan la capacidad de desarrollar sus ventajas competitivas. El promedio mundial, de acuerdo a este índice, es de 60% (Schwab, 2018). Esto indica que la mayor parte de los países aún presentan la posibilidad de implementar medidas para

impulsar el crecimiento de largo plazo. Los resultados obtenidos entre países varían significativamente. A pesar de que existe un desempeño heterogéneo en los doce pilares que conforman este índice, es posible identificar casos de estudio que permiten aprender acerca de métodos exitosos para incrementar la competitividad.

El país que se encuentra más cerca de la frontera óptima es Estados Unidos, con un puntaje de 85.6, sobre 100 puntos posibles para el año 2018. Este país es seguido por Singapur, Alemania, Suiza y Japón. Esto indica que incluso los países más exitosos tienen posibilidad de implementar medidas que permitan mejorar. Por otro lado, aquellos que se encuentran rezagados en este indicador son Burundi, Angola, Haití, Yemen y Chad, con 37.5, 37.1, 36.5, 36.4 y 35.5 puntos, respectivamente (Schwab, 2018).

Adicionalmente, de acuerdo al Compendio de Indicadores de Productividad publicado por la OECD (2019), las tendencias de productividad en el corto plazo para los países de la OECD muestran que desde el año 2010 la evolución de los indicadores de productividad permanece por debajo de los niveles esperados. Señalan, además, que en economías emergentes tales como Brasil, Rusia o Sudáfrica se observa también este pobre desempeño, llegando incluso a ubicarse por debajo de su frontera de productividad.

La Tabla 2.1 muestra cómo, en la mayoría de los países de la muestra empleada por la OECD, se produjo una desaceleración en el ritmo de crecimiento de la productividad de factores si se compara el año 2001 con el año 2010. El Compendio de Indicadores de Productividad explica estos resultados estableciendo que, luego de la crisis económica mundial en el año 2007, se alcanzaron niveles de empleo bastante altos. Sin embargo, este hecho es preocupante debido a que el incremento en las tasas de empleo se ha producido en actividades de baja productividad laboral. Esto generó que en muchos países como Bélgica y Finlandia se produjera una destrucción de la productividad laboral.

**Tabla 2.1***OECD: Productividad total de factores, respecto al año 2017**Variación porcentual*

Pais	CodPais	Año1995	Año2001	Año2010
Korea	KOR	2.53	3.29	1.13
Germany	DEU	.77	.81	.91
Canada	CAN	.64	.34	.8
Japan	JPN	.61	.78	.79
Denmark	DNK	.3	.51	.75
Ireland	IRL	1.8	1.19	.7
Australia	AUS	.69	.12	.6
Finland	FIN	1.13	1.87	.5
Sweden	SWE	.8	1.89	.38
France	FRA	.48	.64	.35
Austria	AUT	.61	1.24	.24
Switzerland	CHE	.47	.82	.23
United States	USA	.91	1.31	.21
Netherlands	NLD	.56	.76	.18
United Kingdom	GBR	.82	1.57	.13
Spain	ESP	-.09	-.16	.13
New Zealand	NZL	.23	.52	.1
Norway	NOR	.24	.15	.09
Italy	ITA	-.18	-.51	.08
Belgium	BEL	.14	.72	-.09
Portugal	PRT	.03	.02	-.14
Luxembourg	LUX	-.02	1.06	-.61
Greece	GRC	-.07	1.11	-1.31

Nota. De *Compendium of Productivity Indicators*, por OECD, 2019 (<http://oe.cd/disclaimer>)

Por otro lado, las proyecciones a largo plazo muestran que el incremento en la productividad se encuentra por debajo del promedio histórico. La desaceleración en el crecimiento de la productividad laboral y la productividad total de factores ha sido un elemento común en muchos países y, al observar las tendencias de largo plazo, existe evidencias de que mostraban esta tendencia antes de que iniciara la crisis (OECD, 2019).

Para definir el desempeño del capital natural a nivel mundial, la OECD (2017) muestra diferentes indicadores para definir el nivel de bienestar de la población de acuerdo al país en el que se ubican, uno de los indicadores más importantes es el capital natural. Este se mide mediante la calidad de los recursos naturales, que se hace a través de la determinación de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, que

tienen una repercusión negativa en la calidad del aire. Los resultados detallados de estas mediciones se presentan en el reporte Green Growth Indicators.

En este reporte se resalta la importancia de conseguir crecimiento y desarrollo económico mientras se garantiza que el capital natural continúe brindando recursos y servicios medioambientales, de los cuales depende el bienestar de la población. El reporte indica que la habilidad de los países para sostener el crecimiento económico y el progreso social en el largo plazo dependerá de la capacidad que tengan para proteger el capital natural que poseen. Esto lo podrán lograr de diversas maneras, tales como reducir la dependencia de los recursos naturales como fuente de crecimiento, luchar contra la contaminación, mejorar la calidad tanto del stock de capital físico como humano y, finalmente, de lograr tener instituciones sólidas. (Hascic et al., 2017)

Los resultados del reporte Green Growth Indicators muestran que el capital natural contribuyó significativamente al crecimiento económico. En la tabla 2.2 se muestra la contabilidad del crecimiento, desagregada por fuente de crecimiento. Se destaca el caso de la Federación Rusa, pues desde el año 1994 el 23% del crecimiento del producto se debió a la extracción de activos del subsuelo (Hascic et al., 2017). Este caso es alarmante debido a la alta dependencia de las rentas de los recursos naturales y plantea la necesidad de identificar nuevas fuentes para lograr crecimiento en el largo plazo. Otros países que han conseguido crecer a expensas de su calidad medioambiental son India, Arabia Saudita, China, Turquía y Corea del Sur.

**Tabla 2.2***Contabilidad del crecimiento por fuente de crecimiento, 1991-2013*

País	a	b	c	d	e	f
China	10.21	9.46	.44	6.25	.27	2.5
India	6.52	5.55	.89	2.48	.08	2.1
Chile	5.2	5.03	.64	2.5	.35	1.54
Israel	5.16	4.89	1.39	1.5	.3	1.7
Latvia	4.59	4.82	-.53	3.39	0	1.96
Lithuania	4.58	4.81	-.26	2.06	0	3.01
Indonesia	4.95	4.69	.47	1.91	.09	2.22
Ireland	4.62	4.66	.77	.8	-.01	3.09
Estonia	4.51	4.59	-.43	1.78	.02	3.23
Slovak Republic	4.15	4.39	-.02	2.04	0	2.36
Korea	5.28	4.39	.2	1.32	0	2.87
Costa Rica	4.83	4.33	.92	1.87	0	1.54
Argentina	4.4	4.31	1.33	1.2	.02	1.75
Luxembourg	3.68	3.97	.94	1.55	0	1.47
Poland	3.69	3.76	-.25	1.4	0	2.61
Saudi Arabia	4.29	3.43	.43	.62	.55	1.83
Colombia	3.57	3.28	.6	1.17	.15	1.36
Czech Republic	2.55	3.24	-.1	1.66	0	1.68
Australia	3.29	3.14	.57	.62	.15	1.81
Turkey	4.01	2.9	.31	2.14	.05	.4
Russia	2.59	2.8	.17	-.08	.63	2.08
Brazil	3.11	2.73	.44	.88	.09	1.32
Iceland	2.68	2.71	.14	.06	0	2.51
Norway	2.48	2.67	.23	.88	.03	1.54
Slovenia	2.53	2.67	-.39	1.09	0	1.97
United States	2.48	2.56	.32	.5	.02	1.72
New Zealand	2.63	2.54	.82	.7	.02	.99
South Africa	2.66	2.5	.37	.98	.01	1.14
United Kingdom	2.08	2.42	.15	.5	-.04	1.8
Netherlands	1.99	2.39	.46	.57	.01	1.35
Canada	2.36	2.38	.5	.52	.01	1.35
Sweden	2.04	2.32	.11	.79	.01	1.41
Hungary	1.76	2.26	-.39	1.14	-.02	1.52
Austria	1.9	2.2	.21	.5	0	1.49
Germany	1.44	2.13	-.07	.42	0	1.78
Mexico	2.78	2.13	.25	.89	.01	.98
Belgium	1.8	2.07	.24	.57	0	1.26
Finland	1.77	2	-.15	.43	.01	1.71
Spain	2.04	1.96	.42	.54	0	.99
France	1.57	1.88	.05	.44	0	1.39
Switzerland	1.55	1.78	.28	.58	0	.93
Denmark	1.48	1.62	.07	.48	-.01	1.08
Portugal	1.53	1.61	.13	.6	0	.88
Japan	.93	1.34	-.32	.53	0	1.13
Greece	1.01	1.09	-.06	.81	0	.33
Italy	.73	1.03	.01	.33	0	.69

Nota. De *Green Growth Indicators*, por OECD, 2017 (<http://oe.cd/disclaimer>)

a: variación porcentual del PBI

b: variación porcentual del PBI ajustado a contaminación

c: contribución del trabajo

d: contribución del capital producido

e: contribución del capital natural

f: variación porcentual de la productividad total de factores medioambiental

### **2.1.2 Contexto macroeconómico de América Latina y el Caribe**

Durante los últimos años, la economía de América Latina y el Caribe ha presentado una desaceleración económica originada por la crisis mundial del año 2007. La CEPAL señala que a pesar de que los signos de recuperación aún son modestos, ya se empieza a sentir un cambio. Destacan que las perspectivas económicas son diferentes entre los países debido a la heterogeneidad existente (OECD et al., 2018).

El reporte Perspectivas económicas de América Latina 2018 indica que las instituciones serán de vital importancia para fomentar la integración comercial, a fin de elevar la productividad y poder superar la trampa del ingreso medio (OECD et al., 2018). La tesis de Bilibio (2018) muestra que 11 de los 30 países de ingresos medio bajos se encontraban en América Latina en el año 2010. Se muestra que el éxito de los países asiáticos se debió principalmente a la eficiente implementación de un cambio estructural, a través del cual se dio mayor énfasis a actividades que requieren generar valor agregado.

La CEPAL informa que, en el mediano plazo, la baja productividad exhibida por la región de América Latina y el Caribe es un factor que limita el impulso de crecimiento, pues sigue siendo el problema central. La baja diversificación de sus exportaciones, al igual que el poco valor agregado de las mismas y la poca participación en las cadenas globales de valor generan que la región tenga dificultades para conseguir ganancias de productividad. Por este motivo, afirman que es necesario que se produzcan una serie de respuestas institucionales que permitan construir un modelo de crecimiento que garantice el crecimiento sostenido y mejore el bienestar (OECD et al., 2018).

La heterogeneidad en el desempeño económico de la región se refleja en las diferencias en lo concerniente a exposición al entorno externo y a la formulación de la política económica nacional. En el caso de Brasil, se espera que el incremento en el precio de las materias primas y la baja inflación mostrada ayuden a un crecimiento importante. Por otro lado, en el caso de Argentina, Colombia, Panamá y Perú, el rezago en la ejecución de los planes de infraestructura puede volverse un factor clave que afectará la

actividad económica. En el caso de México, la incertidumbre respecto a la inflación y a las tasas de interés afectarán tanto la inversión como el consumo. El único país que permanecerá en recesión será Venezuela (OECD et al., 2018).

### **2.1.3 Revisión de la literatura empírica**

El Banco Interamericano de Desarrollo revela que las condiciones que permitieron el crecimiento de las economías latinoamericanas durante las décadas pasadas difícilmente se repetirán. Además, se advierte que las tasas de desempleo y los factores de crecimiento de largo plazo, que serán los responsables de la sostenibilidad del crecimiento, han experimentado un desempeño pobre. Los resultados de este estudio muestran que es necesario explorar diversas dimensiones para determinar las políticas a seguir para incrementar la productividad, pues la heterogeneidad observada entre países, e incluso entre sectores dentro del mismo país hacen que se deba ser sumamente cuidadoso al momento de formular políticas. Se llega a la conclusión de que, además de los factores macroeconómicos y regulatorios, es importante incluir aspectos microeconómicos en el estudio. De esta manera, se puede tener conocimiento tanto de las decisiones como de las estrategias específicas empleadas por las empresas, que permitirán una mejor comprensión de los determinantes de productividad a nivel agregado (Grazzi, 2016).

En relación al crecimiento económico y productividad, Hofman (2017) realiza un análisis del crecimiento económico de 5 economías de la región de América Latina durante los últimos 20 años. El estudio hace uso de la base de datos LA-KLEMS con el fin de identificar los determinantes de la productividad de los países investigados. Los resultados muestran que la región tiene un severo atraso en lo referente a productividad, originada por la contribución negativa de la productividad total de factores. Este problema se presenta tanto a nivel de países como en los sectores productivos de cada una de las economías, incluyendo los sectores en los que el stock de capital exhibe la mayor preponderancia. En este estudio se llegó a la conclusión de que la región enfrenta dos problemas que, al presentarse simultáneamente, generan el pobre desempeño en cuanto a productividad. Estos problemas son la baja productividad del capital y la mala asignación de los factores productivos.

En cuanto al rol del capital natural en el crecimiento económico, Quiroga et al. (2016) indica que es de suma importancia que la conservación del medio ambiente se encuentre como tema prioritario en las políticas públicas a nivel mundial. Este informe destaca la importancia de la región de América Latina y el Caribe respecto a la abundancia y diversidad del capital natural. Se indica que, a pesar de que en los últimos años se ha logrado avances para incluir en la política pública la sostenibilidad ambiental, la región aún se encuentra afrontando un proceso de deterioro ambiental que amenaza la sostenibilidad. El crecimiento demográfico y económico requiere del uso intensivo de los recursos naturales, lo que acentúa la precariedad de la situación ambiental de la región.

## **2.2 Planes estratégicos de productividad y capital natural para América Latina y el Caribe (1985-2015)**

### **2.2.1 Planes de productividad propuestos por el Banco Mundial**

Para incrementar la productividad de los países, el Banco Mundial elabora planes de acuerdo a los sectores económicos, cuya ejecución oscila entre los 3 y 10 años. Entre estos planes destacan el de producción agrícola y el de minería, debido a que son los principales sectores que generan crecimiento económico en los países seleccionados y, simultáneamente, tienen un impacto negativo en el capital natural.

El plan de producción agrícola destaca el rol de la agricultura peruana y muestra las políticas que fueron implementadas para mejorar su productividad como un ejemplo de éxito, que puede ser replicado por la región de América Latina. En este plan se menciona que el crecimiento de la productividad total de factores del sector agrícola peruano se ha duplicado desde 1990. Sin embargo, este crecimiento ha sido heterogéneo si es que se analiza a nivel regional, pues la agricultura de la costa se caracteriza por un alto nivel de automatización, así como el uso de fertilizantes y pesticidas, a diferencia de las demás zonas.

La visión del sector agrícola que presenta el informe y que indica como el camino a seguir por la región se basa en cinco pilares importantes. Estos son la producción agrícola como factor de crecimiento, la agricultura como un sector que ayuda en la reducción de pobreza, la agro exportación como medio de incorporación a los mercados globales, la agricultura como base de la seguridad alimentaria y la agricultura como

elemento importante para la gestión sostenible de recursos naturales (Banco Mundial, 2017).

Por otro lado, el plan de productividad minero señala la importancia de disminuir las emisiones de contaminantes. Indica que es de suma importancia que las empresas mineras reduzcan el uso de carbono para cumplir con el Acuerdo de París respecto al Cambio Climático 2015. Este acuerdo ha determinado que se produzca una dramática reducción de la demanda de carbón a nivel mundial. Destaca que, para conseguir que las actividades cotidianas del ser humano sean realizadas de una manera amigable con el medio ambiente, será necesaria una transformación tecnológica, en la que se requerirá de productos mineros para la producción de tecnologías limpias. El estudio se centra en la demanda de minerales y metales para la producción de energía eólica, solar y baterías de almacenamiento de energía. Entre los minerales que incrementarán su demanda como parte de esta transición tecnológica se encuentran el aluminio, cobre, hierro, litio y acero. Sin embargo, destacan que, para que la actividad minera sea reconocida por su colaboración tanto a la productividad como a la sostenibilidad ambiental, es necesario que la transformación tecnológica se lleve a cabo (World Bank Group, 2017).

