

Universidad de Lima

Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas

Carrera de Economía



IMPACTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL MEDIO AMBIENTE EN LAS REGIONES DEL PERÚ (2003-2016): PROPUESTA PARA USAR ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

Tesis para optar el Título Profesional de Economista

María del Pilar Alvarado Vera, Código 20140049

Christie Naomi Awa Matsuda, Código 20140109

Asesor

Yuri Jesús Landa Arroyo

Lima – Perú

Noviembre de 2021





**IMPACT OF ELECTRIC ENERGY ON THE
ENVIRONMENT IN THE REGIONS OF PERU
(2003 – 2016): PROPOSAL TO USE NON-
CONVENTIONAL RENEWABLE ENERGIES**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Capital natural	6
1.2 Sostenibilidad débil	7
1.2.1 Indicadores del enfoque de sostenibilidad débil.....	9
1.3 Sostenibilidad fuerte.....	11
1.3.1 La limitación de sustituibilidad del capital natural	12
1.3.2 Indicadores del enfoque de sostenibilidad fuerte	13
1.4 Marco conceptual	16
1.5 Revisión de literatura.....	17
1.6 Enfoque teórico de la investigación	29
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	31
2.1 Deterioro de los suelos	31
2.2 Contaminación del aire.....	32
2.2.1 Efectos de la contaminación del aire sobre la salud.....	33
2.2.2 Consecuencias económicas de la contaminación del aire	34
2.3 Contaminación del agua	35
2.4 El efecto invernadero y los cambios climáticos	36
2.4.1 Relación del cambio climático con la variable energética	38

2.5 Déficit ecológico	38
2.6 Crisis ambiental.....	40
CAPÍTULO III: SECTOR ELÉCTRICO DEL PERÚ	41
3.1 Importancia del sector eléctrico	41
3.2 Evolución del sector eléctrico del Perú	43
3.3 Estructura del mercado eléctrico	44
3.4 Composición de la matriz de energía eléctrica.....	45
3.4.1 Infraestructura de Generación y Transmisión	45
3.4.2 Producción de electricidad	48
3.5 Consumo de electricidad	52
3.6 Precios de la energía eléctrica	52
3.7 Energías renovables.....	53
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA APLICADA Y RESULTADOS	55
4.1 Fuentes de información y bases de datos	55
4.2 Presentación de datos	55
4.3 Descripción y análisis de variables	56
4.3.1 Variable dependiente:.....	56
4.3.2 Variables independientes.....	59
4.4 Pruebas de raíces unitarias y multicolinealidad	63
4.5 Presentación del modelo econométrico	64
4.6 Resultados econométricos	65
4.7 Análisis de resultados	67
CAPÍTULO V: POLÍTICAS Y RECOMENDACIONES PARA INCENTIVAR EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	70
5.1 Políticas sobre energías renovables en el sector electricidad en el Perú	70
5.1.1 Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento	71

5.1.2 Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica.....	72
5.1.3 Política Energética Nacional del Perú	72
5.1.4 Ley de promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables	73
5.1.5 Reglamento de la Generación de Electricidad con energías Renovables	75
5.1.6 Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red	75
5.1.7 Plan de Acceso Universal a la energía	76
5.1.8 Cálculo de la Potencia Firme.....	77
5.2 Políticas sobre energías renovables de países de Latinoamérica	78
5.2.1 Políticas de Argentina	78
5.2.2 Políticas de Chile.....	80
5.2.3 Políticas de México	81
5.2.4 Políticas de Brasil.....	82
5.2.5 Políticas recomendadas	84
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	85
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	88
REFERENCIAS	92
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Evidencia empírica de la degradación medioambiental	26
Tabla 4.1 Unidades de medida y fuente de base de datos de las variables	55
Tabla 4.2 Estadísticas descriptivas de las variables de estudio de las 24 regiones, 2003-2016	56
Tabla 4.3 Pruebas de Raíz unitaria de las variables originales	63
Tabla 4.4 Pruebas de Raíz unitaria de las variables tratadas	63
Tabla 4.5 Matriz de correlación de las variables tratadas	64
Tabla 4.6 Resultado del modelo econométrico	66
Tabla 5.2 Resumen de las políticas implementadas por Argentina, Chile, México y Brasil	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Producción de la electricidad por fuente de energía en el Perú (2000-2016)</i>	1
Figura 2	<i>Huella ecológica del Perú para el periodo 2003 al 2016</i>	3
Figura 2.1	<i>Huella ecológica y biocapacidad del Perú (1961-2016)</i>	39
Figura 3.1	<i>Evolución del coeficiente de electrificación nacional y rural (2003-2016)</i>	41
Figura 3.2	<i>Inversión por segmento en el sector de electricidad (2003-2016)</i>	43
Figura 3.3	<i>Potencia instalada del sector eléctrico por mercado eléctrico y uso propio (2003-2016)</i>	46
Figura 3.4	<i>Potencia instalada del sector eléctrico del mercado eléctrico por origen (2003-2016)</i>	47
Figura 3.5	<i>Longitud de las líneas de transmisión por nivel de tensión (2003-2016)</i>	48
Figura 3.6	<i>Producción de electricidad por tipo de recurso del año 2016</i>	49
Figura 3.7	<i>Producción de electricidad por origen (2003-2016)</i>	50
Figura 3.8	<i>Participación de la producción hidráulica por empresas (2016)</i>	51
Figura 3.9	<i>Participación de la producción termoeléctrica por empresas (2016)</i>	52
Figura 3.10	<i>Precio medio por el servicio de electricidad (2005-2016)</i>	53
Figura 4.1	<i>Huella ecológica per cápita para las 24 regiones del Perú para el año 2016</i> ...	58
Figura 4.2	<i>Producción de electricidad per cápita generada por energías no renovables y convencionales para las 24 regiones del Perú en el periodo 2016 (GW.h)</i>	60
Figura 4.3	<i>Crédito directo per cápita de banca múltiple y desarrollo financiero de las 24 regiones del Perú en el año 2016</i>	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Gráficos con datos atípicos	109
Anexo 2: Prueba de multicolinealidad	110
Anexo 3: Pruebas del modelo econométrico	111
Anexo 4: Resultados econométricos incluyendo la variación del PBI per cápita y sin Apurímac	113
Anexo 5: Efectos fijos de las 24 regiones del Perú.....	114
Anexo 6: Datos de las variables principales	115

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal demostrar el efecto que tiene la energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales en el medio ambiente y su degradación, a nivel regional en el Perú. Ello con la finalidad de proponer políticas que incentiven el uso de energías renovables. Con ese fin, se usa un modelo de panel de datos con efectos aleatorios para trabajar con las variables principales; huella ecológica per cápita y producción de electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales, para el periodo de estudio 2003-2016. Además, se hace uso de las variables de control; desarrollo financiero y una dummy que representa las políticas de uso de energías limpias. Los resultados muestran una relación positiva entre la degradación del medio ambiente, medido por la huella ecológica per cápita, y la producción de la electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales.

Línea de investigación: 5300-6. A7

Palabras clave: Huella ecológica, economía medioambiental, panel de datos con efectos aleatorios, energías limpias, energías renovables, producción de electricidad.

ABSTRACT

The main objective of this study is to demonstrate the effect that electrical energy produced by non-renewable and conventional sources has on the environment and its degradation in Peru at the regional level, in order to propose policies that encourage the use of renewable energies. We worked with a random effects model with panel data to prove the relationship between the main variables; ecological footprint per capita and electricity production per capita from non-renewable and conventional sources, for the study period 2003-2016. In addition, control variables are used, such as financial development and a Dummy that represents clean energy usage policies. The empirical results indicate a positive relationship between the environmental degradation, measured by the ecological footprint per capita, and the production of electricity per capita from non-renewable and conventional sources.

Line of research: 5300-6. A7

Keywords: Ecological footprint, environmental economics, panel data, random effects model, renewable energy, electricity production.