Adicionalmente a los esfuerzos del Banco Mundial para incrementar la productividad, Naciones Unidas propone la Agenda 2030 en la que, además de buscar el crecimiento económico, se garantiza la conservación del capital natural.

### **2.2.2 Agenda 2030 propuesta por Naciones Unidas para la conservación del capital natural**

La Agenda 2030 elaborada por Naciones Unidas (2016) se encuentra formulada de acuerdo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La Agenda plantea metas que corresponden a cada uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estas metas se presentan tanto a mediano como largo plazo. Las metas a mediano plazo, se plantea que sean cumplidas en el año 2020 y las metas de largo plazo deberán ser cumplidas en el año 2030.

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, a pesar de que se encuentran enfocados en diversos temas específicos, se entrelazan de manera transversal y requieren de la intervención de múltiples actores económicos para que se logre cumplirlos. La

presentación de esta agenda es sumamente beneficiosa para América Latina y el Caribe, puesto que destaca la importancia de la reducción de desigualdades, el crecimiento económico inclusivo, ciudades sostenibles y el cambio climático (ONU, 2016).

De acuerdo al Reporte de Desarrollo Sostenible 2020 (Sachs et al., 2020), los países de ingresos medio- altos a nivel mundial alcanzan 73.2 puntos de 100 posibles en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. A través de los datos se puede afirmar que este grupo de países aún no ha logrado cumplir ninguno de los objetivos. Sin embargo, muestran mejoría en erradicar la pobreza, educación de calidad, igualdad de género, trabajo decente y crecimiento económico y consumo y producción responsable. Los objetivos en los que existe retos significativos son hambre cero, salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres y alianzas para lograr los objetivos. Finalmente, los objetivos en los que se presenta los mayores desafíos son reducción de las desigualdades y paz, justicia e instituciones sólidas.

La CEPAL (2016 b) plantea los lineamientos que deben seguir los países de la región para lograr el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Se destaca la importancia de que las políticas propuestas se ejecuten bajo el principio de igualdad dimensional, pues es lo que se busca con el modelo de desarrollo presentado. Se establece que, para lograr mejorar tanto el capital natural como la productividad laboral, es indispensable que el cambio estructural hacia un modelo de desarrollo amigable con el medio ambiente sea progresivo. De este modo, se buscará la reducción del uso de carbono, se generarán empleos de calidad y se procurará que exista correspondencia entre la tendencia de largo plazo de la tasa de crecimiento y el momento del ciclo económico en el que se encuentra la economía.

Las políticas que deben implementarse se agrupan en tres ámbitos: la gobernanza internacional para la producción de bienes públicos, las políticas públicas nacionales y la cooperación de la región en el debate mundial. Entre las políticas planteadas para fomentar la creación de bienes públicos a nivel global, proponen la coordinación, tanto a nivel fiscal como de políticas cambiarias y financieras. Además, plantean la necesidad de crear fondos para incentivar las tecnologías ambientales, así como difundir los estándares ambientales para disminuir la comercialización de bienes intensivos en carbono. Por otro

lado, se debe fomentar políticas públicas nacionales que aseguren la estabilidad fiscal y monetaria. Las estrategias que proponen son: la creación del espacio fiscal plurianual para impulsar la inversión pública, la orientación de la política monetaria a la estabilidad nominal, incentivar las energías limpias en la matriz energética, retirar los subsidios a los combustibles fósiles y aumentar los impuestos a los sectores altamente contaminantes. Finalmente, entre las políticas destinadas a fortalecer la cooperación de la región en el debate mundial, destacan la importancia de la colaboración entre países para crear un mercado común, a través de la aplicación de estándares comunes, del desarrollo de cadenas regionales de valor en bienes y servicios ambientales y la creación de un fondo que permita la compra y el licenciamiento de patentes (CEPAL, 2016b).

### **2.2.3 Estrategia del Banco Interamericano de Desarrollo para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

El BID (2016) planteó en el año 2015 una actualización de su estrategia para lograr que la región de América Latina y el Caribe cumpla con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por el Banco Mundial. Las áreas en las que se desarrolla en enfoque del BID son productividad e innovación, integración económica e inclusión social y desigualdad. Estas áreas se relacionan de manera transversal con la igualdad de género, cambio climático y sostenibilidad ambiental y capacidad institucional.

Para implementar la estrategia del BID, fue necesaria la asociación con diversos organismos. Entre estos, se encuentran los gobiernos, la sociedad civil y diversos bancos que se enfocan en el desarrollo económico. La intervención del BID se produce tanto en el financiamiento de los proyectos o programas como en el ofrecimiento de recursos adicionales como la cooperación técnica.

Respecto al cambio climático, el BID (2016) reconoce la vulnerabilidad de la región. Se estima que las pérdidas materiales provocadas por desastres naturales ascenderán a \$100 mil millones al año 2050.

Para lograr el establecimiento de ciudades sostenibles, el BID organiza conferencias con expertos. De este modo, se brinda la capacitación necesaria y se impulsa los proyectos de investigación. Una vez que los proyectos son presentados, el banco brinda el financiamiento necesario y fomenta su difusión a través de UrbanLab.

El programa sobre servicios ecosistémicos incluye la generación de conocimientos respecto a la biodiversidad y los ecosistemas. Esto permite que el conocimiento adquirido sea empleado al momento de formular políticas y de realizar operaciones tanto en el sector público como en el privado. Este programa ha brindado financiamiento a más de 30 estudios y ha concedido \$59 millones en préstamos (BID, 2016).

## **2.3 Políticas de productividad y capital natural**

### **2.3.1 Políticas para incrementar la productividad en América Latina**

El BID presentó la agenda para lograr el crecimiento con productividad en la región de América Latina y el Caribe (Cavallo & Powell, 2018). Se estima que la región crecerá en un 1.9%, mientras que el crecimiento de la economía a nivel mundial se proyecta en 3.9%. Se sostiene que esto se debe tanto a factores estructurales como temporales, por lo que se debe formular una estrategia que permita la convergencia de los ingresos de los países a aquellos de renta alta. Según el BID (2018) este objetivo ha sido esquivo a la región durante muchos años y se estima que cumplir con este reto va a ser una tarea complicada debido a que la región requerirá de diversificar sus fuentes de crecimiento para que este sea sostenible en el mediano y largo plazo. Esto se debe a que difícilmente el precio de los commodities experimente un crecimiento tan alto como en décadas anteriores, por lo que los países deberán realizar inversiones en Investigación y Desarrollo para que su crecimiento no dependa exclusivamente del precio de los mismos.

Los síntomas identificados por el BID (2018) que explican la baja productividad y el atraso que presenta la región son la informalidad, la baja profundización del sistema financiero, el tamaño reducido del sector empresarial y el poco desarrollo del sector exportador no tradicional. Señalan que esto se debe a que la región se especializa en exportaciones de bajo valor agregado. Por ello, es necesaria la implementación de políticas económicas enfocadas en el cumplimiento de los objetivos de largo plazo. De este modo, se creará una estructura económica que permita el crecimiento, independientemente del precio internacional de las materias primas.

Entre las recomendaciones que hace el BID (2018) para incrementar la productividad, destacan las siguientes: impulsar la inversión del sector privado en capital fijo y, al mismo tiempo, brindarle a la gestión pública la posibilidad de incrementar su

inversión a partir de los ingresos fiscales. Además, recomienda que se preste especial atención al incremento de la productividad tanto de los recursos humanos como físicos. Para lograr que esto ocurra, es necesario que las empresas también incrementen su productividad a través de la incorporación de nuevas tecnologías y de la contratación de una fuerza de trabajo más eficiente. De este modo, se logrará que el mercado laboral se vuelva altamente productivo.

El BID (2018) realiza también recomendaciones de política, aplicables a los cuatro sectores que identificaron como prioritarios. Estos sectores son: el mercado laboral, la administración tributaria, el sector exportador no tradicional y los mercados financieros. Para el caso del mercado laboral, indican que se incrementará la productividad si se logra una reducción en los costos laborales, se alinea el incremento de los salarios mínimos al rendimiento del trabajo y se brinda servicios públicos que permitan acceder a trabajos más productivos. En el caso de las políticas relacionadas al sector tributario, sugieren que se modernice el diseño. Esta modernización permitirá que se promueva la innovación, así como la formalización de las empresas; además, se debe crear regímenes especiales que sean acordes a la realidad empresarial para reducir el costo de cumplir con las obligaciones tributarias. Postulan que, para el caso del sector exportador no tradicional, se debe crear alianzas que fomenten el comercio exterior. De este modo, la región podrá tener mercados de mayor tamaño, que serán beneficiosos para los participantes porque se potenciará las ventajas comparativas de los países exportadores. Finalmente, para lograr mercados financieros más productivos, destacan la importancia de fortalecer las instituciones que dan soporte a los mercados financieros, flexibilizar las políticas de crédito para que más sectores productivos logren acceder a este, hacer uso de la tecnología para reducir la información asimétrica y promover los bancos de desarrollo.

Se estima que el crecimiento en América Latina y el Caribe durante los años 2018-2020 convergerá a la tasa de crecimiento promedio de largo plazo de la región, que es de 2.4% (Cavallo y Powell, 2018). Sin embargo, esta tasa se sitúa por debajo de las tasas de crecimiento mundiales. Por este motivo, es importante que la región aplique las políticas indicadas para incrementar el crecimiento potencial de la región. Se establece que los vínculos entre los países pueden promover las externalidades positivas, lo que protege a la economía local de los riesgos de la coyuntura económica mundial.

### **2.3.2 Políticas para la conservación del capital natural en América Latina**

El BID resalta que los principales retos que enfrenta la región para obtener información respecto a los resultados de los programas y políticas implementadas para proteger el medio ambiente y la biodiversidad son, en primer lugar, el desarrollo de sistemas de contabilidad que permitan que los resultados de los estudios sean confiables. En segundo lugar, destacan la importancia de la gobernanza ambiental; es decir, al marco institucional, a los aspectos normativos, a los instrumentos de gestión y a los de fiscalización, pues de estos instrumentos dependerá la efectividad de los esfuerzos implementados. En tercer lugar, indican que la degradación del medio ambiente debe ser considerada una falla de mercado, que puede ser erradicada a través de la aplicación de incentivos adecuados (Quiroga et al., 2016).

Para mejorar la calidad de los datos estadísticos, Carvajal (2017) destaca que durante los últimos años se ha realizado un esfuerzo importante en la región para mejorar el desarrollo de sistemas de contabilidad del capital natural. Se han implementado 5 programas que se relacionan directamente con el desarrollo de cuentas ambientales en 12 países. Esto permitió que se beneficien de la capacitación y asistencia técnica. En la actualidad, los países que continúan en estos programas son: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Perú, Paraguay, Jamaica, Uruguay y Curazao. Cabe destacar que la mayoría de los países que se presentan en esta investigación se encuentran empleando estos programas.

Entre los programas que más destacan se encuentran la Cuenta de Desarrollo Tramo 9 de las Naciones Unidas, que fue implementado por la CEPAL. Este programa desarrolló talleres regionales para capacitar a los países de la región en la implementación del Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas. De este modo, se busca crear las capacidades necesarias para la construcción tanto de indicadores macroeconómicos como de desarrollo sostenible (Carvajal, 2017).

Además, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en coordinación con la División de Estadísticas de las Naciones Unidas (DENU) y la CEPAL llevaron a cabo el proyecto Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services. El principal objetivo de este programa es brindar a los encargados de implementar políticas las herramientas necesarias para incluir el rol de los recursos naturales en el análisis de los objetivos económicos (Carvajal, 2017).

Por otro lado, gracias al trabajo conjunto entre el Banco Mundial y la CEPAL, se logró implementar el Programa de Cooperación Regional (PCR). Esta estrategia fue presentada en el año 2016 y se enfoca en 4 áreas de trabajo. Estas buscan el reforzamiento en el uso de las cuentas ambientales como el acceso a información necesaria para la formulación de políticas, el incentivo a la cooperación entre países, la expansión de la implementación de cuentas ambientales, así como la incorporación de instituciones educativas superiores tanto públicas como privadas para la investigación de las cuentas ambientales (Carvajal, 2017).

En cuanto a los incentivos para reducir las externalidades negativas generadas por la degradación de los recursos naturales, el BID indica que en Colombia se implementó con éxito el impuesto por descargas de aguas residuales. Además, se obtuvo los resultados positivos en las campañas de información respecto a la contaminación atmosférica. Finalmente, el uso de instrumentos de mercado, tales como los pagos por servicios ambientales, en especial del agua y de los servicios de conservación forestal han mostrado tener un efecto positivo en la mitigación de las externalidades negativas (Quiroga et al., 2016).

Por otro lado, el fortalecimiento de los derechos de propiedad y la seguridad jurídica ha sido clave en América Latina y el Caribe para la conservación del medio ambiente, ya que se facilita la creación de áreas protegidas. Estudios señalan que esta práctica ha demostrado tener incidencia en la reforestación, tanto en las zonas de influencia directa como en las indirectas (Quiroga et al., 2016).

## **2.4 Hechos estilizados (1985-2015)**

### **2.4.1 Estadísticas descriptivas**

El modelo planteado por Brandt et al. (2016) señala que, para incluir las variables medioambientales en el cálculo de la productividad total de factores, se debe incorporar las siguientes variables: Producto Bruto Interno (Y), Stock de capital producido (K), Trabajo (L), Capital natural (S) y emisiones de gases, tales como dióxido de carbono (co<sub>2</sub>), óxido nitroso (nox) y emisiones de metano (ch<sub>4</sub>).

Las medidas estadísticas descriptivas respecto a estas variables, como la media, desviación estándar y valores mínimos y máximos son de suma importancia para conocer las características de las variables de estudio y se muestran en la tabla 2.3

Para las 8 variables de estudio y una muestra de 8 países, por un periodo de 31 años, se dispone de 248 observaciones. Tal como lo señalan los reportes del Banco Mundial (2017), BID (2018) y Hofman (2017), la heterogeneidad en el desempeño de los países se ve reflejada en estos datos, en los cuales destaca la baja productividad promedio evidenciada por la región, que tiene una media de 60% con respecto a la productividad de los Estados Unidos, que representa el 100%; además, la baja desviación estándar que presenta la variable demuestra que la situación es similar en todos los países de estudio. Por otro lado, los datos respecto a las rentas totales de los recursos naturales son consistentes con las estimaciones de las entidades internacionales, pues éstas detectaron que corresponden aproximadamente al 3% del PBI y el promedio que se muestra en la tabla es de 4.85%.

**Tabla 2.3**

*Media, desviación estándar, valores mínimos y máximos. América Latina (1985-2015)*

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Y	248	3.365655	3.760628	-12.31204	18.28661
TFP	248	.5851792	.1246438	.3223387	.9548421
K	248	.1009874	.2302417	-.6716754	1.102051
L	248	2.198326	.343483	1.43909	2.81366
S	248	4.857729	5.002372	.4659594	26.95608
CO2	248	2.2119	1.811158	.422444	7.608296
CH4	248	.0014947	.000874	.0004499	.0039158
NOX	248	.0006815	.0004741	.0002375	.0022651

Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020) y de la Universidad de Groningen (2019).

A partir del conocimiento de los valores promedio de las variables de estudio y su comparación con estudios previos, se procede con la medición de la productividad de América Latina y el Caribe.

## 2.4.2 Medición de productividad para América Latina y el Caribe

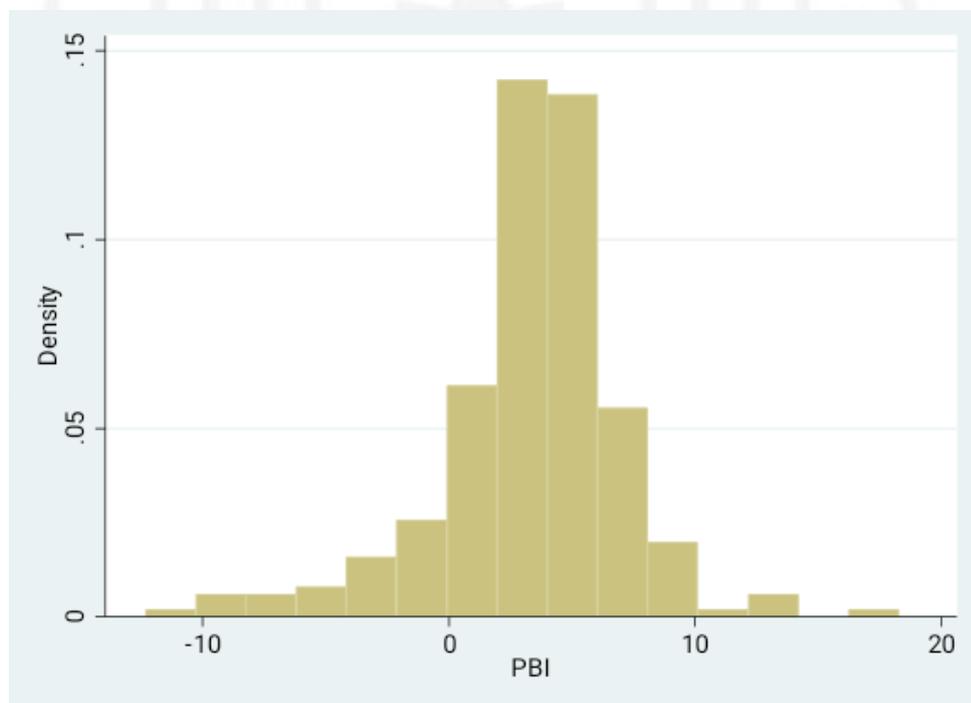
La región de América Latina y el Caribe presenta un pobre desempeño en lo que respecta a productividad. De acuerdo a la CEPAL (2016), esto se debe a la baja propensión a invertir en Investigación y Desarrollo. El reporte indica que:

Al analizar la dinámica de la inversión en I+D de los países latinoamericanos entre 2004 y 2013, se observa el estancamiento de la región con respecto a otros países emergentes, que expanden sus fronteras tecnológicas y de conocimiento, e incluso con respecto a países tecnológicamente maduros y avanzados. (p.22)

La figura 2.1 es un histograma, que permite mostrar la frecuencia de la distribución de las tasas de crecimiento de la región de América Latina y el Caribe en el periodo 1985-2015. Como puede observarse, las tasas de crecimiento se concentran entre el 0 y 10%. Sin embargo, se debe tener cautela debido a que en la región existe también datos que se ubican entre el -10 y 0%.

**Figura 2.1**

*Histograma de la tasa de crecimiento del PBI de América Latina (1985-2015)*

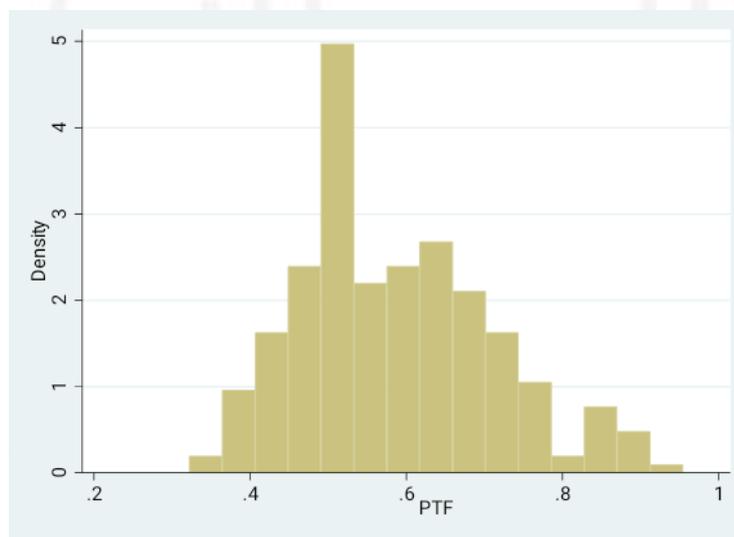


Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020).

Tal como señala Carvajal (2017), los datos muestran en la figura 2.2 que la evolución de la productividad total de factores en el caso de los países de América Latina y el Caribe se ha producido de manera heterogénea debido a que los determinantes del crecimiento por país son diversos. El histograma muestra que la mayor concentración de los datos de productividad total de factores se concentra entre 0.4 y 0.8. Es importante tener en cuenta que este porcentaje se encuentra evaluado tomando como referencia la productividad total de factores de Estados Unidos, que según el reporte de Competitividad Global es el país más productivo del mundo. Por este motivo, el Penn World Table le asigna un puntaje de 1 y, en base a este número, se evalúa el desempeño de los demás países.

### Figura 2.2

*Histograma de la Productividad Total de Factores de América Latina y el Caribe (1985-2015)*



Nota. Los datos son de la Universidad de Groningen (2019).

Los datos de la figura 2.3 muestran una tendencia estacionaria de la productividad total de factores en el caso de Perú; mientras que, en el caso de México, exhibe una tendencia negativa durante el periodo 1985-2015.

México es el país que al inicio del periodo muestra una productividad total de factores superior al promedio de la región. Esto se debe a diversos motivos, entre los que

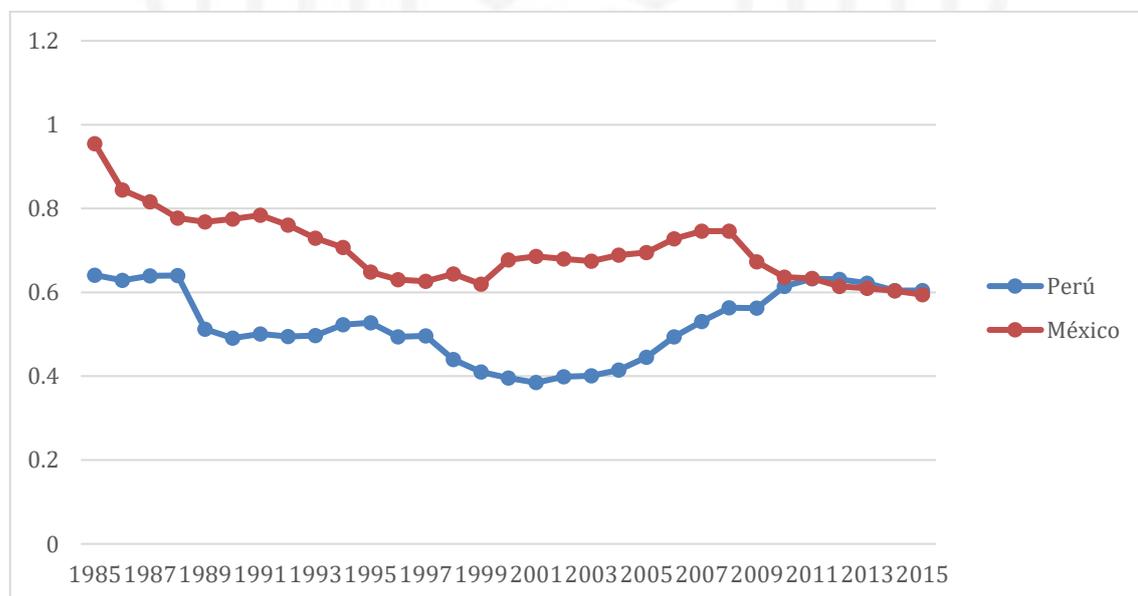
resaltan la implementación de reformas económicas a partir de mediados de la década de 1980. Estas reformas llevaron a que la productividad, que en años anteriores era negativa, se incremente. Sin embargo, el hecho de tener la productividad total de factores más alta de América Latina no es un hecho a resaltar, pues en general el desempeño de la región es bastante precario y el desempeño mostrado por México durante los últimos años no ha sido favorable (CEPAL, 2016).

En el caso de Perú, Céspedes et al. (2016) afirman que, entre los años 1980 y 2014, la economía peruana mostró un crecimiento económico de 3.2%, del cual el 0.4% es explicado por la productividad total de factores. Al desagregar por décadas este porcentaje, se puede observar que esta contribución se ha ido incrementando sistemáticamente. Sin embargo, menciona que a pesar de que el incremento de la productividad en los últimos años es positivo, aún existe una importante brecha en los niveles actuales de productividad total de factores. Esto indica que la economía peruana tiene potencial para continuar creciendo.

**Figura 2.3**

*Evolución de la productividad total de factores de América Latina (1985-2015)*

*(Paridad de Poder Adquisitivo, USA=1)*

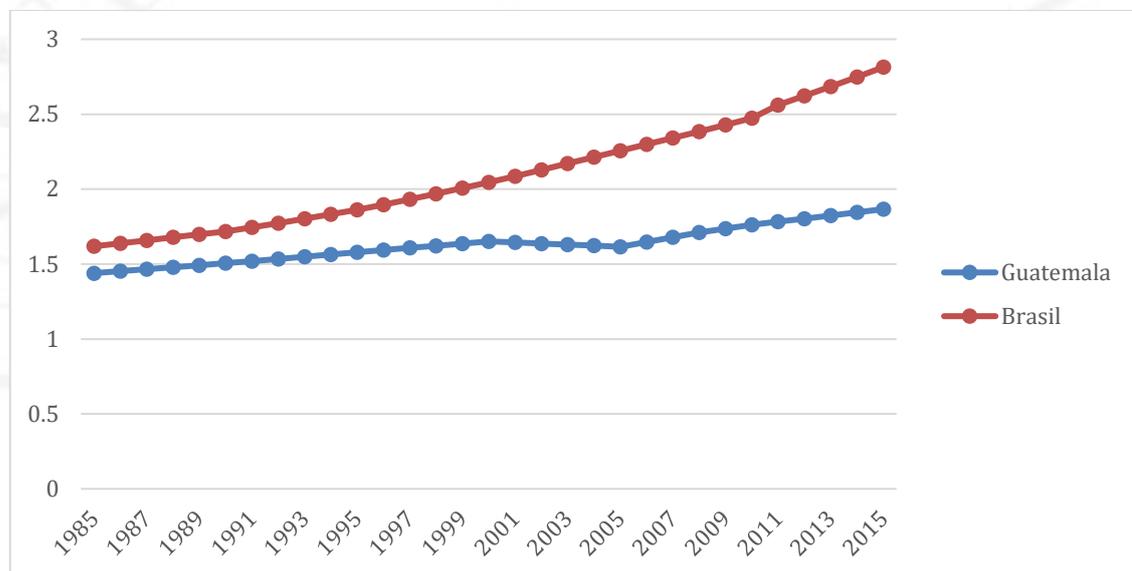


Nota. Los datos son de la Universidad de Groningen (2019).

En la figura 2.4, se muestra la evolución del trabajo, medido a través del Índice de Capital Humano presentado en el Penn World Table. Este índice mide el retorno de los años de educación. En el caso de todos los países se observa una clara tendencia creciente. Sin embargo, Guatemala se encuentra por debajo del promedio de los demás países. Esto se debe a que, de acuerdo a datos del Banco Mundial (2019), la desigualdad de ingresos es tan alta que lleva a que se incrementen las tasas de violencia y crímenes, que frenan el desarrollo del país.

**Figura 2.4**

*Evolución del Trabajo (Índice de Capital Humano) de América Latina (1985-2015)*



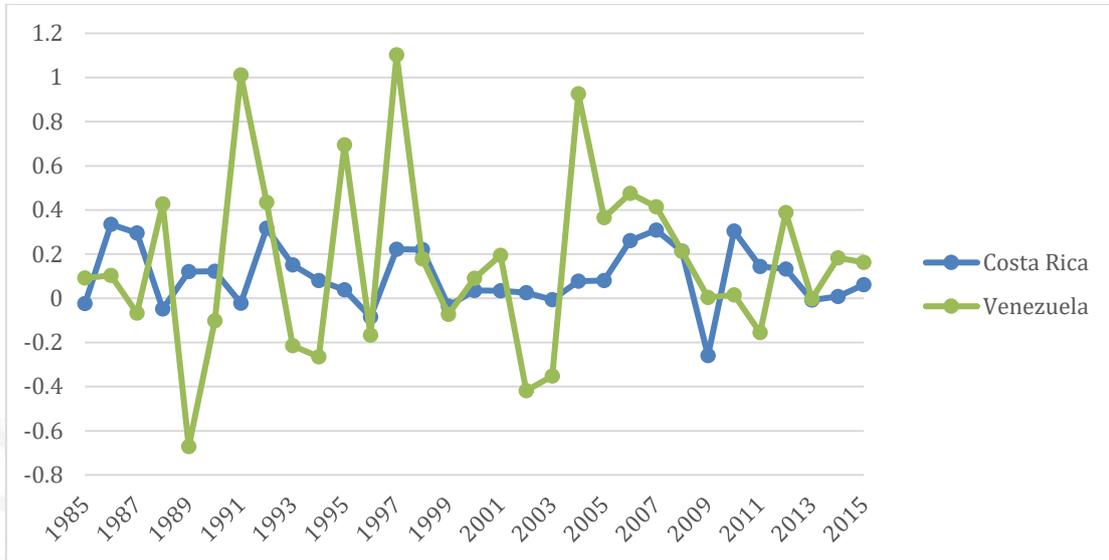
Nota. Los datos son de la Universidad de Groningen (2019).

En la figura 2.5 se muestra la acumulación del stock de capital, que presenta una gran volatilidad tanto en Guatemala como en Brasil. Debe destacarse que, a partir del año 2000, ambos países muestran una tendencia creciente. Esta tendencia no se sostuvo en los demás países de estudio, y en casos como el de Costa Rica y Venezuela la variación porcentual tiende a cero.

**Figura 2.5**

*Evolución de la Acumulación bruta de capital de América Latina y el Caribe (1985-2015)*

*(Variación porcentual)*



Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020).

### **2.4.3 Medición del capital natural para América Latina**

Por el momento, no existe consenso respecto a la metodología adecuada para realizar la medición del capital natural. Brandt et al. (2016) sugieren hacerlo a través de las rentas generadas por los recursos naturales.

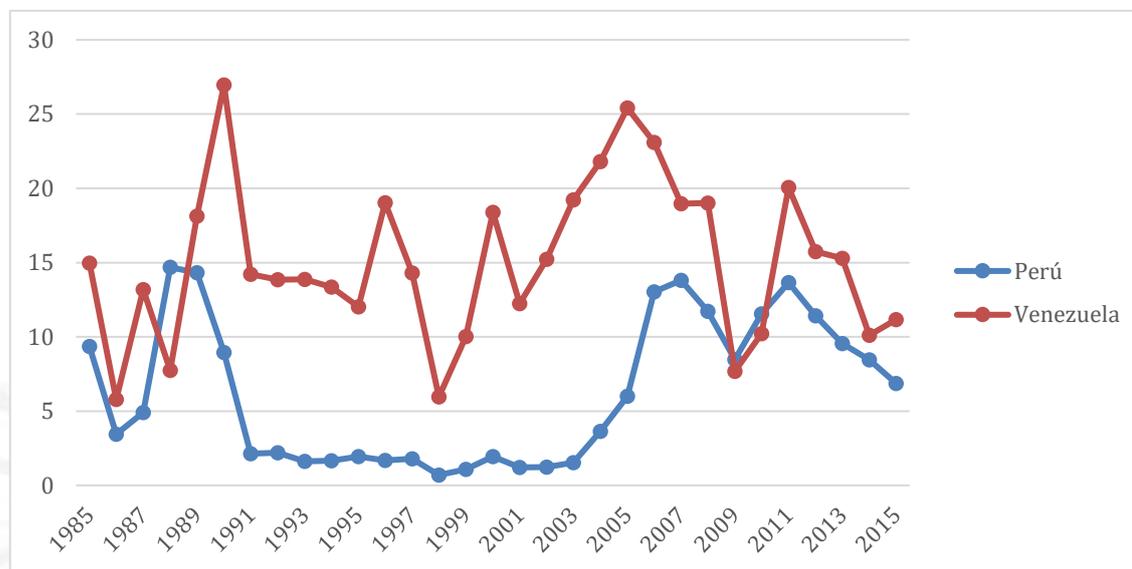
La figura 2.6 muestra que los países que muestran una mayor dependencia de estos recursos son Perú y Venezuela. La tendencia que siguen estos ingresos son altamente volátiles debido a que dependen del precio de las materias primas en el mercado internacional.