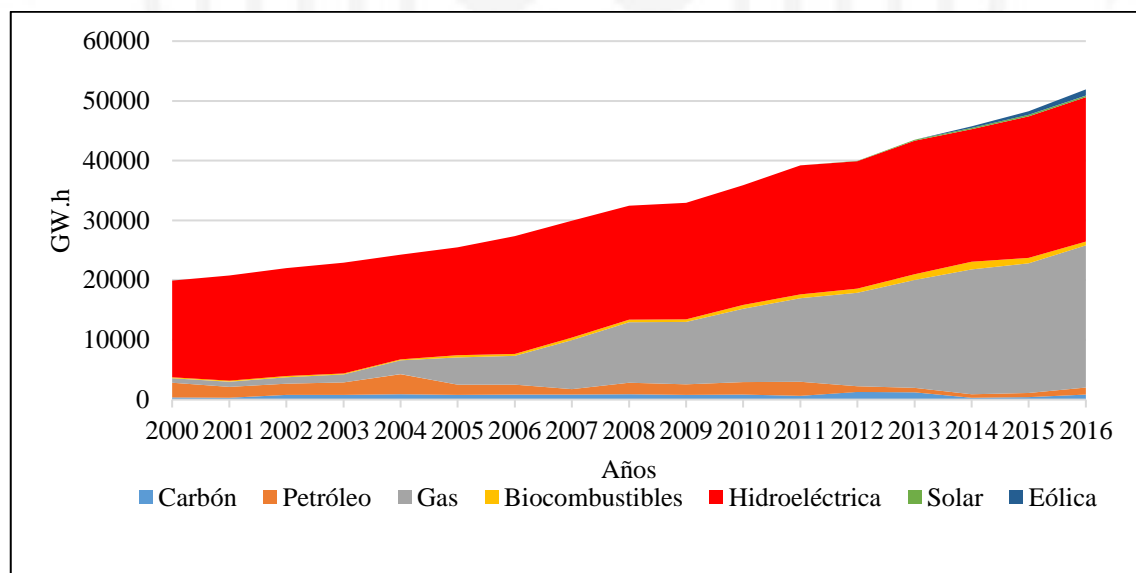


INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica en el Perú se produce principalmente por fuentes primarias no renovables y convencionales, las cuales son la térmica, impulsada por gas natural y la hidráulica, generada en centrales con capacidad instalada mayor a 20 MW. Ello se debe a que tradicionalmente, el Perú ha dependido de centrales hidroeléctricas por las características propias de la región en la que se encuentra (MINEM, 1979) y por el descubrimiento del gas natural en la región del Cusco. Es importante mencionar que, hasta antes del 2004, como se puede observar en la Figura 1, la principal fuente de energía eléctrica era la hidráulica con un 84% aproximadamente de participación en la producción. Posteriormente, debido al proyecto de Gas Natural de Camisea, la energía hidroeléctrica empieza a reducir su participación en la composición en la matriz de electricidad.

Figura 1

Producción de la electricidad por fuente de energía en el Perú (2000-2016)



Fuente: Agencia Internacional de Energía, AIE. (2019)

Por otro lado, la demanda de la energía eléctrica ha ido aumentando debido al alto consumo de electricidad por parte de los sectores industriales y mineros, acorde al Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2017). El sector industrial,

tiene una participación de 29% en el consumo de energía eléctrica y el minero de 26.4%, esto se debe a las maquinarias utilizadas para la realización de sus actividades (MINEM, 2016). Adicionalmente, en la última década, el crecimiento de la clase media también explica el incremento del consumo energético, ello debido a los cambios en los hábitos de consumos de las personas que lo conforman, pues se registró un aumento en los empleos e ingresos (OSINERGMIN, 2017).

El sector de electricidad del Perú ha tenido un crecimiento mayor al PBI, ello impulsado por las inversiones, disponibilidad de recursos energéticos y el desarrollo de energías renovables; siendo este último factor, promovido entre el 2008 y el 2009 por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN, 2017). Este sector es importante ya que tiene un impacto positivo en el crecimiento económico, el cual debe ser sostenido por suministros energéticos debido a su importancia para la producción de bienes y servicios, acorde al informe de Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (2011). Además, este sector, no solo es indispensable para poder realizar las diversas actividades económicas, sino que también permite que la calidad de vida de las personas mejore, ello explicado por el vínculo que tiene el acceso a servicios energéticos con la disminución de la pobreza (García, 2014).

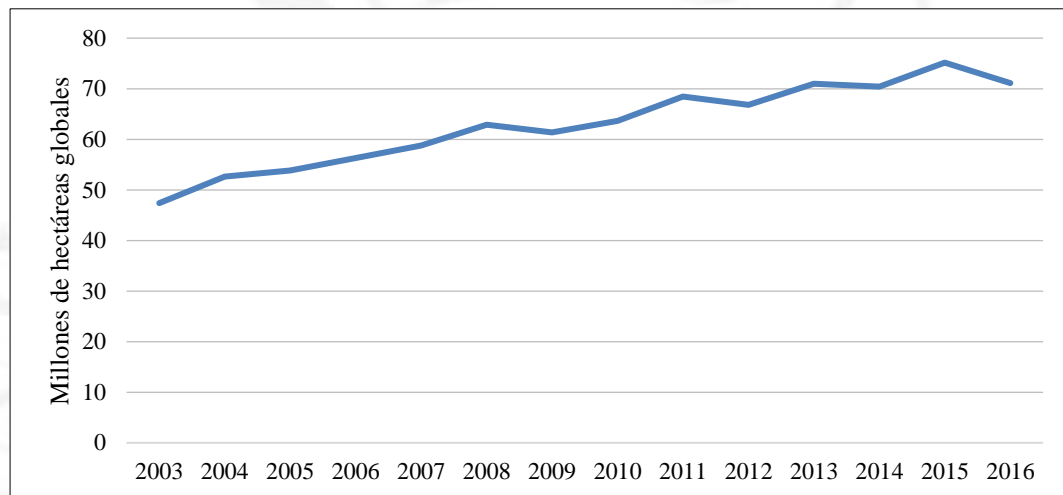
Como se mencionó en líneas anteriores, el sector de electricidad es muy importante en muchos países; sin embargo, a nivel mundial este sector es el que constituye la fuente predominante de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); ya que representa el 15% del total (OSINERGMIN, 2017). La composición de las fuentes de energía eléctrica del Perú, como se mostró en la Figura 1, representa un problema para la economía, ya que el Perú depende del uso de las energías no renovables y convencionales como son la energía termoeléctrica e hidroeléctrica convencional (con capacidad instalada mayor a 20 MW). Esta última es susceptible al cambio climático y tiene costos ambientales tales como contaminación del agua, emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones de carbono que se resguardan en bosques, entre otros factores (Escobedo, y otros, 2017).

La contaminación generada puede ser medida por la huella ecológica (HE), la cual se define como “las demandas de la humanidad sobre la biósfera respecto a la capacidad generativa del planeta” (MINAM, 2012) y se mide en hectáreas globales.

En la Figura 2, se puede apreciar el indicador aplicado al Perú para el periodo 2003-2016, el cual muestra que la HE ha tenido una tendencia creciente, siendo Lima, la región más contaminante del país en el periodo de estudio. Esto se debe a la mayor concentración de industrias y el parque automotor, lo cual genera un problema de contaminación de aire principalmente (MINAM, 2013).

Figura 2

Huella ecológica del Perú para el periodo 2003 al 2016



Fuente: Global Footprint Network (2016)

Se resalta que el Perú es una región vulnerable ante los efectos del cambio climático debido a su gran variedad de recursos naturales y ecosistemas (CEPAL, 2014). Ello quiere decir que, si no hay un concepto de conservación medioambiental, el ecosistema se puede ver comprometido.

El Perú depende de sus recursos naturales para el desarrollo de su economía, por lo que, ante el deterioro de los suelos, la calidad del aire y del agua, las actividades económicas tales como la pesca y agricultura se verían perjudicadas. Además, afecta a la salud de las personas, según el Banco Mundial (2002), la contaminación del aire genera complicaciones de las enfermedades respiratorias, además de causar muertes prematuras. Por otro lado, la contaminación del agua genera un alto índice de enfermedades estomacales (Banco Mundial, 2002).

Es por ello que, es necesario buscar alternativas para mitigar el efecto contaminante medioambiental y una solución es el cambio a energías renovables, como la energía eólica y solar; además, resulta que este tipo de energías ya no son tan caras como lo eran en el pasado e incluso pueden llegar a tener precios tan competitivos como

las energías fósiles (Escobedo, y otros, 2017). Otra propuesta es la creación de políticas públicas y programas en las que se promuevan las energías renovables no convencionales y permitan la reducción del CO₂.

Entonces, planteado el problema respecto al incremento de la dependencia de energías no renovables y el incremento de la contaminación, se planteó el siguiente objetivo general, el cual consiste en demostrar el efecto de la electricidad producida por fuentes no renovables y convencionales en el medioambiente y su degradación, para luego proponer políticas que incentiven el uso de energías más limpias.

A partir de ello se desarrollan tres objetivos específicos, los cuales son:

- Determinar las ventajas y desventajas que las fuentes de energía renovables presentan y explicar las razones por las cuales estas deben ser promovidas en mayor medida en el Perú.
- Estimar el impacto de la energía eléctrica generada con fuentes no renovables y convencionales sobre el medio ambiente, a nivel regional, en el Perú, en el periodo 2003-2016.
- Proponer políticas e incentivos que permitan reducir la contaminación medioambiental, prevenir una crisis energética e incrementar el uso de energías renovables.