En el caso del Perú, la actividad minera determina que exista esta variación en las rentas totales generadas por los recursos naturales. De acuerdo al Instituto Peruano de Economía (2017), el Perú es uno de los líderes, no sólo a nivel regional, sino también a nivel mundial. Este potencial geológico se traduce en que el Perú es el segundo mayor productor de plata y tercero de cobre y zinc a nivel mundial.

**Figura 2.6**

*Evolución de las Rentas Totales de los Recursos Naturales de América Latina y el Caribe (1985-2015)*

*(% del PBI)*



Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020).

La figura 2.7 presenta la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Estas emisiones se generan por la quema de combustibles fósiles. Las cifras muestran que este tipo de emisiones se mantienen en niveles bastante bajos. Sin embargo, en el caso de Venezuela, al tratarse de un país productor de petróleo, presenta un nivel de emisiones de este tipo de gas bastante altas. El efecto de la extracción de petróleo no sólo genera un impacto ambiental a través del incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, pues en Venezuela también se han producido importantes derrames de petróleo que han puesto en riesgo la biodiversidad.

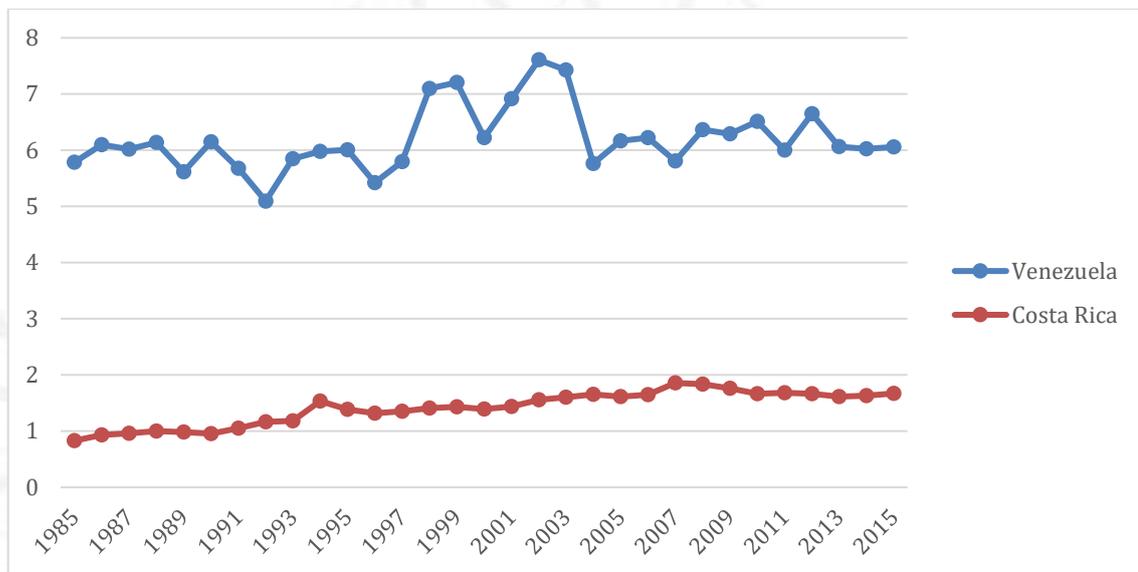
El caso de Costa Rica debe destacarse debido a que, con el fin de cumplir con la Agenda 2030 y el Acuerdo de París, implementaron el Plan de Descarbonización: Compromiso del Gobierno del Bicentenario. Este plan se formuló con una visión de largo plazo, teniendo en cuenta que deben tomarse acciones inmediatas para cumplir con las metas trazadas. Las acciones se agrupan en 10 ejes, con políticas que deben evaluarse en tres períodos temporales. El objetivo del plan es revertir la tendencia de las emisiones de

gases de efecto invernadero y fomentar el desarrollo de una economía que contemple el crecimiento verde como eje central.

### Figura 2.7

*Evolución de las Emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe (1985-2015)*

*(Toneladas métricas per cápita)*



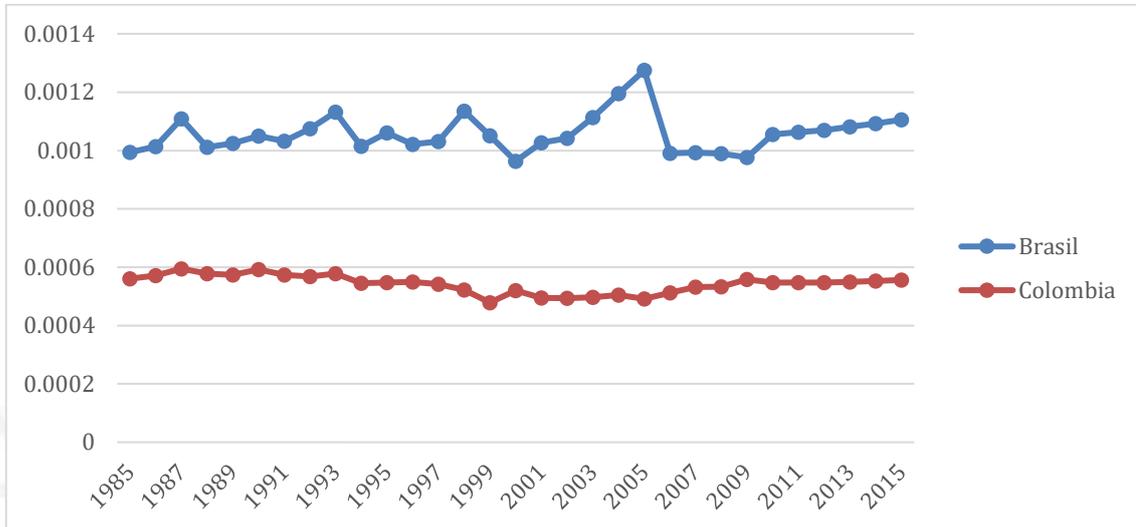
Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020).

La figura 2.8 permite identificar el nivel de emisiones de óxido nítrico en América Latina. Estas emisiones corresponden a un gas de efecto invernadero de gran potencia, generado por la quema de biomasa. Como se puede observar, el nivel de emisiones más alto corresponde a Brasil, debido a que es uno de los mayores productores de caña de azúcar a nivel mundial. Para mejorar la productividad del cultivo es necesario el uso de fertilizantes nitrogenados, los cuales son considerados altamente nocivos para el medio ambiente.

**Figura 2.8**

*Evolución de las Emisiones de Óxido Nitroso en América Latina (1985-2015)*

*(miles de toneladas métricas de equivalente de CO2 per cápita)*



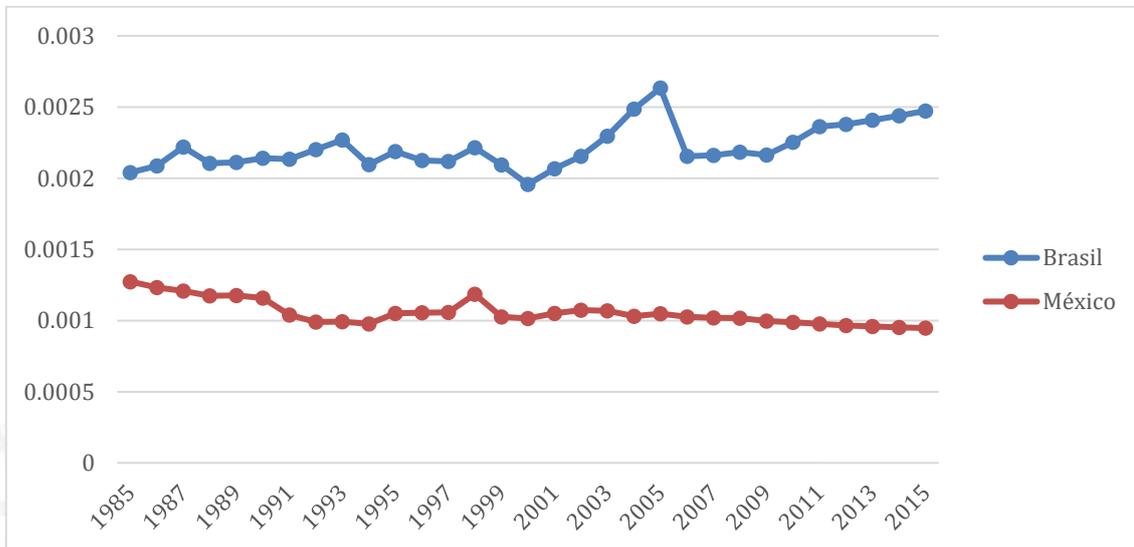
Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020).

La figura 2.9 presenta la evolución de las emisiones de metano, que se generan por la descomposición de materia orgánica. A pesar de que en la región la mayoría de los países mantiene un nivel bastante bajo de este tipo de emisiones, nuevamente Brasil muestra el nivel más alto. La explicación se encuentra en la composición de sus agroexportaciones, pues la industrialización del sector agrícola a través de maquinarias, fertilizantes y pesticidas tiene como consecuencia el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Figura 2.9**

*Evolución de las Emisiones de Metano en América Latina (1985-2015)*

*(kt de CO2 equivalente per cápita)*



Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020).

#### **2.4.4 Matriz de correlaciones**

En la tabla 2.4 se muestra la matriz de correlaciones de las variables estudiadas, en base al modelo establecido por Brandt et al. (2016), aplicado al caso de los países seleccionados de América Latina, durante el periodo 1985-2015.

Como se puede observar, entre las variables que tradicionalmente miden la productividad no existe una relación significativa. La relación más importante que se encontró entre estas variables es la existente entre la variación porcentual del PBI y la productividad total de factores, que es de 12.8%.

La variable rentas totales de los recursos naturales presenta una elevada correlación positiva con la variable CO2. Esto indica que la quema de combustibles fósiles es la variable que genera un incremento en la renta totales de los recursos naturales.

**Tabla 2.4***Matriz de correlaciones*

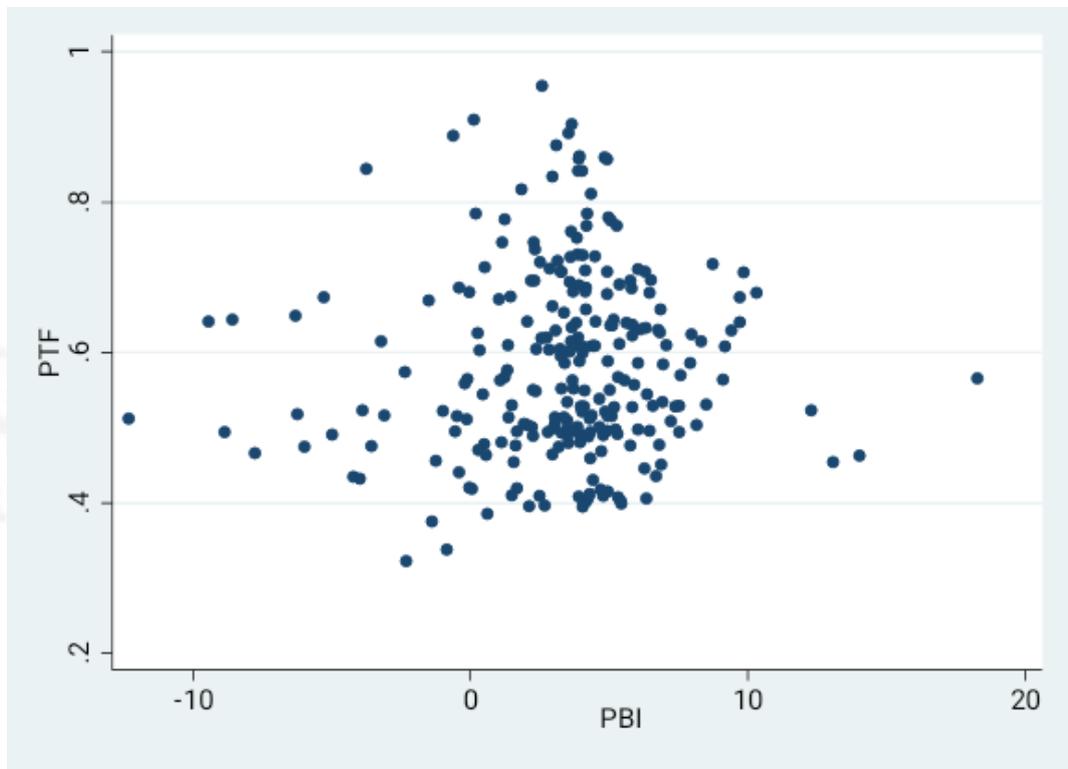
	Y	tfp	rK	L	S	co2	ch4	nox
Y	1							
Tfp	0.128	1						
Rk	0.0645	0.0237	1					
L	0.0327	-0.4302	0.0607	1				
S	-0.0188	-0.1998	0.0815	0.1919	1			
co2	-0.1652	-0.0331	0.0128	0.226	0.7098	1		
ch4	-0.0893	-0.0232	0.0637	0.0297	-0.0482	0.1013	1	
Nox	-0.0769	-0.0111	0.059	-0.0042	-0.1041	0.0327	0.9957	1

Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020) y de la Universidad de Groningen (2019).

En la figura 2.10 se presenta la relación existente entre la productividad total de factores y la tasa de crecimiento del producto bruto interno. Se puede ver que la mayor concentración de los datos se encuentra ubicados en un nivel de tasa de crecimiento del producto bruto interno de entre 0 y 10%; sin embargo, no existe un patrón claro en el caso de la productividad total de factores. Esto se debe principalmente a las diferencias estructurales que se presentan entre países, pues en la muestra se encuentran países industrializados como México y Brasil, comparados con economías como Venezuela y Perú, que muestran una clara dependencia en la exportación de commodities.

**Figura 2.10**

*Relación productividad total de factores y producto bruto interno*

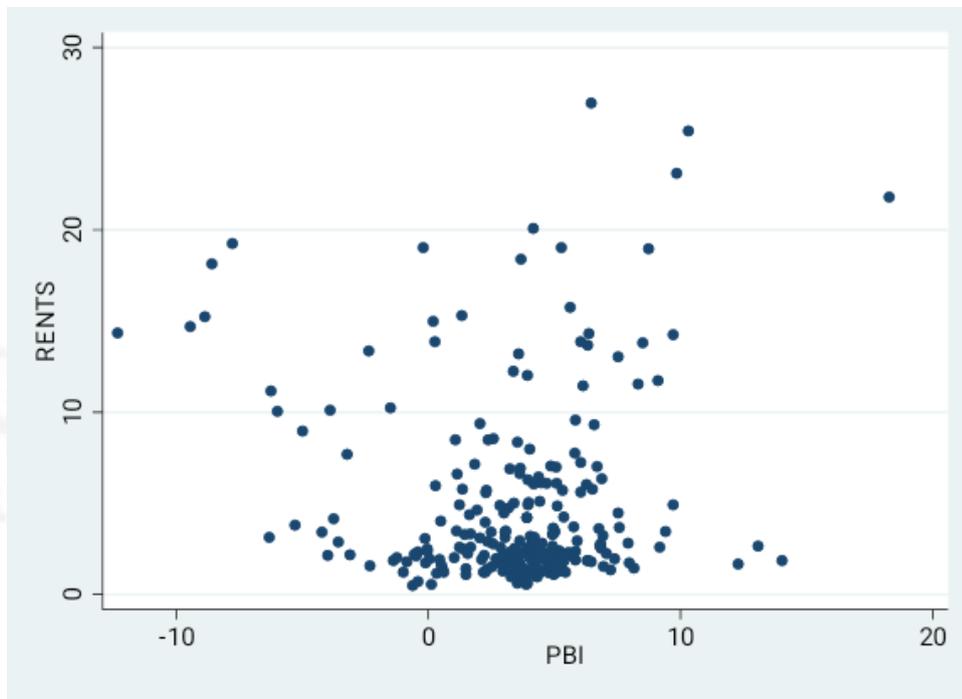


Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020) y de la Universidad de Groningen (2019).