A partir de los objetivos formulados, se propone la siguiente hipótesis general: la energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales, como son la termoeléctrica y la hidroeléctrica (con capacidad instalada mayor a 20 MW), en el Perú, deteriora el medio ambiente, por lo que es necesario proponer nuevas políticas para incentivar el uso de energías renovables no convencionales.

Del mismo modo, la hipótesis general se desagrega en dos específicas, las cuales son:

- La energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales, como lo son la termoeléctrica y la hidroeléctrica (con capacidad instalada mayor a 20 MW), respectivamente, en el Perú, tiene impacto mediano sobre la huella ecológica en el periodo 2003-2016.

- Las políticas actuales del Perú que promueven el uso de energía renovables no tienen efectos favorables sobre la huella ecológica.

Con la finalidad de probar el impacto de la energía eléctrica sobre la huella ecológica se utilizó el modelo econométrico de efectos aleatorios. Considerando como la variable dependiente a la huella ecológica per cápita medida en Hectáreas globales (Hag) y como variables independientes, la producción de electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales en GW.h. (gas natural e hidroeléctricas), el desarrollo financiero y la política implementada con respecto al incentivo del uso de energías limpias que se promulgó en el año 2008. Es importante resaltar que para este estudio se consideró los años del 2003 al 2016 con periodicidad anual y se tomó en cuenta a 22 regiones del Perú.

Para armar la base de datos se utilizaron tres fuentes principales. En primer lugar, para hallar la variable de degradación ambiental, se recurrió al Ministerio del Ambiente; en segundo lugar, para la variable de producción de electricidad generada por fuentes no renovables y convencionales, se obtuvo del Ministerio de Energía y Minas; por último, la variable de control, la cual es el desarrollo financiero se tomó del Instituto Nacional de Estadística e Informática.

El capítulo I sintetiza las teorías económicas más relevantes para la elaboración de las hipótesis y desarrolla un marco conceptual en el que se resaltan los conceptos necesarios para un mejor entendimiento de la investigación. El capítulo II realiza una descripción detallada sobre los efectos negativos de la contaminación ambiental a nivel general. El capítulo III explica la matriz eléctrica del Perú en la que se mencionan las características principales del sector eléctrico y la producción, así como, una descripción de los costos y el consumo de la electricidad. El capítulo IV estima el impacto de la electricidad producida por fuentes de energía no renovables y convencionales sobre el medioambiente por medio de un modelo econométrico, además se presentan los resultados obtenidos y una breve discusión de estos. El capítulo V engloba las políticas y recomendaciones relacionadas al uso de las energías renovables para el caso peruano, con la finalidad de poder estudiar la situación actual de la normativa peruana respecto al tema. Por último, el capítulo VI contiene las conclusiones del trabajo de investigación. Cabe destacar que, el presente estudio aplica a la línea de investigación “Medioambiente, crecimiento y desarrollo económico”.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Capital natural

Acorde a Ekins (1992), el capital se divide en cuatro tipos: el humano, el social, el manufacturado o artificial y el natural. El primero se trata del trabajo de las personas y sus capacidades; el segundo, de las organizaciones que funcionan de manera coordinada debido a las personas que intervienen con su trabajo; el tercero, hace referencia a los bienes materiales creados por el ser humano y que son utilizados en el proceso de producción, como lo son las máquinas o edificios; y el cuarto, es un tipo de capital que corresponde a la naturaleza y el medio ambiente, y posee cuatro funciones principales, de los cuales, dos se relacionan directamente con el proceso productivo y los otros proveen las condiciones para la producción y el bienestar de las personas (Ekins P. , 1992).

Las cuatro principales funciones que detecta Ekins (1992), y posteriormente De Groot (2002), son la siguientes:

- a. Provee recursos como comida, combustibles fósiles, metales, minerales, entre otros. Ello con la finalidad de posibilitar la producción y el consumo.
- b. Asimila o absorbe los desechos generados por la producción y el consumo de bienes, en el cual, actividades como el reciclaje que permitan mejorar el estado del capital natural, son considerados como inversiones positivas; mientras que actividades destructivas como la contaminación medioambiental son inversiones negativas.
- c. Provee servicios de amenidad, el cual se refiere a la belleza visual que brindan los paisajes y las áreas naturales.
- d. Provee las funciones básicas de soporte vital, las cuales incluyen la protección que brinda la capa de ozono, estabilidad climática, ecosistemas en funcionamiento, entre otros.

El combinar los cuatro tipos de capitales mencionados previamente, genera el flujo de bienes y servicios, lo cual permite la creación de riqueza y de bienestar de las

personas. Por lo que una reducción del stock de capital puede resultar insostenible, pues destruye dicho flujo (Ekins et al., 2003). Entonces, bajo esa cadena lógica, cada tipo de capital representa un tipo de sostenibilidad; por ejemplo, ante un cambio en el capital natural, la sostenibilidad del medio ambiente se ve afectada (Ekins et al., 2003). A partir de esto, surge la incógnita sobre si los capitales pueden ser sustituibles entre ellos, siendo la sustitución entre el capital manufacturado y el capital natural, el tema principal de la discusión.

1.2 Sostenibilidad débil

Hartwick (1977) es el pionero del enfoque de sostenibilidad débil, aunque antes este término de sostenibilidad no existía como tal. Lo planteado por Hartwick surge como una extensión de la economía neoclásica del crecimiento económico que, incluye en la función de producción a los recursos no renovables como factor de producción. Además, se basa en el modelo de Solow con una función Cobb Douglas.

Se planteó la pregunta sobre si se podía crecer de manera sostenible en el sentido de permitir que el bienestar no disminuya a perpetuidad. Es así que, con estudios pioneros como los de Hartwick, se obtiene como resultado que al incluir el factor de capital natural en la función de producción, a excepción de un optimismo en la economía limitada por el recurso natural, el consumo se reduce a cero en el largo plazo (Simon Dietz, 2007). Para ello, era necesario plantear una regla, la cual permita el bienestar no decreciente en todo momento basándose en el mantenimiento del stock de capital, que incluye el capital natural. Con esta idea, Hartwick plantea una regla de ahorro (Simon Dietz, 2007).

La regla de ahorro tiene como supuestos que la fuerza laboral se mantiene constante a lo largo del tiempo y que la tecnología tiene rendimientos constantes de escala, es decir, no hay cambios en la tecnología (Hartwick, 1977). Otro supuesto es que hay 2 tipos de capital, el capital natural y el hecho por el hombre, llamado también artificial (Cabeza Gutiérrez, 1996). Además, se caracteriza por tener una elasticidad de sustitución constante y unitaria entre factores de producción, en otras palabras, esta suposición implica que el capital natural y el capital artificial son similares y pueden sustituirse (Simon Dietz, 2007).

Teniendo en cuenta los supuestos mencionados anteriormente, Hartwick (1977) propone la regla que garantiza el consumo de bienes no declinantes a lo largo del tiempo

en una economía donde se utiliza un recurso natural no renovable; es por ello que demuestra que, si el capital no es decreciente en el tiempo, entonces, su consumo tampoco lo es (Arias, 2006).

La idea base de la regla del ahorro Hartwick-Solow explica que invertir todas las ganancias de rentas de recursos agotables en el capital artificial, parece resolver el problema ético de la generación actual que afecta a las generaciones futuras al "consumir en exceso" el producto actual (Hartwick, 1977). Sin embargo, la tecnología Cobb Douglas tiene como propiedad de que cada entrada del flujo de minerales de un capital agotable, es esencial para producir una salida positiva de un solo producto básico producido. Por esta razón, la economía no puede agotar ningún recurso natural y continuar teniendo un consumo y una producción positivos (Hartwick, 1977).

La regla de sostenibilidad débil requiere que la riqueza se mantenga constante o que vaya creciendo a lo largo del tiempo, manteniendo constante los medios de producción, es decir, el bien de capital total (capital natural y el artificial). Es por esta razón que se debe conocer la cantidad de base productiva que se debe usar en cada año, esta medida se puede obtener mediante el producto nacional neto ajustado ambientalmente (Arias, 2006).

El producto nacional neto ajustado es el ingreso total de una economía en un año determinado, menos la depreciación del capital hecho por el hombre, por ejemplo, una máquina. Además, para que el producto nacional neto ajustado ambientalmente sea una buena medida de sostenibilidad se deben cumplir las siguientes condiciones. En primer lugar, todos los elementos que se incluyen para el cálculo del producto nacional neto deben estar valorados correctamente en el estado económico actual. En segundo lugar, aquella valoración debe ser acertada para poder realizar previsiones futuras que revelen la escasez en próximos periodos. En tercer lugar, este indicador es buena medida cuando es posible realizar el cálculo de la depreciación de capital natural, de este modo, la economía va a ser sostenible si el producto nacional neto ajustado ambientalmente no cae (Arias, 2006).

Querer alcanzar el desarrollo sostenible es querer mantener la riqueza para las generaciones futuras. En este caso, el concepto de riqueza no solo incluye el capital humano y el producido, sino también el capital natural que incluye activos naturales, tales como la tierra, bosques y los recursos del subsuelo. Entonces, el crecimiento económico

va a constituirse por estos 3 tipos de capital como insumo clave para su sostenimiento a lo largo del tiempo (Banco Mundial, 2009).

Si bien es cierto, hay preocupación sobre la riqueza que pueda disfrutar las generaciones futuras, entonces es necesario que la generación actual ahorre. La provisión de un país para el futuro se da a través del ahorro nacional bruto, el cual es la cantidad de producto total que no se consume. Sin embargo, este tipo de concepto no nos puede dar una explicación clara sobre la sostenibilidad puesto que algunos activos pueden depreciarse con el paso del tiempo (Banco Mundial, 2009).

Por otro lado, el ahorro nacional bruto menos la depreciación de capital fijo es igual al ahorro nacional neto y este concepto se acerca más a la medición de la sostenibilidad. El siguiente paso es ajustar esta medición, el ahorro nacional neto, por la medición de la acumulación de otros activos, capital humano, ambiente y recursos naturales, que sostienen el desarrollo (Banco Mundial, 2009). De ahí se origina el concepto de ahorro genuino neto (AGN), el cual es acuñado por Pearce y Atkinson en 1993 y Hamilton en 1994.

1.2.1 Indicadores del enfoque de sostenibilidad débil

- **Ahorro Genuino Neto (AGN)**

El AGN es un indicador que se acerca más a la medida de la sostenibilidad, en el cual se hace una valoración a los cambios en los recursos naturales, calidad del medio ambiente y el capital humano, adicional a la medida de tradicional de los cambios en los activos producidos proporcionado por el ahorro neto. Los autores de este concepto presentan el cálculo de las tasas de ahorro genuino, donde las tasas negativas implican una disminución de la riqueza total. Además, si hay políticas que hacen posible tener un ahorro genuino negativo de manera persistente, ello hará que la economía sea insostenible. La premisa anterior puede explicar la razón por la cual algunos países que persiguen el crecimiento hoy a expensas de los recursos naturales se van a caracterizar por tener tasas notables de ahorro genuino negativas (Banco Mundial, 2009).

Cabe resaltar que los componentes del Ahorro Genuino Neto son la inversión en capital neto, el préstamo extranjero neto, las transferencias netas, la depreciación de capital producido, la depreciación neta de capital natural, la cual será igual a la falta de

recursos más la degradación del medioambiente, y los gastos de educación actual (Simon Dietz, 2007).

- **Agotamiento de recursos**

El System of Environmental-Economic Accounting (SEEA)- 2003 recomienda que este indicador debe calcularse como el valor presente neto (VAN) de los recursos extraídos, lo cual equivale al rendimiento neto real de los recursos extraídos menos el interés que se gana en el capital restante (Simon Dietz, 2007). Sin embargo, hay limitación de data, a pesar de tener el trabajo realizado por el Banco Mundial para el cálculo de los ahorros genuinos. Por ello, se ha retrocedido en el “precio neto”, que es la renta actual por unidad de recurso, es decir, precio menos costo marginal de extracción. A este resultado se le multiplica por la cantidad de recurso extraído y así se obtiene el cálculo de este indicador (Simon Dietz, 2007).

- **Degradación medioambiental**

La estimación del agotamiento de los recursos naturales consiste principalmente en extraer lo que ya está implícito en el Sistema de Contabilidad Nacional (SNC) y se basa en gran medida en datos observables. Sin embargo, lo que es complicado es medir la degradación del medioambiente; aunque algunos de los impactos de la degradación ambiental se registran en el SNC convencional. Algunos impactos o efectos son la salud humana, servicios medioambientales y los problemas ambientales mundiales, tales como la pérdida de la biodiversidad, entre otros (Simon Dietz, 2007). Para la medida de la degradación hay 2 enfoques que se presentan en el System of Environmental-Economic Accounting (SEEA)- 2003. El primero es el enfoque basado en costos que valoriza la degradación ambiental al costo que habría incurrido si se hubiera internalizado. Además, se presentan 3 métodos de fijación de precios; en primer lugar, estimar los costos de ajuste estructural; en segundo lugar, estimar los costos marginales y; en tercer lugar, estimar los costos de restauración (Simon Dietz, 2007).

El segundo enfoque valoriza el daño causado por la degradación en términos de bienestar humano, que generalmente se requiere que los precios se infieran a través de

las preferencias reveladas. De hecho, hay ventajas y desventajas para cada enfoque (Simon Dietz, 2007).

- **Índice del bienestar económico sostenible**

Es un indicador cuyo enfoque en los años de la estimación, cambia de mantener la capacidad de proporcionar bienestar no declinante en el futuro a mantener el bienestar no declinante en el presente (Simon Dietz, 2007). Este indicador está dentro de la familia de indicadores del bienestar; se entiende que bienestar es una medida completamente integral de la utilidad de los consumidores privados en la economía, es por ello que la sostenibilidad no es fácil de explicar (Simon Dietz, 2007).

Como señala Simon (2007), el índice del bienestar económico sostenible tiene adiciones que pueden resultar incómodos para una explicación en términos de bienestar del consumidor, tales como el gasto público no defensivo, ajuste de capital, los costos de la degradación ambiental, los costos de la protección del medioambiente y el agotamiento de los recursos; sin embargo, estos están relacionados a su vez con la sostenibilidad.

Cabe señalar que el planteamiento del cálculo de este indicador ha sido cuestionado puesto que el hecho que afecte al bienestar actual no necesariamente implica que deba afectar a la sostenibilidad y viceversa.

1.3 Sostenibilidad fuerte

Para poder categorizar a la sostenibilidad, Turner (1993) consideró los rangos “muy débil”, “débil” “muy fuerte” y “fuerte”. La sostenibilidad “muy débil” consiste en la completa posibilidad de sustituir el capital natural con el artificial y la sostenibilidad “débil”, el cual se mencionó en la sección anterior, se enfoca en que ambos capitales mencionados pueden ser sustituibles entre ellos pero con algunas excepciones, pues el bienestar y su mantenimiento no son afectados por el tipo de capital que se use (Turner, 1993).

Haciendo énfasis a los dos últimos rangos de la sostenibilidad se tiene que, una sostenibilidad “muy fuerte” asume la imposibilidad de sustitución del capital natural con el capital artificial y una sostenibilidad “fuerte” asume que la sustituibilidad del capital

natural es posible pero está limitado por las características inherentes que este posee, como “irreversibilidad, incertidumbre y componentes críticos del capital natural que hacen una contribución única al bienestar” (Turner, 1993).

Más detalladamente, la sostenibilidad fuerte, acorde a Beckerman (1994), significa la preservación total del capital natural, lo cual implica la protección y conservación de todas las especies (tanto plantas como animales) para evitar la extinción de estos y el impedimento de utilizar los recursos no renovables sin importar las necesidades humanas más esenciales como el hambre, el acceso a agua potable limpia o el saneamiento. Ante esta definición, el mismo Beckerman (1994) etiquetó a la sostenibilidad fuerte como “moralmente repugnante” y “totalmente impráctico”.

Posteriormente, Daly (1995) critica la definición de Beckerman, argumentando que el autor se refería a la sostenibilidad muy fuerte y que es considerada como “absurda”. La definición de una sostenibilidad fuerte es aquella en la que el capital natural y el artificial (hecho por el hombre) son complementarios (Daly, 1995)

Adicionalmente, Daly (1995) menciona que en caso exista una relación de complementariedad en los capitales mencionados previamente, el capital relativamente escaso vendría a ser el factor limitante al bienestar y que el capital natural representa ese factor en la actualidad. Ello debido a que la actividad económica no se limita a la cantidad de tecnología y maquinaria que haya, sino a los recursos naturales restantes (disponibles) que existan en el planeta (Daly, 1995).

En términos generales, la sostenibilidad fuerte implica que el capital natural, no puede sustituirse completamente por otro tipo de capital artificial y que la complementariedad entre estos dos, le da una mayor importancia al capital ecológico (Dietz y Neumayer, 2007).