La Figura 2.11 muestra la relación existente entre el crecimiento del Producto Bruto Interno y las rentas totales de los recursos naturales. La mayor concentración de observaciones se ubica en puntos de bajas rentas totales de recursos naturales y tasas de crecimiento que oscilan entre 0% y 10%. Esto indica que, a mayor tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno, menor dependencia de los recursos naturales. Esto se debe a que las economías que son primario exportadoras generan poco valor agregado, lo que tiene un impacto negativo en la tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno. Mientras que, en economías industrializadas, se genera un alto valor agregado que hace que el nivel de exposición a las fluctuaciones de los precios internacionales sea menor.

**Figura 2.11**

*Relación Producto Bruto Interno y Rentas Totales de los Recursos Naturales*



Nota. Los datos son del Banco Mundial (2020).

## **2.5 Principales problemas**

Los principales problemas encontrados en las variables de estudio son: primero, la baja productividad exhibida por los países estudiados, que representa aproximadamente el 60% de la productividad que tiene Estados Unidos, con una desviación estándar del 12%. A pesar de que esta es una tendencia que no es exclusiva de la región de América Latina y el Caribe, es importante que se tome acciones pertinentes para revertir esta situación, pues la baja desviación estándar exhibida indica que la situación es similar en los países seleccionados.

Por otro lado, el efecto de las rentas totales de los recursos naturales no resultó ser determinantes en el crecimiento del producto bruto interno en la mayoría de los casos de estudio que se presentaron. El caso de Venezuela es alarmante, pues depende en gran medida del precio internacional del petróleo. En contraste, se debe destacar el caso de Costa Rica, que se ha convertido en un referente de la región en lo que a conservación del capital natural se refiere. Su plan nacional de descarbonización ha permitido que se

reduzcan significativamente sus emisiones de gases contaminantes y permitirá que el crecimiento que logren sea sostenible a largo plazo.



## **CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO Y ESTIMACIÓN DEL MODELO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

El propósito de la presente sección es demostrar la importancia del capital natural en la productividad para el caso de los países de ingresos medio- altos de América Latina: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela durante los años 1985 y 2015. La hipótesis general indica que el capital natural disponible es el factor más importante para determinar la productividad de los países de ingresos medio- altos de América Latina: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela durante los años 1985 y 2015.

De esta hipótesis general, surgen las siguientes hipótesis específicas:

1. El stock de capital natural tiene una relación directa en la productividad total de factores.
2. La contaminación del aire originada por emisiones de dióxido de carbono, emisiones de óxido de azufre y emisiones de óxido nitroso son las principales externalidades negativas que originan un pobre desempeño del capital humano, medido a través del índice de capital humano.
3. Existe una relación negativa entre la renta de los recursos naturales y la sostenibilidad en el uso de los mismos, medida a través de la variación del PBI.

Para la cumplir con el objetivo de esta sección, se hace uso de un panel data, con los ocho países de la región de América Latina y el Caribe que fueron seleccionados en esta investigación debido a que, de acuerdo a la clasificación del Banco Mundial, pertenecen al grupo de ingresos medios. Estos países son Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Perú, Paraguay y Venezuela. Esta selección de países permite realizar comparaciones, ya que poseen características comunes para evaluarlos.

Los datos empleados en la estimación econométrica proceden tanto del Banco Mundial como del Penn World Table 9.1. El periodo de análisis está comprendido entre los años 1985- 2015, con una periodicidad anual de 31 años en los datos.

En primer lugar, se realiza una estimación haciendo uso del método de mínimos cuadrados ordinarios. Luego, se realizan las pruebas necesarias para determinar el método de estimación más adecuado para el panel data.

Los resultados obtenidos en la estimación permiten el planteamiento del análisis de frontera eficiente que se presenta en la última sección de este capítulo.

### **3.1 Metodología**

En primer lugar, se proporciona el enfoque conceptual a ser utilizado. A continuación, se describe las variables del modelo. Luego se define las técnicas econométricas a ser empleadas para contrastar la relevancia del capital natural en la productividad total de factores.

#### **3.1.1 Enfoque conceptual**

El enfoque sobre crecimiento económico y recursos naturales que se utiliza es el propuesto por Brandt et al. (2017), el cual se complementa con el enfoque presentado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que plantea el concepto de crecimiento sostenible, como el enfoque del Banco Mundial, que propone una nueva forma para medir la riqueza de las naciones.

El modelo presentado por Brandt et al. (2017), se basa en el modelo de crecimiento neoclásico planteado por Solow (1956). En este modelo se plantea que la producción está en función a la combinación de factores de producción tales como capital, trabajo y progreso tecnológico.

Brandt et al. (2017) plantean que esta medición de productividad es deficiente debido a que no considera los efectos que tienen los recursos naturales. Destacan el concepto de capital natural, que hace referencia al valor presente de las rentas generadas

por los activos tales como tierra agrícola, áreas protegidas, bosques, minerales y recursos energéticos obtenidos a través del uso de combustibles fósiles.

Finalmente, establecen la relación existente entre los conceptos principales de esta investigación, que son la productividad y el capital natural. De esta manera se concluye que el capital natural es un factor de producción que tiene un impacto importante en las mediciones de productividad y que a través de él se puede tener una mejor comprensión de la sostenibilidad del crecimiento económico. Por lo tanto, en la presente investigación se plantea un modelo que establece que el cálculo de la productividad total de factores debe incorporar variables medioambientales.

### **3.1.2 Descripción de las variables**

A continuación, se presenta las abreviaturas de las variables que se emplean en las ecuaciones a estimarse:

- TFP: Productividad Total de Factores
- Y: Producto Bruto Interno (PBI)
- L: Trabajo
- K: Capital Producido
- S: Capital Natural
- CO2: Emisiones de Dióxido de Carbono
- NOX: Emisiones de Óxido Nitroso
- CH4: Emisiones de Metano

#### a) Productividad Total de Factores

La productividad total de factores es una medida de la productividad que pondera el impacto de las variables capital y trabajo en la función de producción. Se le conoce también como progreso técnico. Este indicador permite determinar la capacidad productiva de una economía (Brandt, et al., 2017).

- Periodo de estudio de la data: 1985-2015
- Unidades de la data: PPA (USA=1)
- Fuente de la definición: Brandt, et al. (2017)

- Fuente de la data: Penn World Table 9.1

#### b) Crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI)

El crecimiento del producto bruto interno se define como la tasa de crecimiento anual del PBI medido a precios de mercado en moneda local, tomando como año base el 2010. El PBI, calculado a través del enfoque de la producción es igual a la suma del valor agregado bruto; es decir, la diferencia entre el valor de producción y el valor de todos los bienes y servicios intermedios que participaron en la producción (Croce, et al., 2002)

- Periodo de estudio de la data: 1985-2015
- Unidades de la data: variación porcentual
- Fuente de la definición: Fondo Monetario Internacional
- Fuente de la data: Banco Mundial

#### c) Trabajo

El trabajo hace referencia al capital humano necesario para la producción. El trabajo se mide a través del índice humano presentado por el Penn World Table 9.1. En la Guía de uso del Penn World Table 9.0, Feenstra et al. (2013), definen la variable capital humano como el promedio de años de escolaridad estimado por Barro y Lee (2013) y asume el rendimiento de la educación alrededor del mundo siguiendo la ecuación de Mincer. En esta ecuación los salarios son explicados por los años de escolaridad y los años de experiencia que otorga la edad. Debido a la manera en la que se formula esta ecuación, la variable años de escolaridad origina que los salarios crezcan exponencialmente.

- Periodo de estudio de la data: 1985-2015
- Unidades de la data: U\$\$ corrientes
- Fuente de la definición: Banco Mundial
- Fuente de la data: Penn World Table 9.1

#### d) Capital Producido

El capital producido se define como los activos fijos de la economía y su nivel de inventarios. Los activos fijos incluyen las maquinarias, edificios, equipos y tierra urbana residencial y no residencial; además, contiene las mejoras en infraestructura, la construcción de carreteras, vías de tren, oficinas estatales y hospitales. Este indicador es medido a precios de mercado. En este indicador se emplea la variable formación bruta de capital (Lange et al., 2018).

- Periodo de estudio de la data: 1985-2015
- Unidades de la data: variación porcentual
- Fuente de la definición: Banco Mundial
- Fuente de la data: Banco Mundial

e) Capital Natural

El capital natural se define como la suma del valor presente de las rentas generadas por los recursos naturales durante su vida útil. Los recursos naturales que se toma en cuenta en este indicador son las fuentes de energía a través del uso de combustibles fósiles como petróleo, gas y carbón, tanto en su forma sólida como blanda; además, se emplea la renta generada por 10 categorías de minerales, la tierra agrícola, las áreas protegidas y los bosques. Los principales minerales que forman parte de este indicador son el oro, cobre, zinc y hierro. La renta de los bosques considera el volumen de la madera extraída, al precio promedio del recurso, además de una tarifa de acuerdo a la región de extracción (Lange et al., 2018).

- Periodo de estudio de la data: 1985-2015
- Unidades de la data: porcentaje del PBI
- Fuente de la definición: Banco Mundial
- Fuente de la data: Banco Mundial

f) Emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

Las emisiones de dióxido de carbono son aquellas emisiones contaminantes que se originan principalmente como producto de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación de cemento. Para la construcción de este indicador, que es un gas de efecto invernadero, se toma en cuenta únicamente el tipo de emisiones de este gas provenientes

del consumo de combustibles y la quema de gas debido a que se considera que son altamente contaminantes (Lange et al., 2018).

- Periodo de estudio de la data: 1998-2015
- Unidades de la data: miles de toneladas métricas per cápita
- Fuente de la definición: Banco Mundial
- Fuente de la data: Banco Mundial

g) Emisiones de Óxido Nitroso (NOX)

Las emisiones de óxido nitroso se definen como aquellas partículas generadas por la quema de biomasa. Este es un gas de efecto de invernadero de alta potencia; sin embargo, su emisión puede ser evitada a través de un cambio en la conducta del ser humano (Lange et al., 2018).

- Periodo de estudio de la data: 1985-2015
- Unidades de la data: miles de toneladas métricas per cápita de equivalente de CO2
- Fuente de la definición: Banco Mundial
- Fuente de la data: Banco Mundial

h) Emisiones de Metano (CH4)

Las emisiones de metano son gases de efecto invernadero de alto impacto. Las emisiones de metano son las que surgen de actividades humanas como la agricultura y de la producción industrial de metano (Lange et al., 2018).

- Periodo de estudio de la data: 1985-2015
- Unidades de la data: miles de toneladas métricas de equivalente CO2 per cápita
- Fuente de la definición: Banco Mundial
- Fuente de la data: Banco Mundial

Haciendo uso de las variables presentadas, se construye una base de datos con la finalidad de realizar una modelación econométrica que brinde la evidencia empírica que esta investigación requiere.

### 3.2 Especificación del modelo

En este apartado se presenta las ecuaciones en base al modelo empleado en la investigación de Brandt et al. (2017). En primer lugar, la ecuación muestra una curva de transformación que describe la cantidad máxima de bienes que pueden ser producidos por una economía. Esta economía se denota  $Y$ , la función de producción tiene en cuenta la presencia de externalidades negativas, representadas en el vector  $R$ . Este vector se calcula como  $R = (CO_2, NO_X, CH_4)$ .

$$H(Y, R, X, t) = 1$$

Se asume que la función  $H$  es homogénea de grado 1 en las variables capital producido, trabajo y capital natural, por lo que presenta rendimientos constantes a escala. La variable  $t$  representa el tiempo y el vector  $X$  es el vector de inputs, que consta de trabajo, capital producido y capital natural,  $X = (L, K, S)$ . De esta forma,  $H$  describe las combinaciones de outputs e inputs que pueden obtenerse cuando la producción es eficiente.  $H$  es creciente en inputs y “malos” outputs. Esto quiere decir que para producir una mayor cantidad de bienes será indispensable que se incremente también las externalidades negativas sobre el medio ambiente, o por el contrario, para reducir estas externalidades negativas será necesario aceptar una reducción en la producción de bienes y servicios.

$$\frac{dY}{dR} = -\frac{H_R}{H_Y} > 0$$

Para obtener el progreso tecnológico o la productividad total de factores, es necesario derivar la función de producción con respecto al tiempo en términos logarítmicos. De esta forma, la productividad total de factores será la suma ponderada de los outputs menos la suma ponderada de los inputs:

$$\frac{d \ln H}{dt} = -\sum_i \varepsilon_{HYi} \frac{d \ln Y_i}{dt} - \sum_i \varepsilon_{HYi} \frac{d \ln R_i}{dt} - \sum_i \varepsilon_{HXi} \frac{d \ln X_i}{dt}$$

La ponderación de los outputs e inputs se hace a través de su elasticidad respecto a la función de transformación. Si el crecimiento ponderado de los “buenos” outputs es mayor que el crecimiento ponderado de los inputs y de los “malos” outputs, se dice que se produjo un crecimiento positivo de la productividad, dado que la elasticidad de los

“buenos” outputs es negativa y positiva en el caso de los “malos” outputs así como en el caso de los “buenos” inputs:  $\varepsilon_{HY_I} < 0$  y  $\varepsilon_{HR_I}, \varepsilon_{HX_I} > 0$

De esta manera, la función de la productividad total de factores ajustada a variables medio ambientales será:

$$\frac{d \ln GMFP}{dt} = \frac{d \ln H}{dt} = \frac{d \ln TFP}{dt} + \frac{u_s s}{P_y} \left( \frac{d \ln K}{dt} - \frac{d \ln S}{dt} \right) - \frac{P_R R}{\rho} \left( \frac{d \ln Y}{dt} - \frac{d \ln R}{dt} \right)$$

La diferencia entre el crecimiento de la productividad medido a través del residuo de Solow y la productividad total de factores ajustada a variables medio ambientales variará dependiendo de cómo se calcule el costo de capital en el residuo de Solow. En este caso, el costo de capital es medido como el residuo entre el PBI y los costos promedio de salarios. Esta medición se basa en los supuestos de competencia perfecta y rendimientos constantes a escala. Por este motivo, la diferencia entre la tasa de crecimiento de la productividad de factores tradicional y la productividad total de los factores ajustada a variables medioambientales depende de la diferencia ponderada entre las tasas de crecimiento del capital físico producido por un lado y, por el otro, los servicios brindados por el capital natural.

El ajuste a la productividad será negativo si el capital natural crece más rápido que los demás factores de producción (trabajo y capital producido). Esto se debe a que el índice de factores productivos falla cuando el crecimiento de un input se produce de manera acelerada, por lo que se subestima el crecimiento agregado de los factores productivos. Esto quiere decir que, como el crecimiento de la productividad es contabilizado como el crecimiento de la producción menos el crecimiento de los factores productivos, subestimar el crecimiento de los factores de producción es equivalente a sobreestimar el crecimiento de la productividad.

A continuación, se detalla las ecuaciones empleadas para estimar la regresión de los datos de panel:

#### 1. Estimación de la productividad total de factores medioambiental:

$$GMFP = B_0 + B_1 K + B_2 L + B_3 S + B_4 R + \varepsilon$$

Donde,

GMFP es la productividad total de factores medioambiental, K es el capital producido, L es el trabajo, S es el capital natural y R es el vector de contaminación.

2. Estimación del impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero en el trabajo

$$\log(L) = B_0 + B_1 \log(CO_2) + B_2(CH_4) + B_3(NO_X) + \varepsilon$$

Donde,

L es el trabajo, CO<sub>2</sub> son las emisiones de dióxido de carbono, CH<sub>4</sub> son las emisiones de metano y NO<sub>X</sub> son las emisiones de óxido nitroso.

3. Estimación del impacto del capital natural en la tasa de crecimiento del PBI

$$Y = B_0 + B_1S + B_2R + \varepsilon$$

Donde,

Y es la tasa de crecimiento del PBI, S es el capital natural y R es el capital producido.

### 3.3 Estimación del Modelo

Las variables descritas en la sección anterior han sido elegidas en base al trabajo de Brandt et al. (2017), adaptado a la realidad de América Latina. La técnica que se emplea es un Panel Data<sup>1</sup>. Algunos beneficios de emplear un panel datan son que permite tener un mayor control de la heterogeneidad individual, que no se puede conseguir empleando modelos de corte transversal o de series de tiempo por separado. Un panel data permite descomponer la variación de los datos en variación entre estados de diferentes tamaños y características (efecto between) y variación dentro del mismo estado (efecto within). De acuerdo a Gujarati y Porter (2009), el uso de los datos de panel permite que el análisis

---

<sup>1</sup> Programa STATA versión 14.

empírico sea mucho más preciso que cuando se hace uso únicamente de datos de corte transversal o de series de tiempo.