1.3.1 La limitación de sustituibilidad del capital natural

La razón a la limitación de la sustituibilidad del capital natural con capital manufacturado recae en las características que este posee. Como se había mencionado anteriormente, acorde a De Groot (2002), el capital natural posee cuatro tipos de funciones ambientales:

1. Funciones de regulación: se refiere a la capacidad en la cual los ecosistemas, ya sean naturales o seminaturales, regulan los sistemas de soporte vital; por ejemplo, la regulación del clima, purificación del aire y del agua, entre otras funciones.
2. Funciones de hábitat: se trata del hábitat que le proporciona a las plantas y animales.
3. Funciones de producción: consiste en los bienes que le provee la naturaleza al ser humano, como los recursos naturales.
4. Funciones de información: se refiere a la referencia que los ecosistemas naturales le proveen al ser humano, como un contexto antes de la evolución del hombre, y el bienestar que provee por temas espirituales, estéticos, etc.

Acorde a Ekins et al. (2003), es importante hacer una distinción entre las funciones del capital natural y las funciones del capital natural para los humanos, pues el primero, está asociado al de soporte vital o la regulación (como se mencionó previamente) y se encarga del correcto funcionamiento de los ecosistemas, así como su mantenimiento. En cambio, el segundo provee bienestar a los humanos a través de recursos que brinda y la capacidad del medioambiente para absorber desechos generados por las actividades humanas (Ekins et al. 2003). Se resalta que no es posible que el ser humano pueda existir sin las funciones del capital natural, pues estas, en su totalidad, contribuyen al bienestar y por ende se consideran valiosas (Ekins et al. 2003).

1.3.2 Indicadores del enfoque de sostenibilidad fuerte

- **Huella ecológica**

Acorde a Wackernagel et al. (1999), cada uno de los individuos del planeta, debido a los bienes y servicios provenientes de la naturaleza que consumen para poder vivir, tienen un impacto sobre la Tierra. Dicho impacto es medido por la cantidad de capital natural que las personas necesitan consumir para su bienestar y buen funcionamiento, más precisamente, se mide la huella ecológica de cada individuo perteneciente a una nación (Wackernagel et al., 1999).

La huella ecológica (HE) expresada en términos de hectáreas globales, la cantidad de áreas que se necesitan para producir los bienes consumidos y asimilar los desechos

generados, acorde a Wackernagel et al. (1999). Dentro de este indicador, se toman en consideración a los productos basados en animales, en madera, infraestructura, combustibles fósiles, etc. Es importante resaltar que, para la medición de la huella ecológica, se utilizan los recursos consumidos y no los producidos, por lo que, si un país importa un recurso no renovable para su consumo, la contabilidad de hectáreas globales aumenta para el país importador, mas no para el exportador (Wackernagel et al., 1999; Dietz y Neumayer, 2007).

Luego de hallar la huella ecológica, se debe hacer una comparación entre el área de la huella ecológica estimada para una nación y el tamaño total del área geográfica de la misma región con la finalidad de poder determinar si hay un déficit o un superávit ecológico (Dietz y Neumayer, 2007). Un déficit ecológico significa que la huella ecológica de un país es mayor al área geográfica de ésta, y un superávit ecológico denota que el área de un país es mayor al área estimada por la huella ecológica (Dietz y Neumayer, 2007).

Es importante recalcar que la huella ecológica es una medida de sostenibilidad fuerte debido a que permite la sustituibilidad entre capitales naturales al asumir “la adición de diferentes bienes de capitales naturales en términos de hectáreas globales” (Dietz y Neumayer, 2007).

Por otro lado, hay críticas respecto al indicador huella ecológica. Acorde a Ayres (2000), la huella ecológica muestra problemas de sostenibilidad no realistas pues no toma en consideración a la tecnología que puede disminuir los desechos generados por las actividades económicas o su impacto en el medioambiente, tampoco se fija en otros gases contaminantes distintos del dióxido de carbono y hace que el comercio sea percibido como negativo debido al déficit ecológico que algunos países puedan presentar.

Asimismo, acorde a van den Bergh y Verbruggen (1999), “la huella ecológica no provee la suficiente información sobre el impacto ecológico”, pues este indicador no provee algo nuevo que desconozca el hombre, todas las personas tienen en claro que la actividad humana degrada el medioambiente.

- **Cuenta de flujos materiales**

El capital natural crítico (CNC) se refiere a que los stocks de capital que tienen las características de las funciones ambientales y son indispensables para el bienestar humano, no pueden ser sustituidos por otros stocks de capitales (naturales, manufacturados, etc.) (Ekins et al., 2003). Se resalta que es muy difícil determinar qué stocks de capital natural son críticos, ello debido a la falta de conocimientos sobre el medio ambiente, cómo operan los ecosistemas, así como sus beneficios, etc. (Ekins et al., 2003). Es por esta razón que, para la determinación del CNC, se deben considerar los principios de sostenibilidad de proveer recursos, asimilar desechos, soporte vital y bienestar y salud humana (Daly, 1991; Turner, 1993; Ekins et al., 2003).

La cuenta de flujos materiales es una herramienta que permite la contabilidad del capital natural crítico. Este indicador mide todos los ingresos y salidas materiales (incluyendo los flujos indirectos o escondidos medioambientales) anualmente, del cual se derivan los indicadores del Material Total Requerido y la Salida Total del Material (Dietz y Neumayer, 2007).

El Material Total Requerido es una herramienta que mide todas las entradas materiales requeridas en una economía. Al momento de desagregar la producción y el consumo de todos los bienes y servicios de los factores contaminantes, es posible contabilizar los impactos medioambientales (Arto, 2009). Por otra parte, la Salida Total del Material, mide las salidas del material de una economía.

La meta de una política ambiental, recae en la disminución de los indicadores antes mencionados. Aunque se recalca que hay críticas respecto a estos indicadores, pues no pueden capturar el cambio del impacto mediambiental (Dietz & Neumayer, 2007)

- **Indicadores híbridos**

Los indicadores híbridos, incorporan a la economía en el flujo de la contabilidad de materiales, puesto que el último presenta limitaciones con respecto al impacto ambiental. El primer indicador es el que Hueting, (1980) propone el cual es el Ingreso Nacional Sostenible, este mide el ingreso nacional menos los costos de la sostenibilidad fuerte (Dietz y Neumayer, 2007). Posteriormente, se toma la idea de utilizar a la brecha de sostenibilidad, propuesto por Ekins y Simon (1999).

La brecha de sostenibilidad es un indicador que mide el nivel de consumo del capital natural excesivo de los estándares de lo que se considera como sostenible, lo cual significa que indica si el grado de contaminación es muy alto o si el capital natural es muy bajo, por lo que la brecha muestra el consumo del capital natural (Ekins & Simon, 1999). Adicionalmente, se recalca que no toma en consideración la posibilidad de sustituibilidad entre capitales (Ekins & Simon, 1999), lo cual significa que toma el enfoque de la sostenibilidad fuerte.

1.4 Marco conceptual

Según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2017), la energía se define como una magnitud física que expresa la capacidad de producir trabajo y calor, y se puede manifestar de distintas formas. Además, se afirma que cualquier tipo de actividad requiere energía y que esta hace que las cosas ocurran.

La energía alternativa, acorde a la Real Academia Española (RAE, 2016) se define como aquella que proviene de fuentes distintas a las habituales como el carbón, el petróleo o el gas natural; por ejemplo: la energía eólica, energía solar, biomasa, entre otros.

Por otro lado, la energía no renovable, según el Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables (2016), es aquella en la que los recursos de suministro son limitados y este suministro proviene de la propia Tierra; por tal motivo, tarda millones de años en desarrollarse, es decir, es finito.

La energía renovable, acorde al Primer Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2011), es toda aquella que tiene origen solar, geofísico o biológico y se renueva mediante procesos naturales a un ritmo igual o mayor al de su tasa de utilización; además, comprende tecnologías de baja emisión de carbono como lo son la biomasa, la energía solar, hidroeléctrica, oceánica, geotérmica o la energía eólica. Esta energía se divide en convencional y no convencional.

Según la OSINERGMIN (2013), se considera energía renovable convencional a las grandes hidroeléctricas. En cambio, la energía renovable no convencional, según la ley (Decreto Legislativo 1002), se define como Recursos Energéticos Renovables (RER),

las cuales son la energía solar, eólica, geotérmica, biomasa, hidroeléctrica hasta 20 MW (Hidroeléctrica RER) (OSINERGMIN, 2013).

Otro concepto relevante que se debe tomar en consideración es el cambio estructural, el cual hace referencia a la gran fuerza que sostiene el crecimiento en el largo plazo y, además, en muchos casos, genera la reducción de brechas tecnológicas entre las economías desarrolladas y en desarrollo (Cimoli, Pereima, & João Basilio, 2015).

Por último, el impacto ambiental, de acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2012), es aquella alteración positiva o negativa de uno o más componentes del ambiente, que es generada por la acción de un proyecto. En otras palabras, es la diferencia entre lo que habría pasado al medioambiente con la acción de llevar a cabo y qué le habría pasado al ambiente si no se da ésta. La definición anterior está más relacionada a lo empresarial; sin embargo, otra definición propuesta en el marco de la legislación nacional, es entendido ampliamente que comprende el análisis de consecuencias del proyecto en el ámbito social, económico y cultural (MINAM, 2012).

1.5 Revisión de literatura

Algunos autores han utilizado indicadores de sostenibilidad para determinar si un país es sostenible o no, como un estudio realizado por Pearce y Atkinson (1993), quienes toman una muestra de 18 países. Estos autores van a adoptar un indicador de sostenibilidad “débil” derivado de una regla de ahorro simple pero intuitiva, en la cual incorporan la idea de que el nivel de capital en general no debe disminuir (Pearce y Atkinson, 1993). Para lograr su objetivo, los autores comienzan por una regla intuitiva donde sostienen la posibilidad de sustitución entre capital natural y capital hecho por el hombre; de este modo, se determina que una economía es sostenible si el ahorro es mayor a la depreciación combinada de las dos formas de capital, y posteriormente, la dividen entre el ingreso.

De esta manera, obtienen que, incluso en una regla de sostenibilidad débil, es poco probable que muchos países pasen por una prueba de sostenibilidad; ya que países como Madagascar, Etiopía, Burkina Faso, Indonesia, Malawi, Nigeria, Papúa Nueva Guinea y Mali, no son sostenibles, incluso Mali tiene un ahorro negativo, mientras que del resto es positivo (Pearce y Atkinson, 1993). Por otro lado, países como México y Filipinas son

países marginalmente sostenibles, lo cual quiere decir que tienen un indicador de sostenibilidad débil igual a cero; por último, Costa Rica, Checoslovaquia, Alemania, Hungría, Japón, Países Bajos, Polonia y Estados Unidos, resultan ser países sostenibles (Pearce y Atkinson, 1993).

Por otra parte, algunos autores utilizan otro indicador, como la huella de carbono, para medir la degradación medio ambiental. Es así que, Duckman y Jackson (2009) realizan un estudio para Reino Unido en el periodo 1990-2004 y se basan en el modelo de entrada-salida cuasi-multiregional, en la cual toma en cuenta el CO₂ desagregado en 3, los cuales son emisiones de CO₂ que surgen de la energía utilizada en la producción de bienes y servicios para satisfacer la demanda de los hogares, el CO₂ asociado al flujo de bienes producidos en el resto del mundo para satisfacer la demanda intermedia y, por último, el CO₂ asociado con el flujo de bienes producidos en el resto del mundo para satisfacer la demanda final del país.

Los autores encuentran, en primer lugar, que las emisiones de CO₂ se han incrementado en un 3% anual, lo cual contrasta con el objetivo legal propuesto en la Ley de Cambio Climático del Reino Unido de una reducción del 80% en las emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050; en segundo lugar, encuentran que el gasto de los hogares se ha incrementado en un 49%, lo cual muestra que los desarrollos tecnológicos para alentar a los hogares a reducir sus emisiones de CO₂, se han visto negados por el efecto rebote de la industria intensiva de carbono; en tercer lugar, encuentran que el CO₂ representa más de la mitad de la huella del carbono del hogar promedio en el Reino Unido y esta proporción está incrementándose (Duckman y Jackson, 2009). Adicionalmente, cuando separan 7 grupos de acuerdo a las características socioeconómicas, encuentran que las emisiones de CO₂ varían ampliamente y se relacionan fuertemente con la riqueza, donde los más prósperos son los que generan más emisiones de CO₂ (Duckman y Jackson, 2009).

Otros autores como Busuldu et al. (2016) miden la huella ecológica basándose en el consumo energético para ver la relación o efecto que existe con variables socioeconómicas. Mientras que autores como Cajamarca, Iñiguez, Jiménez, Martínez F. y Massa S. (2017) miden la huella ecológica y analizan sus componentes para encontrar los factores de esta que son los más relevantes y proponer políticas que ayuden a minimizar su impacto.

A continuación, se mostrará a detalle las dos investigaciones mencionadas anteriormente, en las cuales se detallarán las metodologías aplicadas, el país o ciudad de estudio, el periodo de estudio y las principales conclusiones de cada uno.

Busuldu et al. (2016) realizaron un estudio para el Área Metropolitana de Concepción (Chile), en el cual se basaron en el enfoque de Ciudad Compacta. Este enfoque sostiene que las zonas más densas y céntricas de las grandes ciudades presentan menor impacto ambiental per cápita, lo que significa que puede reducir el volumen de Gases de Efecto Invernadero (Busuldu et al., 2016). Para ello, realizan 475 encuestas a diecinueve barrios pertenecientes a ocho comunas, con el objetivo de estimar la huella ecológica de los consumos energéticos residenciales y de la movilidad obligada y por motivos de ocio (Busuldu et al., 2016). Los autores estiman un modelo de regresión múltiple por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), donde tienen como variable dependiente el logaritmo de la Huella Ecológica de los consumos energéticos residenciales y de la movilidad per cápita y como variables explicativas, las variables socioeconómicas (número de miembros del hogar, renta per cápita, tipología hogar), las actitudes ante la sostenibilidad (valoración ambiental del lugar de residencia y peso que tuvo en su elección), y por último, la forma y estructura urbana (Dummy= 1 en barrios densos; distancia al Central Business District y distancia al Central Business District al cuadrado) (Busuldu et al., 2016).

Como resultado obtienen un valor bajo de la huella ecológica per cápita estimada en relación con la de otros estudios de naturaleza similar; ello, según Busuldu et al. (2016), puede ser explicado por el clima o la diferencia de ingresos. Otros resultados interesantes que obtienen: en primer lugar, la distancia al Central Business District incide en mayor medida sobre el valor de la huella ecológica per cápita que la densidad; en segundo lugar, el tamaño de la huella ecológica per cápita de los consumos energéticos residenciales se debe principalmente al consumo de energía eléctrica; en tercer lugar, la variable dummy no es significativa en ningún caso; cuarto lugar, la huella ecológica per cápita de los barrios con una elevada renta per cápita es aproximadamente el doble de la correspondiente a los barrios con una baja renta per cápita; en quinto lugar, respecto al efecto sobre la huella ecológica per cápita, obtienen que el número de habitantes por vivienda tiene un impacto negativo sobre la huella ecológica per cápita; y por último, la renta per cápita tiene una relación positiva con la huella ecológica per cápita, es decir, al

incrementarse, la huella ecológica per cápita crece y es significativo en los 5 modelos de MCO (Busuldu et al., 2016).

Posteriormente, Cajamarca et al. (2017) realizaron una investigación en Ecuador y lo comparan con América Latina y el mundo en el periodo 2012, para lo cual hacen una descomposición a la huella ecológica en seis categorías: tierra de cultivo, tierra de pastoreo, tierras forestales, tierras de absorción de carbono, zona de pesca y suelo urbanizado; además, toman en cuenta también la biocapacidad como variable de estudio (Cajamarca et al., 2017). Los autores señalan que si la huella ecológica es mayor a su biocapacidad se trata de un superávit ecológico global, de lo contrario, es un déficit ecológico global.

En el caso de Ecuador, encuentran que aún hay superávit ecológico; pero la huella ecológica se ha ido incrementando los últimos años, a pesar de ser menor que el promedio de los países de Latinoamérica y que la del mundo (Cajamarca et al., 2017). Ello sumado con la disminución de la biocapacidad per cápita, va a generar que en el futuro puede que haya un déficit ecológico (Cajamarca et al., 2017). Por otro lado, encuentran que el factor con mayor peso en la huella ecológica en Ecuador es la huella del carbono, al igual que en América Latina y en el mundo. Otros resultados relevantes que presentan Cajamarca et al. (2017) son que, en el caso de Ecuador, la huella ecológica se ha incrementado por el aumento de la población y por tener un modelo de desarrollo agroexportador concentrado en la explotación de recursos naturales. Por lo tanto, realizan recomendaciones para promulgar políticas públicas orientadas a diseñar planes de actuación de desarrollo turístico basados en la preservación de la biodiversidad; ya que el sector de turismo en Ecuador había mostrado un crecimiento acelerado los últimos años y afirman que se situaría en la tercera fuente principal de ingresos del país (Cajamarca et al., 2017).

Por otro lado, hay muchos trabajos que estudian a los factores que afectan al medioambiente, aunque la metodología difiere acorde al enfoque de cada autor y la naturaleza de los datos utilizados. Estas investigaciones utilizan a la huella ecológica como un indicador de degradación medioambiental.