Para el desarrollo empírico de esta investigación se trabaja un período de 31 años y 8 países de América Latina, que son clasificados por el Banco Mundial como economías de ingresos medio- altos: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela. De esta forma, es posible la equiparación de los resultados, pues existe un criterio en común que hace estos países sean comparables.

La estimación se llevará a cabo aplicando el método de mínimos cuadrados generalizados. Las pruebas estadísticas que se emplean para contrastar las hipótesis se muestran a continuación:

- Prueba de significancia: a través de esta prueba se mide la relevancia de los coeficientes en la estimación del modelo. La hipótesis nula de esta prueba señala que el valor de los coeficientes estimados es igual a cero. Esto quiere decir, de acuerdo a Wooldridge (2014), que el efecto parcial que tiene cada variable independiente no tendrá ningún efecto en el valor esperado de la variable dependiente. Para realizar esta prueba, se emplea el estadístico t.
- Prueba de multicolinealidad: la importancia de esta prueba radica en determinar si existe una fuerte correlación entre las variables independientes. De acuerdo a los supuestos planteados por Gauss-Markov, ninguna de las variables independientes es constante y no debe existir relaciones lineales exactas entre las variables independientes (Wooldridge, 2014). La prueba empleada es la del valor VIF.
- Prueba de normalidad de los errores: los residuos de la regresión deben seguir una distribución normal; es decir, su media debe ser cero y su varianza uno. Las pruebas empleadas son la de Skewness y Kurtosis.
- Prueba de variables omitidas: esta prueba permite determinar si la regresión presenta un sesgo de variable omitida. De acuerdo a Wooldridge (2014), este problema se conoce como subespecificación del modelo y como consecuencia de esto, los estimadores son sesgados. En este caso, se emplea la prueba de Ramsey.
- Prueba de Heterocedasticidad: prueba que no se cumple el supuesto de homocedasticidad. De acuerdo a este, dado el valor de la variable explicativa, el

error tendrá la misma varianza . Si se encuentra la presencia de heterocedasticidad en los datos, esta debe ser corregida.

- Prueba de Autocorrelación: comprueba si los errores presentan autocorrelación de primer orden. Se hace uso de las pruebas de Durbin Watson y de Breusch-Godfrey. En el primer caso, se exige que los regresores sean estrictamente exógenos; mientras que, en el segundo caso, no existe esa exigencia.
- Prueba de Breusch y Pagan: prueba del multiplicador de Lagrange para identificar problemas de correlación en los residuales. Contrasta si  $\text{Var}(v_i) = 0$ . La hipótesis nula es que los errores de las variables explicativas no están correlacionados.
- Prueba de Hausman: ayuda a determinar si se debe emplear efectos fijos o aleatorios gracias a que prueba si los errores únicos se correlacionan con los regresores. La hipótesis nula de esta prueba es que la diferencia de los coeficientes no es sistemática. Por lo tanto, si esta hipótesis se rechaza, se debe emplear un panel data de efectos fijos.
- Prueba de Endogeneidad: estima el modelo en forma reducida con la finalidad de encontrar la posible causa de efectos endógenos, a través de la estimación del residuo y luego probando la significancia del error. Si la hipótesis nula no se rechaza, significa que hay exogeneidad; mientras que, si se rechaza significa que existe endogeneidad.

En primer lugar, se estima un modelo de mínimos cuadrados ordinarios haciendo uso de los datos del Banco Mundial y del Penn World Table 9.1 para el periodo 1985-2015. De acuerdo a Wooldridge (2002), se debe iniciar las investigaciones a través de este método porque combina los beneficios de las aproximaciones tradicionales a la econometría, que tratan las variables independientes como fijas, con aproximaciones más recientes, que se basan en el muestreo aleatorio con variables independientes estocásticas. A continuación, se procede a realizar la estimación a través de un panel data tanto de efectos fijos como de efectos aleatorios. De acuerdo a Greene (2012), el análisis de panel data ofrece información valiosa para la economía porque permite al investigador aprender acerca del proceso económico y puede capturar al mismo tiempo la heterogeneidad entre los individuos y los efectos dinámicos que no son percibidos en modelos de corte transversal. A través de la prueba de Hausman, se determina que el modelo que mejor se

adapta a los datos es el de efecto aleatorio debido a que el stock de capital natural es constante en el tiempo.

Finalmente, como resultado de las pruebas realizadas, se concluye la estimación empleando un panel data haciendo uso de mínimos cuadrados generalizados debido a la presencia tanto de heterocedasticidad como de correlación de orden uno entre las variables. De acuerdo a Greene (2012), un panel de datos que se comporta adecuadamente debe cumplir los siguientes cinco supuestos: la relación entre los parámetros debe ser lineal, la matriz de datos  $n \times K$  de la muestra debe tener rango completo, las variables independientes deben ser exógenas, debe haber homocedasticidad y no autocorrelación y el proceso generador de datos debe producir observaciones independientes. Por este motivo, la estimación haciendo uso de mínimos cuadrados generalizados es lo más adecuado porque permite corregir los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación.

### **3.4 Presentación de Resultados**

En el siguiente apartado se presenta los resultados obtenidos al realizar la estimación del modelo.

#### **3.4.1 Pruebas**

La estimación del modelo a través del método de mínimos cuadrados ordinarios requiere que se realice pruebas estadísticas, a fin de determinar si es factible. Según Wooldridge (2002), la condición clave para que el método de mínimos cuadrados ordinarios estime los betas de manera consistente, es que el error tenga media cero y que no exista correlación entre cada una de las variables independientes. A continuación, se presenta los resultados obtenidos en las pruebas realizadas.

### a) Significancia del modelo

La significancia estadística de los coeficientes estimados se muestra en el P-value que se obtiene en la prueba t-student. La hipótesis nula de esta prueba indica que el coeficiente de la variable es igual a cero y, por lo tanto, no es significativo.

La tabla 3.1 muestra que las variables significativas son el trabajo y el vector de contaminación, que contiene las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> Y NO<sub>X</sub>. Esto debido a que presentan un P- value de 0.00, por lo que no se acepta la hipótesis nula. Por otro lado, las variables capital producido y rentas totales de los recursos naturales no resultan significativas.

**Tabla 3.1**

*Test de Significancia Estadística*

	t	P> t
Capital (K)	0.79	0.428
Trabajo (L)	-10.06	0.000
Capital natural (S)	-0.87	0.385
Contaminación	4.61	0.000
Constante	22.73	0.000

### b) Prueba de Fisher

**Tabla 3.2**

*Prueba de Fisher*

F(4,243)=	28.92
Prob>F=	0.000

Para determinar la significancia en conjunto de los coeficientes obtenidos, se emplea la prueba de Fisher. En esta prueba, la hipótesis nula es que los coeficientes no son significativos cuando se estiman juntos. La tabla 3.2 muestra los resultados estimados. Al

obtenerse un valor de 28.92, con una probabilidad de 0.000, esta hipótesis nula se rechaza, por lo que los coeficientes en conjunto resultan significativos.

### c) Prueba de multicolinealidad

El modelo de estimación de Mínimos Cuadrados Ordinarios requiere que se cumpla la condición de ortogonalidad. Esto quiere decir que la media de los errores no debe estar correlacionada con cada uno de los regresores. De acuerdo a Wooldridge (2014), a esta condición también se le conoce como supuesto de media condicional igual a cero.

Para comprobar que el modelo estimado cumpla con esta condición, se realiza la prueba de Factor de Inflación de Varianza (VIF). Esta prueba calcula los factores de inflación de las variables independientes del modelo de regresión lineal centrados o no centrados. Si el valor del VIF es superior a 10, el modelo presenta problemas de multicolinealidad.

**Tabla 3.3**

*Test VIF*

Variable	VIF	1/VIF
Capital (K)	1.02	0.984293
Trabajo (L)	1.06	0.946252
Capital natural (S)	2.04	0.489135
Contaminación (R)	2.05	0.487171
Media VIF	1.54	

Como puede verse en la tabla 3.3, ninguno de los valores supera a 10, por lo que puede afirmarse que la muestra no presenta problemas de multicolinealidad.

### d) Prueba de normalidad de los errores

Otra de las condiciones que debe cumplirse para que el estimador  $B$  del modelo de mínimos cuadrados ordinarios sea consistente es que la distribución de los errores debe ser normal. Para probar que la muestra tomada cumple esa condición, se realiza las pruebas de Kurtosis y Skewness.

**Tabla 3.4***Prueba Skewness y Kurtosis de Normalidad de Errores*

Variable	Observaciones	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	Adj chi2(2)	Prob>chi2
Estimates	248	0.541	0.180	2.18	0.335
		0	9		9

La tabla 3.4 muestra los resultados de las pruebas de normalidad de errores. En este caso, no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, los errores no siguen una distribución normal.

**e) Prueba Ramsey para variables omitidas**

La prueba de Ramsey para variables omitidas, tal como se muestra en la tabla 3.5, tiene una probabilidad de 0.0006. Por este motivo, se rechaza la hipótesis nula de que el modelo tiene variables omitidas.

**Tabla 3.5***Prueba de Ramsey*

F(3,240)	5.95
Prob>F	0.0006

**f) Prueba de heterocedasticidad**

La prueba de heterocedasticidad permite identificar si la varianza es constante. En el caso de que se presentara, debe ser corregido debido a que la  $\text{Var}(u/x) \neq \sigma^2$ .

**Tabla 3.6***Prueba de heterocedasticidad*

Chi2(1)	16.72
Prob>chi2	0.000

La tabla 3.6 muestra los resultados obtenidos al realizar la prueba Breusch-Pagan/ Cook- Weisberg para probar heterocedasticidad. La hipótesis nula es que el modelo presenta varianza constante. Esta hipótesis es rechazada por tener una probabilidad de 0.000. Por lo tanto, este modelo presenta heterocedasticidad y debe corregirse.

### **3.4.2 Presentación de resultados estimados**

#### **a) Función de productividad total de factores medioambiental usando panel data**

Los datos empleados en la presente investigación corresponden a 8 países de ingresos medio de América Latina, durante un periodo temporal de 31 años. Por este motivo, el método de estimación más adecuado es a través de un panel de datos.

En primer lugar, se hace una estimación de la productividad total de factores haciendo uso de paneles de datos estáticos. De este modo, se podrá mostrar la influencia de las variables capital, trabajo, rentas totales de los recursos naturales y la contaminación en la productividad total de factores. A continuación, se hizo uso de la prueba de Hausman para determinar el tipo de panel que debe emplearse. Si se comprueba que la diferencia entre los coeficientes no es sistemática, el panel data deberá ser de efectos fijos. De lo contrario, la estimación deberá ser con un panel de efecto aleatorio.

##### **a.1 Prueba de Hausman**

La realización de esta prueba permite determinar si las diferencias entre los coeficientes estimados son sistemáticos o no. Esto quiere decir que si la hipótesis nula de que esa diferencia no es sistemática se rechaza, el método adecuado de estimación será un panel data de efecto fijo. Si la hipótesis nula no se rechaza, se debe emplear un panel data de efectos aleatorios.

**Tabla 3.7***Prueba de Hausman*

	(b) Fixed	(B) Random	(b-B) Difference	Sqrt(diag(V <sub>b</sub> -V <sub>B</sub> )) S.E.
Capital	0.0200913	0.0209376	-0.0008464	0.0017585
Trabajo	-0.1575699	-0.16157	0.0040002	0.0071006
Capital natural	0.008266	0.0081386	0.0001275	0.0001813
Contaminación	-0.0083989	-0.0037178	-0.004681	0.0092083

Chi2(4)	3.16
Prob>chi2	0.5320

La tabla 3.7 muestra los resultados de la prueba de Hausman. La hipótesis nula indica que la diferencia en los coeficientes no es sistemática. Los resultados obtenidos señalan que no se rechaza esta hipótesis. Por este motivo, se deberá estimar un panel data de efecto aleatorio. Esto es consistente con las estimaciones realizadas por Carvajal (2017), que demuestra que existe un comportamiento heterogéneo en las economías de América Latina. De este modo, la estimación en base a un panel data de efectos aleatorios permite que esa heterogeneidad sea capturada.

**a.2 Prueba Breusch Pagan de efectos aleatorios**

Esta prueba señala que la varianza de los errores es igual a cero a través del multiplicador de Lagrange. Esto significa que no existe una diferencia significativa entre las unidades. Si la hipótesis nula de esta prueba se rechaza, existe evidencia de que las diferencias entre los países son significativa y que por lo tanto, se debe estimar un panel data de efectos aleatorios.

**Tabla 3.8***Prueba de Breusch y Pagan para efectos aleatorios*

	Var	Sd=sqrt(Var)
Productividad total de factores	0.0155361	0.1246438
e	0.0040061	0.0632939
U	0.0107132	0.1035046

Prueba:  $\text{Var}(u)=0$ 

Chibar2(01)=1080.63
Prob>chibar2= 0.000

La tabla 3.8 muestra los resultados estimados. La probabilidad es de 0.000. Esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula de que la varianza de los errores es igual a cero. A partir de esta prueba, se procede a la estimación del modelo de panel data a través del método de mínimos cuadrados ordinarios con efectos aleatorios.

**Tabla 3.9***Resultados de la productividad total de factores para panel data de efectos aleatorios, 1985-2015*

Wald chi2(4)= 30.75		
Probabilidad> chi2=0.000		
	Coefficiente	P- Value
Capital	0.0209376	0.075
Trabajo	-0.16157	0.005
Capital natural	0.0081386	0.000
Contaminación	-0.0037178	0.923
Constante	0.9069449	0.000

Los resultados de la tabla 3.9 muestran que las variables capital, trabajo y rentas totales de los recursos naturales resultan significativas con un 10% de confianza. De estas

variables que resultan significativas, la mayoría tiene un impacto positivo en la productividad total de factores. La única de estas que tiene un impacto negativo es el trabajo. Esto resulta contrario a lo que se predice la teoría económica. Esta distorsión se presenta debido a la calidad de los datos. Por otro lado, la variable contaminación no resulta estadísticamente significativa.

### a.3 Prueba de autocorrelación para panel data

Se realiza la prueba de Breusch-Pagan-Godfrey para determinar la presencia de autocorrelación en la muestra. La hipótesis nula es que no existe correlación de orden 1 en el panel de datos.

**Tabla 3.10**

*Prueba Breusch-Pagan-Godfrey*

R <sup>2</sup> <sub>h</sub> =0.3225	R <sup>2</sup> <sub>h</sub> Adj=0.3142	F-test=28.92	P-value>F(4,244)=0.000
R <sup>2</sup> <sub>v</sub> =0.3225	R <sup>2</sup> <sub>v</sub> Adj=0.3142	F-test=28.92	P-value>F(4,244)=0.000

Al tener un P- value de 0.000, como se muestra en la tabla 3.10, se rechaza la hipótesis nula de que no existe correlación de orden 1. Al presentarse tanto correlación como heterocedasticidad en la muestra, lo más apropiado es realizar la estimación a través de un panel data aplicando el método de mínimos cuadrados generalizados.

A continuación, se realiza la estimación usando el método de mínimos cuadrados generalizados haciendo las correcciones respectivas. Como se mencionó en la sección anterior, se debe corregir tanto el problema de heterocedasticidad como el de autocorrelación.

**Tabla 3.11**

*Resultados de la estimación de productividad total de factores medioambiental para panel data, corregido para autocorrelación y heterocedasticidad, 1985-2015*

Wald chi2(4)= 59.67		
Probabilidad > chi2=0.000		
	Coefficiente	P- Value
Capital	0.0139623	0.024
Trabajo	-.219809	0.000
Capital natural	0.0037166	0.000
Contaminación	0.0120503	0.162
Constante	1.042959	0.000

En base a los resultados obtenidos en la tabla 3.11, se puede concluir que las variables que tienen un impacto significativo en el análisis de la productividad total de factores medioambiental para el caso de los países seleccionados de ingreso medio alto de América Latina durante el periodo 1985-2015 son el capital, trabajo y rentas totales de los recursos naturales. Las variables capital y rentas totales de los recursos naturales tienen además un coeficiente positivo, lo que indica que si todas las demás variables permanecen constantes, un incremento en estas ayudará a que la región se vuelva más productiva.