Algunos autores como Al-mulali, Weng-Wai, Sheau-Ting y Mohammed (2015) y Charfeddine y Mrabet (2017), prueban la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental, en el cual se tiene una relación directa entre el crecimiento económico y la calidad del

medioambiente, pero posteriormente este se vuelve inversa. Estos autores, si bien tienen un enfoque teórico distinto al presente trabajo, se resalta que toman a la huella ecológica como un indicador de degradación medioambiental, por lo que es importante comentar brevemente sus investigaciones.

Adicionalmente, Solarin y Bello (2018) y Ulucak y Apergis (2018), solo observan el comportamiento de la huella ecológica a lo largo del tiempo, por lo que solo evalúan la estacionariedad y la convergencia de este. Por otro lado, los autores Uddin, Salahuddin, Alam y Gow (2017); Danish, Hassam, Baloch, Mahmood y Zhang (2019); Ahmed, Wang, Mahmood, Hafeez, y Ali (2019) y Alola, Bekun y Sarkodie (2019) estudiaron a la huella ecológica y a las variables que tienen un impacto sobre este indicador, con la finalidad de poder establecer políticas respecto al medioambiente y su conservación. Por último, los autores Wang, Bui, Zhang y Pham (2020), investigan la relación entre la huella ecológica y la energía producida a partir de biomasa.

A continuación, se presentan a las investigaciones mencionadas previamente con mayor detalle; es decir, que se incluirá a los países evaluados, el periodo de estudio, la metodología utilizada y las principales conclusiones a las que llegaron los autores con sus respectivos trabajos.

Al-mulali et al. (2015), prueban la hipótesis del cumplimiento de la curva de Kuznets y utilizan a la huella ecológica como indicador de calidad ambiental. Este trabajo de investigación estudia a 93 países para el periodo de 1980-2008 y se enfoca en estudiar a las variables huella ecológica, PBI, consumo de energía, apertura comercial y desarrollo financiero (Al-mulali et al., 2015). La metodología que utilizan es un panel de efectos fijos y el método generalizado de momentos. Los resultados mostraron que la hipótesis se cumple para los países de ingresos medios y altos, aunque se resalta que la relación crecimiento económico - reducción de contaminación ambiental, solo puede ocurrir cuando hay disponibilidad de tecnologías que permitan ahorrar energía y usarla eficientemente, así como una producción de energía por fuentes renovables (Al-mulali et al., 2015).

Charfeddine y Mrabet (2017), al igual que Al-mulali, et al. (2015), estudian a la curva de Kuznets medioambiental para 15 países del Medio Oriente y el norte de África, de los cuales ocho son países exportadores de petróleo (Algeria, Irán, Iraq, Libia, Kuwait, Omán, Qatar y Arabia Saudita) y siete son no exportadores de este recurso (Egipto,

Jordania, Líbano, Marruecos, Siria, Túnez y Yemen) para el periodo 1975-2007. Se resalta que, para este trabajo, los autores utilizan como variable dependiente a la huella ecológica, pues lo consideran un indicador proxy de la degradación medio ambiental, también usan las variables independientes PBI per cápita, consumo de energía, urbanización, índice de política institucional, ratio de fertilidad y esperanza de vida al nacer (Charfeddine y Mrabet, 2017). La metodología que se utiliza en este trabajo es la causalidad de Granger aplicado a datos de panel, con la finalidad de determinar la dirección de causalidad de las variables y a partir de los resultados obtenidos se concluye que se cumple la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental para los países exportadores de petróleo y la muestra de 15 países en total, debido a los niveles de consumo de energía y el cambio de una economía basada en la agricultura a una industrial (Charfeddine y Mrabet, 2017). Aunque por el lado de las economías que no exportan petróleo, se tiene un comportamiento con forma de U, por la falta de desarrollo e innovación en tecnologías que involucran la eficiencia energética (Charfeddine y Mrabet, 2017).

Solarin y Bello (2018) mencionan que la importancia que está tomando la huella ecológica, la falta de estudios de este con respecto a su comportamiento estocástico y la insuficiencia explicativa de las emisiones de dióxido de carbono como indicador de degradación del medioambiente debido a que abarca sólo a la contaminación del aire, han sido la motivación de estudiar la estacionariedad de la huella ecológica con la prueba de raíz unitaria no lineal de Kruse y la prueba de raíz unitaria lineal de Narayan y Popp.

Solarin y Bello (2018) solo utilizan a la huella ecológica, de 128 países para el periodo de estudio 1961-2013, como única variable. Luego de estudiar la estacionariedad de la huella ecológica, los autores llegan a la conclusión que la variable muestra un comportamiento no estacionario en la mayoría de los países de estudio, lo cual significa que políticas relacionadas a la huella ecológica como la aplicación de impuestos a las emisiones de carbono, protección de áreas naturales, etc. tienen un efecto permanente beneficioso en el medioambiente (Bello y Solarin, 2018). Aunque, se resalta que la adopción de políticas de un país no depende de su ubicación geográfica, sino de sus características como el grado de desarrollo económico, actividades de producción, entre otros. Por lo que, un país debe adoptar políticas ambientales de países con trayectorias y características económicas similares (Solarin y Bello, 2018).

Ulucak y Apergis (2018) realizan un modelo de club de convergencia con la finalidad de diferenciar la calidad del medioambiente de los países estudiados y poder determinar estrategias de concientización al respecto. El estudio realizado tomó en consideración únicamente a la variable huella ecológica per cápita, de 20 países pertenecientes a la Unión Europea (Luxemburgo, Bélgica, Suecia, Finlandia, Austria, Dinamarca, Irlanda, Alemania, Holanda, Reino Unido, Francia, Italia Polonia, Grecia, España, Portugal, Chipre, Hungría, Bulgaria y Rumania) para el periodo 1961-2013. Los autores concluyeron que, al encontrar varios clubes de convergencia pequeños, es importante adoptar nuevas estrategias relacionadas principalmente a los consumidores y productores, como nuevos hábitos de consumo de energía de fuentes renovables o una producción que permita la globalización y mantenga los estándares medioambientales, ello con el objetivo de lograr un crecimiento sostenible (Ulucak y Apergis, 2018).

Uddin et al. (2017) analizaron los efectos que tienen las variables del Producto Bruto Interno, el desarrollo financiero y la apertura comercial en la huella ecológica para los 27 países que más contaminación emiten (Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Chipre, Dinamarca, Francia, Alemania, India, Indonesia, Italia, Japón, México, Nigeria, Filipinas, Corea del Sur, Sri Lanka, Suecia, Suiza, Tailandia, Túnez, Turquía, Reino Unido, Estados Unidos y Vietnam) para el periodo 1991-2012. La metodología utilizada para este caso de estudio es un panel dinámico con estimadores de mínimos cuadrados ordinarios con la finalidad de observar la relación de largo plazo de las variables estudiadas (Uddin et al., 2017). Posteriormente se verifica si los estimadores utilizados son robustos y finalmente se aplica un modelo VECM (Uddin et al., 2017).

El estudio muestra que existe un impacto positivo significativo del PBI en la huella ecológica per cápita, pero uno negativo y no significativo de la apertura comercial en la huella ecológica (Uddin et al., 2017). Además, tras aplicar el modelo VECM, se encuentra una relación de causalidad unidireccional del PBI a la huella ecológica (Uddin et al., 2017). De estos resultados, se concluye que a pesar de los esfuerzos que hacen estos países altamente contaminantes para reducir su huella ecológica, aun dañan significativamente el medioambiente, ello debido al alto consumo de recursos y servicios naturales. Es por esta razón que se debe mejorar la eficiencia en el uso de recursos, aplicar políticas de control en los patrones de consumo de las personas, desarrollar nuevas

medidas y tecnologías de producción, promover el uso de energías renovables, entre otros (Uddin et al., 2017).

Danish et al. (2019) investigan la relación que tiene el crecimiento económico con la huella ecológica para el periodo de 1971-2014, para el caso de Pakistán. La metodología que utilizan estos autores es el de un modelo ADRL (autoregressive distributive lag) y el test de causalidad de Granger. Se resalta que para este trabajo se hacen uso de las variables huella ecológica, biocapacidad, crecimiento del PBI y capital humano (Danish et al, 2019). Los resultados indican que el crecimiento económico sí tiene un impacto positivo en la huella ecológica; además, se demostró que esta última variable está relacionada con la biocapacidad. Ello significa que Pakistán es un país capaz de poder absorber los desechos generados y mejorar su huella ecológica. Por otro lado, el capital humano resultó ser una variable no significativa en relación con la huella ecológica (Danish et al, 2019). Con respecto a la dirección de causalidad entre las variables, esta resultó ser neutral.