La variable trabajo, medida a través del índice de capital humano proporcionada por el Penn World Table, a pesar de que resulta estadísticamente significativa, presenta un signo negativo. Esto contradice la teoría económica, pues el capital humano es una variable que tiene una contribución positiva a la productividad. El Banco Mundial (2018) muestra que esta es la variable que tiene una mayor contribución a la productividad. Por este motivo, la inclusión de esta variable resulta ser una de las principales limitaciones de esta investigación debido a la calidad de los datos empleados. Cárdenas et al. (2018) señalan que para medir correctamente la variable trabajo debería emplearse la variable horas de trabajo, pues el índice de capital humano presentado en el Penn World Table

mide el rendimiento de la educación en la fuerza laboral, lo que genera problemas de estimación.

Finalmente, la variable contaminación, conformada por las emisiones de gases de efecto invernadero medidas en toneladas métricas de CO2 equivalente resulta no ser significativa estadísticamente debido a que su P-value es de 0.162.

Para recoger la sugerencia de Cárdenas et al. (2018), en la tabla 3.12 se presentan los resultados de la estimación haciendo uso de la variable horas trabajadas como variable proxy del trabajo. Cabe destacar que en esta estimación se excluye dos países debido a que en el Penn World Table no se encuentra medición de este dato para el caso de Guatemala y Paraguay.

**Tabla 3.12**

*Resultados de la estimación de productividad total de factores medioambiental para panel data, corregido para autocorrelación y heterocedasticidad, 1985-2015*

Wald chi2(4)= 35.33		
Probabilidad> chi2=0.000		
	Coefficiente	P- Value
Capital	0.019	0.008
Trabajo	0.00015	0.007
Capital natural	0.004	0.000
Contaminación	0.013	0.081
Constante	0.2085	0.077

La tabla 3.12 muestra los resultados de la estimación de la productividad total de factores medioambiental para el caso de Brasil, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Venezuela. En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que todas las variables resultan significativas y tienen una contribución positiva a la productividad total de factores. Estos resultados reafirman lo predicho por la teoría económica.

**b) Estimación del impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero en el capital humano, usando panel data 1985-2015**

De acuerdo al reporte del Banco Mundial presentado por Lange et al. (2018), la contaminación del aire daña la salud humana, por lo cual produce un impacto negativo en el valor del capital humano al reducir la participación de la fuerza laboral y la productividad. Por lo tanto, la contaminación del aire tiene un impacto negativo en la economía global y reduce la calidad de vida de la población en general.

**Tabla 3.13**

*Resultados de la estimación de del impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero en el capital humano, usando panel data 1985-2015*

Wald chi2(4)= 128.04		
Probabilidad> chi2=0.000		
Logaritmo del Trabajo	Coefficiente	P- Value
Logaritmo de Emisiones de CO2	0.2884075	0.000
Logaritmo de Emisiones de CH4	0.0895018	0.150
Logaritmo de Emisiones de NOX	-0.1635201	0.005
Constante	0.0031358	0.988

La tabla 3.13 muestra los resultados obtenidos al estimar el modelo en el que el índice humano se ve afectado por las emisiones de gases de efecto invernadero. Se realizó la estimación mediante logaritmos para calcular la elasticidad del índice humano respecto a variaciones en las cantidades de emisiones contaminantes. Este modelo resulta estadísticamente significativo, pues la probabilidad conjunta de que los coeficientes sean cero es de 0.00. El P- value de las variables emisiones de CO2 y emisiones de NOX es menor al 10%, por lo que resultan significativas. La única variable que no es significativa es emisiones de CH4.

Debido a la limitación de la investigación respecto a la variable trabajo, estos resultados deben ser analizados con cautela. Sin embargo, es importante destacar que la variable emisiones de NOX tiene un impacto negativo en el índice de capital humano,

por lo que una variación del 1% en la cantidad de emisiones de óxido nitroso llevaría a la reducción del índice de capital humano en 0.16%.

**c) Estimación de la importancia de las rentas totales de los recursos naturales en la tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno, usando panel data 1985-2015**

Las rentas generadas por el uso de recursos naturales han sido una fuente importante de crecimiento económico para los países de América Latina. Tello (2017) señala que en la mayoría de países de la región, los sectores que hacen un uso intensivo de recursos naturales dominan las canastas de bienes que se exportan. Este uso intensivo de los recursos puede ser analizado desde dos puntos de vista. Por un lado, tiene un efecto positivo en el corto plazo, pues genera un incremento en el PBI. Sin embargo, si se toma en cuenta la sostenibilidad en el crecimiento, Quiroga et al. (2016) han determinado que la región se encuentra afrontando un proceso de deterioro ambiental.

De acuerdo a Cárdenas et al. (2018), en muchas ocasiones el incremento en las rentas totales generadas por el uso de los recursos naturales es interpretada erróneamente como un incremento en la productividad. Esto se debe a que no se tiene en cuenta que el uso que se hace de los recursos naturales no viene acompañado de un incremento en el valor agregado que producen las economías.

**Tabla 3.14**

*Resultados de la estimación del impacto del capital natural en la tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno, usando panel data 1985-2015*

Wald chi2(4)= 194.22		
Probabilidad> chi2=0.000		
Tasa de crecimiento del PBI	Coficiente	P- Value
Capital natural	-0.0732085	0.042
Capital	10.89581	0.000
Constante	2.620942	0.000

Los resultados mostrados en la tabla 3.14 indican que tanto el capital como las rentas totales de los recursos naturales tienen un impacto significativo en la estimación de la tasa de crecimiento del PBI, pues el P-value de todas las variables es menor al 10%. El signo del coeficiente de las rentas totales de los recursos naturales es negativo, por lo que refuerza lo encontrado en estudios previos. Los países que presentan mayor dependencia de los recursos naturales, generan poco valor agregado, lo que se ve reflejado en bajas tasas de crecimiento del PBI.

### **3.5 Interpretación económica**

En la presente sección se realiza la interpretación económica de los resultados obtenidos tanto en las pruebas como en los modelos estimados previamente. En primer lugar, se explica los coeficientes obtenidos en la estimación de la productividad total de factores a través del modelo de mínimos cuadrados generalizados. Posteriormente, se compara los resultados obtenidos con trabajos realizados por otros autores. Finalmente, se realiza un análisis de frontera eficiente para determinar la combinación óptima de factores productivos, que maximice la tasa de crecimiento del PBI.

Estudios realizados previamente muestran que diversos autores tales como Brandt et al. (2017) y Cárdenas et al. (2018) han incluido en el análisis de la productividad total de factores, las variables medioambientales. El modelo estimado por Brandt et al. (2017), muestra que es de suma importancia su inclusión debido a que el reconocimiento del capital natural como un factor productivo genera un cambio significativo en la medición de la productividad y en la evaluación de las fuentes de crecimiento económico.

La productividad total de factores tiene una limitación, pues se mide desde el punto de vista del productor. De este modo, no mide el bienestar social. Por este motivo, los cambios en la utilización de los factores productivos y de los productos son calculados en base a precios de mercado o los costos de oportunidad privados de esos precios. Sugieren que para que la productividad total de factores mida el bienestar social, se emplee un método de valorización distinta al mercado tanto para los factores de productivos como para la producción (Cárdenas et al., 2018).

En el caso de América Latina, se ha encontrado que la productividad de la región se encuentra aproximadamente a la mitad de su potencial. La clave para comprender la

baja productividad total de factores radica en el déficit de factores de producción. La baja acumulación de factores productivos explica el estancamiento relativo respecto a otras economías en desarrollo (BID, 2016).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que el crecimiento económico y el desarrollo sostenible son dos aspectos diferentes, que en los últimos tiempos se han combinado para ofrecer políticas que los promuevan simultáneamente con el objetivo de que el consumo de las generaciones futuras no se vea afectado por el consumo presente. Por este motivo, el estudio realizado tuvo como objetivo crear un indicador que permita establecer la brecha existente entre el crecimiento del producto bruto interno respecto al desarrollo sostenible. Los resultados de su análisis revelaron que los países que alcanzaron un mayor crecimiento económico no necesariamente alcanzaron el mismo nivel de desarrollo sostenible (Francisco et al., 2019).

A continuación, se presenta los resultados obtenidos por variable y se comparan con estudios previos.

### **3.5.1 Análisis del comportamiento de las variables**

#### **a) Relevancia del capital producido**

El capital físico o producido hace referencia a la maquinaria necesaria para la producción de otros bienes o para brindar servicios. En el modelo de Solow (1956), el stock de capital físico es definido como la acumulación del mismo y la inversión neta es el ratio de incremento en el stock de capital.

En la presente investigación, el capital producido resultó ser estadísticamente significativo y con un coeficiente de 0.0139623 en la estimación de la productividad total de factores medioambiental. Esto quiere decir que este factor productivo tiene el potencial de ayudar a la región a incrementar su productividad. Por otro lado, al estimar el impacto que tiene en la tasa de crecimiento del PBI se encontró que también es una variable significativa. El coeficiente estimado señala que el incremento en la formación bruta de capital hará que se incremente el PBI.

De acuerdo al Banco Interamericano de Desarrollo (2016), la inversión en capital físico permitirá acceder a nuevas tecnologías que facilitarán el acercamiento a la frontera

de producción. Los resultados que encontraron de comparar América Latina con otras regiones es que la relación entre la inversión en capital físico y el crecimiento de la productividad total de factores es débil si se le compara con las economías avanzadas o con los países del este asiático. Otro de los hallazgos de este estudio es que el ratio capital-trabajo se ha mantenido “constante” en el caso de América Latina durante las últimas cinco décadas.

#### **b) Relevancia del trabajo**

El trabajo es una de las fuentes más importantes de crecimiento económico alrededor del mundo. Solow (1957) incluyó este factor y concluyó que las mejoras en la educación de la fuerza laboral tienen el potencial de producir un cambio en la función de producción. A esta variación le denomina cambio tecnológico.

En la estimación realizada en la presente investigación el coeficiente de esta variable resultó negativo. Esto es una contradicción a la teoría económica, por lo que resulta la principal limitación. Este inconveniente en la calidad de los datos se debe a que el índice de capital humano presentado en el Penn World Table mide el rendimiento de los años de educación en la fuerza laboral. Cárdenas et al. (2018) resuelven este problema a través de la variable horas trabajadas. Sin embargo, como en la presente investigación se emplea el modelo propuesto por el Banco Mundial, empleado también en países de la OECD, a través de la investigación de Brandt et al. (2017), se mantuvo la variable propuesta por ellos. Adicionalmente, la base de datos del Penn World Table no cuenta con la medición de la variable horas trabajadas para los países de Guatemala y Paraguay, que son parte de este estudio.

Cualquier distorsión en el cálculo de la capacidad productiva de la fuerza laboral; es decir, del capital humano, se traslada directamente a la estimación de la productividad total de factores (BID, 2016). Esto se debe a que esta se obtiene como un residual. Los métodos tradicionales miden esta variable en función a los años de educación recibidos por la fuerza laboral. Sin embargo, no toman en cuenta el rendimiento de la educación recibida en términos de capacidades productivas. Los autores señalan que esa dimensión es el origen de las brechas de productividad encontradas en el caso de la región de América Latina. Argumentan que lo que se muestra como un problema de baja productividad podría ser en realidad un problema de bajo rendimiento de la educación.

En el trabajo realizado por Cárdenas et al. (2018), se sugiere medir el trabajo a través de la variable horas trabajadas para poder reflejar la cantidad de trabajo.

Como parte del segundo objetivo del presente trabajo, se realizó la estimación del trabajo en función a las emisiones de gases de efecto invernadero para determinar si las estimaciones realizadas por el Institute for Health Metrics and Evaluation respecto a la merma de la fuerza laboral originada por estos tipos de gases contaminantes realmente tienen el efecto nocivo predicho (Lange et al., 2018).

La estimación dio como resultado que los coeficientes de las variables referidas emisiones de dióxido de carbono y emisiones de óxido nitroso son significativos; mientras que las emisiones de metano no lo son. El único coeficiente que genera una disminución del índice humano es el óxido nitroso. El incremento de este gas de efecto invernadero de alta potencia en 1% genera una disminución del 0.16% en el índice de capital humano.

### **c) Relevancia de las rentas totales de los recursos naturales**

El Banco Mundial emplea una nueva metodología empleada para calcular la relación entre los recursos naturales y el crecimiento de la productividad total de factores en países en desarrollo (Hamilton et al., 2019), la cual plantea que el principal reto para incluir los recursos naturales en la medición de la productividad total de factores es la disponibilidad de información respecto a la renta total generada por los recursos naturales, su participación en el producto bruto interno y su crecimiento en el tiempo. Por ello, destacan la importancia que tiene la creación de la base de datos Wealth of Nations, en la que estas se miden como la diferencia entre su precio y el costo económico de extracción. Esta nueva base de datos permite hacer comparaciones por país, región y nivel de ingresos en la evolución de la productividad total de factores en el tiempo. Para ello, se basa en las estimaciones del Penn World Table de stock de capital, capital humano y recursos naturales y añade información de índices de producción real agrícola de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, así como de remuneración total del trabajo y número de personas empleadas a partir de 15 años proveniente de la Organización Internacional del Trabajo.

Como resultado de la estimación de estos autores, las rentas totales de los recursos naturales tienen un importante impacto en la productividad total de factores en la región

de América Latina y el Caribe. A pesar de que la región destaca entre la muestra por su baja productividad, la inclusión de los recursos naturales en el cálculo origina que la productividad se incrementa de 0.15 a 0.24 durante el periodo de análisis, que fue desde 1996-2014. Sin embargo, existe diferencias considerables en el desempeño de la región. Por un lado, países como Brasil, Colombia, Guatemala y Paraguay muestran que la estimación de la productividad total de factores no se ve incrementada por el uso de sus recursos naturales. Por otro lado, países como Costa Rica, México y Perú muestran que el incremento de la productividad total de factores está altamente relacionado a la explotación de sus recursos naturales. Venezuela no forma parte de esa investigación.

Este resultado es consistente con lo encontrado en la presente investigación, pues se encontró que esta variable es significativa estadísticamente y el coeficiente tiene un signo positivo. Por este motivo, se puede concluir que las rentas totales de los recursos naturales son una fuente importante de crecimiento para América Latina y el Caribe. Sin embargo, se debe ser cauteloso, pues la sobreexplotación de los recursos naturales puede tener consecuencias nefastas. Se debe tener presente que el uso que se haga de estos recursos tiene un fuerte impacto en la sostenibilidad del crecimiento.

En la estimación realizada para determinar la importancia de las rentas totales generadas por los recursos naturales en la estimación del PBI, se encontró que estas son significativas estadísticamente y que el signo del coeficiente determina que tienen un impacto negativo en las tasas de crecimiento del PBI. Esto refuerza los hallazgos de Tello (2017) de que, si bien en el corto plazo los recursos naturales pueden generar crecimiento económico, si las economías no son capaces de encontrar formas de aprovechar las materias primas y generar valor agregado, se estará cumpliendo la teoría que predice la maldición de los recursos naturales.

#### **d) Relevancia de la contaminación**

Brandt et al. (2017) plantean en su modelo que la contaminación era un input no deseado en el proceso productivo. Sostienen que no es posible incrementar la productividad de un país sin que se genere un impacto en el medio ambiente.

En correspondencia con ese estudio, el modelo planteado en la presente investigación muestra que la variable R, que representa la contaminación ambiental, tiene una correlación positiva con la productividad total de factores, aunque no resulta

significativa estadísticamente. Cabe recordar que la contaminación ambiental es medida a través de las emisiones de gases de efecto invernadero tales como el dióxido de carbono, óxido nitroso y metano.

Por otro lado, las variables presentadas individualmente para determinar el efecto que tienen en el capital humano resultaron ser significativas, pues la probabilidad conjunta de que los coeficientes sean cero es de 0.000. Por otro lado, las variables emisiones de dióxido de carbono y óxido nitroso son significativas pues su P-value es de 0.000 y 0.005, respectivamente.

### 3.5.2 Análisis de frontera eficiente

El análisis de frontera eficiente permite determinar la eficiencia con la que se están combinando los factores productivos. El modelo se ajusta a la frontera de producción estocástica para panel data en los cuales el término de error es la combinación entre el término que genera ineficiencia y el error idiosincrático.

**Tabla 3.15**

*Resultados de la estimación de la frontera eficiente*

Wald chi2(5)= 262.12		
Prob>chi2= 0.000		
Tasa de crecimiento del PBI	Coeficiente	P>/z/
Productividad total de factores	8.768677	0.006
Capital	10.56983	0.000
Trabajo	1.694382	0.012
Capital natural	0.0767574	0.171
Contaminación	-0.8617054	0.000
Constante	-4.326729	0.059

La tabla 3.15 muestra los resultados luego de realizarse 25 iteraciones respecto a las variables productividad total de factores, capital, trabajo, rentas totales de los recursos naturales y contaminación a fin de encontrar la combinación óptima para maximizar la tasa de crecimiento del PBI, se obtiene que, a excepción de la variable rentas totales de los recursos naturales, todas las variables resultan significativas para estimar la ineficiencia técnica en la variación porcentual del PBI.

A partir de estas estimaciones se puede probar que las variables más importantes que tienen relación positiva con el crecimiento económico son la productividad total de factores, el capital y el trabajo. Por otro lado, la variable contaminación tiene un impacto negativo en la tasa de crecimiento del PBI. Esto comprueba que, en el largo plazo, la producción no será eficiente si se hace un uso indiscriminado de los recursos naturales. A pesar que en el corto plazo se produce un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero se logra generar una mayor producción; sin embargo, en el largo plazo se pone en riesgo la sostenibilidad.

### **3.6 Síntesis del capítulo**

En el presente capítulo se estimó el modelo para América Latina en base al enfoque de Brandt et al. (2017) para calcular la productividad total de factores medioambiental. Se encontró que las variables que explican el desempeño de los países de ingresos medio-altos de América Latina son la formación bruta de capital y las rentas totales de los recursos naturales. Estos resultados explican el modelo preponderante de producción de la región, pues es altamente dependiente del valor de sus materias primas. Además, tal como señaló el BID (2016), existe un déficit en la inversión de capital físico, por lo que un incremento en esta variable mejora significativamente el desempeño.

Se encontró problemas de estimación con la variable trabajo, pues el índice humano del Penn World Table 9.1 mide el rendimiento de la educación en la fuerza laboral. Por este motivo, Cárdenas et al. (2018) plantean que esta variable sea medida en horas de trabajo. Al realizar este cambio, se obtiene que todas las variables resultan significativas y tienen una relación directa con la productividad total de factores.

A pesar de esta limitación encontrada, se pudo detectar que, a diferencia de lo estimado por Cárdenas et al. (2018), se halló que las variables que miden la

contaminación del aire a través de las emisiones gases de efecto invernadero tienen un impacto significativo en el capital humano.

A continuación, se estimó el efecto del capital y de las rentas totales de los recursos naturales en la tasa de crecimiento del PBI. Se encontró que ambas variables resultan significativas. El signo de los coeficientes muestra lo planteado por el BID (2016) respecto al stock de capital y las rentas totales de los recursos naturales en el crecimiento de la región. La acumulación de capital permite que se incremente la tasa de crecimiento, mientras que las rentas totales de los recursos naturales tienen un impacto negativo producto del daño que se genera en el medioambiente.

Finalmente, se calculó la frontera estocástica de producción eficiente. Este análisis hizo posible determinar la combinación óptima de factores productivos para lograr que la tasa de crecimiento del PBI se maximice. Se encontró que la única variable que tiene un impacto negativo es el vector de contaminación compuesto por las emisiones de dióxido de carbono, óxido nitroso y metano. Esto indica que para lograr que el crecimiento económico de la región sea sostenible, es necesario que se continúe implementando programas que ayuden al desarrollo tecnológico medioambiental. Mientras tanto, las variables que tienen mayor relevancia para conseguir el objetivo de incrementar la tasa de crecimiento del PBI son la formación bruta de capital y el trabajo, que son las variables tradicionales en las que se basan las mediciones tradicionales de productividad.

## CONCLUSIONES

- No se corrobora empíricamente la hipótesis de que el capital natural disponible sea la variable más importante para determinar la productividad de los países de ingresos medio- altos de América Latina. Sin embargo, hay evidencias de que este factor productivo es significativo en la estimación de la productividad.
- Se corrobora empíricamente la hipótesis de que el stock de capital natural disponible tiene una relación directa con la productividad total de factores, pues el coeficiente es de 0.0037. La evidencia muestra que la variable más significativa en esta estimación es la variable formación bruta de capital.
- A través del análisis econométrico se corrobora que las emisiones de dióxido de carbono y óxido nítrico, provenientes principalmente de la quema de combustibles fósiles y de la quema de biomasa, son significativas al estimar el índice de capital humano debido a que el P- valor es de 0.000 y 0.005 respectivamente. Se encontró que un incremento de 1% en las emisiones de óxido nítrico llevaría a una disminución del índice de capital humano de 0.16%. Sin embargo, esta evidencia debe ser evaluada con cautela debido a la limitación presentada por el índice de capital humano.
- La evidencia empírica muestra que existe una relación inversa entre la renta generada por los recursos naturales y la tasa de crecimiento del PBI, la cual es significativa al presentar un P-valor de 0.042. Esto corrobora que el uso indiscriminado de los recursos naturales pone en riesgo la sostenibilidad del crecimiento en los países de ingresos medio-altos de América Latina: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se reemplace el índice de capital humano presentado en el Penn World Table 9.1, que mide el rendimiento de la educación, por la variable horas trabajadas sugerida por Cárdenas, Hascic y Souchier (2018). De este modo, se puede determinar con exactitud la producción que se logra por hora de trabajo. Esta variable representó la principal limitación debido a que el signo resultó negativo al momento de estimar la productividad total de factores medio ambiental, lo que contradice la teoría económica. Al reemplazar esa variable en la estimación de la productividad total de factores, se encontró que las horas de trabajo sí resultan significativas y tienen una contribución positiva, lo que corrobora lo predicho por la teoría económica.
- Es recomendable que los gobiernos de América Latina incentiven el crecimiento económico sostenible. Esto se logrará a través de la investigación y desarrollo de políticas centradas en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente las de óxido nitroso, pues tienen un efecto negativo en el índice de capital humano.

# 1 REFERENCIAS

- Banco Mundial. (2017). *Tomando impulso en la agricultura peruana: Oportunidades para aumentar la productividad y mejorar la competitividad del sector*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/781561519138355286/pdf/Gainin-g-momentum-in-Peruvian-agriculture-opportunities-to-increase-productivity-and-enhance-competitiveness.pdf>
- Banco Mundial. (2020a). *Indicadores de Desarrollo Mundial*. <https://databank.bancomundial.org/source/world-development-indicators>
- Banco Mundial (2020b). *World Bank Country and Lending Groups*. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2016). *Informe de Sostenibilidad 2016*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Informe-de-Sostenibilidad-del-BID-2016.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *Creciendo con Productividad: Una agenda para la región andina*. <http://dx.doi.org/10.18235/0001178>
- Bilibio, G. (2018). *Evaluación de la Sostenibilidad del Crecimiento de la Economía Peruana. Caso Trampa del Ingreso Medio 1991-2015*. <http://doi.org/10.26439/ulima.tesis/6970>
- Brandt, N., Schreyer, P. & Zipperer, V. (2013). *Productivity Measurement with Natural Capital*. <https://doi.org/10.1787/5k3xnhsz0vtg-en>
- Brandt, N., Schreyer, P. & Zipperer, V. (2014). *Productivity Measurement with Natural Capital and Bad Outputs*. <https://doi.org/10.1787/5jz0wh5t0ztd-en>
- Brandt, N., Schreyer, P. & Zipperer, V. (2017). *Productivity Measurement with Natural Capital. Review of Income and Wealth, Vol (63) 7-21*. <https://doi.org/10.1111/roiw.12247>

- Cárdenas, M., Hascic, I. & Souchier, M. (2018). Environmentally Adjusted Multifactor Productivity. *Ecological Economics*, Vol. (153) 147-160. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.06.015>
- Carvajal, F. (2017). *Avances y desafíos de las cuentas económico-ambientales en América Latina y el Caribe*. <http://hdl.handle.net/11362/43314>
- Cavallo, E., & Powell, A. (2018). *Informe Macroeconómico de América Latina y el Caribe 2018: La hora del crecimiento*. <http://www.cepb.org.bo/wp-content/uploads/2018/08/Informe-macroeconomico-de-America-Latina-y-el-Caribe-2018-La-hora-del-crecimiento.pdf>
- Comisión Económica para América Latina. (2016a). *Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: La situación de América Latina*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40530-ciencia-tecnologia-innovacion-la-economia-digital-la-situacion-america-latina>
- Comisión Económica para América Latina. (2016b). *Horizontes 2030: La igualdad en el centro del desarrollo sostenible*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40159-horizontes-2030-la-igualdad-centro-desarrollo-sostenible>
- Comisión Económica para América Latina. (2016c). *Productividad y brechas estructurales en México*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40165-productividad-brechas-estructurales-mexico>
- Céspedes, N., Lavado, P. & Ramírez, N. (2016). *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias*. <http://hdl.handle.net/11354/1083>
- Croce, E., Da Costa, M. & Juan-Ramón, V. H. (2002). *Programación financiera: Métodos y Aplicación al caso de Colombia*. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/finpro/esl/>
- Farrell, M. (1957). *The Measurement of Productive Efficiency*. vol (120), no.3. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Feenstra, R., Inklaar, R. & Timmer, M. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *Universidad de Groningen*, Vol (105), 1-42. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20130954>

- Feenstra, R., Inklaar, R. & Timmer, M. (2019). *Penn World Table 9.1*.  
<https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>
- Francisco, D., Lopes, T., Marques, A. & Fuinhas, J. (2019). Are Economic Growth and Sustainable Development Converging? Evidence from the Comparable Genuine Progress Indicator for Organisation for Economic Co-operation and Development Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol. (9), 202-213. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.7678>
- Gonzalez-Redin, J., Polhill, G., Dawson, T., Hill, R. & Gordon, I. (2018). It's not the "what", but the "how": Exploring the role of debt in Natural Resource (un)sustainability. *PLOS ONE* 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201141>
- Grazzi, M. P. (2016). *Innovación y productividad en las empresas en América Latina y el Caribe: el motor del desarrollo económico*.  
<https://publications.iadb.org/es/publicacion/17139/innovacion-y-productividad-en-las-empresas-en-america-latina-y-el-caribe-el-motor>
- Greene, W. (2012). *Econometric Analysis*. Pearson.
- Gujarati, D. & Porter, D. (2009). *Econometría*. Mc Graw Hill.
- Hamilton, K., Naikal, E. & Lange, G. M. (2019). *Natural Resources and Total Factor Productivity Growth in Developing Countries: Testing a New Methodology*.  
<http://hdl.handle.net/10986/31172>
- Hašič, I., Cárdenas, M., Linster, M., Mackie, A., Migotto, M. & Sentier, S. (2017). *Green Growth Indicators 2017*.  
<https://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264268586-en/index.html?itemId=/content/publication/9789264268586-en>
- Hofman, A. M. (2017). Crecimiento económico y productividad en Latinoamérica. El proyecto LA-KLEMS. *El Trimestre Económico*, Vol. (84) 259-306.  
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:elt:journl:v:84:y:2017:i:334:p:259-306>
- Hudson, J. & El Khanji, S. (2016). Water utilization and water quality in endogenous economic growth. *Cambridge University Press*, Vol. (21) 626-648.  
[doi:10.1017/S1355770X16000061](https://doi.org/10.1017/S1355770X16000061)

- Hulten, C. (2000). *Total Factor Productivity: a short biography*. National Bureau of Economic Research. doi:10.3386/w7471
- Imtiyaz Ahmad, S. & Imtiyaz-ul-Haq. (2016). Growth and Technological Change in Kazakhstan Economy. *The Journal of Central Asian Studies*, Vol. (23) 183-194. [http://fresno.ulima.edu.pe/ss\\_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www-proquest-com.ezproxy.ulima.edu.pe/scholarly-journals/growth-technological-change-kazakhstan-economy/docview/2085002005/se-2?accountid=45277](http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www-proquest-com.ezproxy.ulima.edu.pe/scholarly-journals/growth-technological-change-kazakhstan-economy/docview/2085002005/se-2?accountid=45277)
- Instituto Peruano de Economía. (2017). *El Valor Agregado de la Minería en el Perú*. <http://www.ipe.org.pe/portal/wp-content/uploads/2018/01/IPE-Junio-2017-El-Valor-Agregado-de-la-Miner%C3%ADa.pdf>
- Krueger, A., & Tuncer, B. (1980). *Estimating Total Factor Productivity Growth in a Developing Country*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/649571468181453334/pdf/SWP422000Estim0a0developing0country.pdf>
- Krugman, P. (1997). *Desarrollo, geografía y teoría económica*. Antoni Bosch.
- Labandeira, X., C., L. & Vásquez, M. (2007). *Economía Ambiental*. <http://190.57.147.202:90/xmlui/bitstream/handle/123456789/525/Economia%20Ambiental%20Labandeira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lange, G., Wodon, Q. & Carey, K. (2018). *The Changing Wealth of Nations 2018*. doi:10.1596/978-1-4648-1046-6.
- Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. [https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/protocolo\\_de\\_kyoto\\_sp.pdf](https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/protocolo_de_kyoto_sp.pdf)
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico/ Corporación Andina de Fomento/ Comisión Económica para América Latina. (2018). *Perspectivas económicas de América Latina 2018: Repensando las instituciones para el desarrollo*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43513/1/LEO2018\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43513/1/LEO2018_es.pdf)

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2017). *How's Life? 2017: Measuring Well-being*. [https://doi.org/10.1787/how\\_life-2017-en](https://doi.org/10.1787/how_life-2017-en)
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2019). *OECD Compendium of Productivity Indicators 2019*. <https://doi.org/10.1787/b2774f97-en>
- Organización de Naciones Unidas. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. <https://www.cedhnl.org.mx/bs/vih/secciones/planes-y-programas/Agenda-2030-y-los-ODS.pdf>
- Quiroga, R., Perazza, M., Cordero, D., Banerjee, O., Cotta, J., Watkins, G. & López, J. (2016). *Medio Ambiente y Biodiversidad: prioridades para la conservación del capital natural y la competitividad de América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/es/medio-ambiente-y-biodiversidad-prioridades-para-la-conservacion-del-capital-natural-y-la>
- Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G. & Woelm, F. (2020). *The Sustainable Development Goals and COVID-19. Sustainable Development Report 2020*. <https://sdgindex.org/reports/sustainable-development-report-2020/>
- Schwab, K. (2018). *The Global Competitiveness Report*. <http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf>
- Sinnott, E., Nash, J. & De la Torre, A. (2010). *Los recursos naturales en América Latina y el Caribe ¿Más allá de bonanzas y crisis?* <https://doi.org/10.1596/978-9-5883-0791-6>
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. (70), No. 1 65-94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. (39), No. 3 312-320. <http://www.jstor.org/stable/1926047>

Tello, M. (2017). Cadenas Globales de valor y exportaciones de productos intensivos en recursos naturales de América Latina y el Caribe: 1994-2011. <http://dx.doi.org/10.18235/0000614>

Weil, D. (2006). Crecimiento Económico. Pearson Educación.

Wooldridge, J. (2002). Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. MIT Press.

Wooldridge, J. (2014). Introducción a la Econometría. Cengage Learning.

World Bank Group. (2017). The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future.

<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/207371500386458722/the-growing-role-of-minerals-and-metals-for-a-low-carbon-future>

World Commission on Environment and Development. (1987). Our Common Future.

<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>