Por ende, los autores concluyen que Pakistán debe corregir sus políticas, pues actualmente se concentran en aumentar el crecimiento económico, a pesar de que este tiene un impacto importante en la huella ecológica. Actualmente, un incremento en los ingresos de las personas en Pakistán, ha generado una demanda de propiedades, lo cual genera un impacto negativo en la huella ecológica. Adicionalmente, los autores mencionan que se deben crear políticas que regulen el consumo insostenible y educar a las personas sobre el cuidado medioambiental.

Ahmed et al. (2019) estudian el caso de Malasia para el periodo 1971-2014. Estos autores hacen uso de la metodología ADRL para poder analizar más a fondo el vínculo entre la globalización y la huella ecológica. Las variables que se utilizan en este estudio son: la huella ecológica, crecimiento económico, consumo de energía, densidad poblacional, desarrollo financiero y globalización, todo en términos per cápita. Es importante mencionar que posteriormente se construye un modelo que utiliza a la huella de carbono en vez de la huella ecológica, ello debido a que este es parte de la huella ecológica, lo cual permite estudiar mejor la relación de la globalización sobre el índice de degradación medioambiental utilizado.

Los autores llegan a la conclusión que la globalización no es un factor significativo para la afectación de la huella ecológica, pero que definitivamente impacta

en la huella de carbono. Es por esa razón que es importante que las políticas ambientales se relacionen con la viabilidad medioambiental de la inversión extranjera y se tome acción contra las empresas que dependen de tecnologías antiguas y altamente contaminantes. Además, Ahmed et al. (2019) mencionan que se debe incentivar el uso de tecnologías de producción energética de fuentes renovables y cambiar los patrones de consumo excesivos en usos de recursos, con la finalidad de tener un menor impacto en la huella ecológica, significando una mayor calidad medioambiental.

Alola et al. (2019) realizan un modelo de PMG-ARDL (Panel pool mean group autoregressive distributive lag), ello con la finalidad de encontrar la relación que tienen las variables huella ecológica, PBI real, apertura comercial, ratio de fertilidad, consumo de energías renovables y consumo de energías no renovables para 16 países de la Unión Europea para el periodo de 1997-2014. Los autores llegan a la conclusión que la clave para mejorar la calidad del aire y por ende una mejora en el medioambiente, es el consumo de energía producida por fuentes renovables. Sin embargo, las políticas relacionadas al medioambiente deben ser reforzadas para toda la Unión Europea, con la finalidad de llegar a una sostenibilidad a largo plazo. Las políticas que recomiendan los autores son: la incorporación de tecnologías limpias y la acomodación de los intereses individuales con los de la Unión Europea para alcanzar las metas de desarrollo sostenible para el 2030 (Alola et al., 2019).

En el estudio realizado por Wang et al. (2020), busca investigar la relación que tiene la huella ecológica con la producción de electricidad con biomasa para los países pertenecientes al G7 para el periodo de estudio 1980-2016. El propósito es demostrar que la HE incrementa con forme se utiliza una mayor energía por biomasa. Para lograr el objetivo, los autores utilizan un panel data de sección cruzada (Wang et al., 2020). Adicionalmente, usan una prueba de Dumitrescu-Hurlin para probar la causalidad unidireccional entre la producción de energía y lo que es la huella ecológica (Wang et al., 2020).

Los resultados del estudio muestran que efectivamente, existe un impacto positivo y significativo de la producción por biomasa a la huella ecológica; además, de la evidencia de causalidad unidireccional como se había predicho inicialmente (Wang et al., 2020). Por lo tanto, los autores recomiendan, principalmente, la reducción del uso de la energía por biomasa, que puede mejorar la calidad del medioambiente de los países

estudiados y enfocar sus políticas medioambientales en fuentes de energía renovable con menos impacto medioambiental que por biomasa (Wang et al., 2020).

En la Tabla 1.1, se muestra un resumen comparativo de los resultados principales de los mencionados autores.

Tabla 1.1

Evidencia empírica de la degradación medioambiental

Autor	Año	Periodo de estudio	Países/lugar de estudio	Método de aplicación	VARIABLES	Resultados principales
Pearce y Atkinson	1993	1981	18 países	Indicador de sostenibilidad “débil” derivado de la regla de ahorro simple	Ahorro per cápita	México y Filipinas son marginalmente sostenibles.
					Depreciación de capital artificial y natural (en términos per cápita)	Costa Rica, Checoslovaquia, Alemania, Hungría, Japón, Países Bajos, Polonia y Estados Unidos son sostenibles.
Druckman y Jackson	2009	1990-2004	Reino Unido	Modelo de entrada-salida causal-multiregional	Huella de carbono	Los más prósperos generan más emisiones de CO ₂ .
					Gasto de los hogares	Fuerte relación entre las emisiones de CO ₂ y la riqueza.
Busuldu, Filipe, García, Muñoz, Quintana y Rojas	2016	2009	Área Metropolitana de Concepción (Chile)	Regresión múltiple por MCO	Huella Ecológica de los consumos energéticos residenciales y de la movilidad per cápita	Valor bajo de la huella ecológica per cápita estimada en relación con la de otros estudios de naturaleza similar.
					VARIABLES socioeconómicas (número de miembros del hogar, renta per cápita, tipología hogar)	El tamaño de la huella de los consumos energéticos residenciales se debe principalmente al consumo de energía eléctrica.
					Actitudes ante la sostenibilidad (valoración ambiental del lugar de residencia y peso que tuvo en su elección), Estructura urbana (densidad poblacional y distancia al centro de negocios principal (cbd))	Relación positiva de la huella con la renta per cápita.

(continúa)

(continuación)

Autor	Año	Periodo de estudio	Países/lugar de estudio	Método de aplicación	Variables	Resultados principales
Cajamarca, Iñiguez, Jiménez, Martínez, Valentín y Massa	2017	2012	Ecuador	Descomposición de la Huella ecológica	Huella ecológica (HE) en seis categorías: tierra de cultivo, tierra de pastoreo, tierras forestales, tierras de absorción de carbono, zona de pesca y suelo urbanizado	El factor con mayor peso en la huella ecológica es la huella del carbono.
					Biocapacidad	Incremento de la HE por aumento de la población y por tener un modelo de desarrollo agroexportador concentrado en explotación de recursos naturales.
Al-mulali, Weng-Wai, Sheau-Ting y Mohammed	2015	1980-2008	93 países	Panel de efectos fijos y GMM	Huella ecológica, PBI, consumo de energía, apertura comercial y desarrollo financiero	Se cumple la hipótesis de la curva de Kuznets para los países de ingresos medios y altos.
Charfeddine y Mrabet	2017	1975-2007	15 países del Medio Oriente y el norte de África	Causalidad de Granger a un panel	Huella ecológica, PBI per cápita, consumo de energía, urbanización, índice de política institucional, ratio de fertilidad y esperanza de vida al nacer.	Se cumple la hipótesis de la curva de Kuznets para los países exportadores de petróleo.
Solarin y Bello	2018	1961-2013	128 países	Prueba de raíz unitaria no lineal de Kruse y la prueba de raíz unitaria lineal de Narayan y Popp	Huella Ecológica (HE)	La HE es no estacionaria es no estacionario en la mayoría de los países de estudio.

(continúa)

(continuación)

Autor	Año	Periodo de estudio	Países/lugar de estudio	Método de aplicación	Variables	Resultados principales
Ulucak y Apergis	2018	1961-2013	20 países de la Unión Europea	Modelo de club de convergencia	Huella ecológica per cápita	En los clubes de convergencia pequeños es importante adoptar nuevas estrategias relacionadas a los consumidores y productores (hábitos de consumo de energía de fuentes renovables), para lograr un crecimiento sostenible.
Uddin, Salahuddin, Alam y Gow	2017	1991-2012	27 países	Panel dinámico con estimadores de mínimos cuadrados ordinarios y VECM	Producto Bruto Interno, el desarrollo financiero y la apertura comercial en la huella ecológica (HE)	Panel dinámico: Impacto positivo significativo del PBI en la HE per cápita, pero uno negativo y no significativo de la apertura comercial en la HE. VECM: causalidad unidireccional del PBI a la HE.
Danish, Hassam, Baloch, Mahmood y Zhang	2019	1971-2014	Pakistán	ADRL (autoregressive distributive lag) y el test de causalidad de Granger	Huella ecológica, biocapacidad, crecimiento del PBI y capital humano	Crecimiento económico tiene un impacto positivo en la HE. La HE está relacionada con la biocapacidad.
Ahmed, Wang, Mahmood, Hafeez, y Ali	2019	1971-2014	Malasia	ADRL	Huella ecológica, crecimiento económico, consumo de energía, densidad poblacional, desarrollo financiero y globalización (todo en términos per cápita)	La globalización no es un factor significativo para la huella ecológica, pero sí en la huella de carbono.

(continúa)

(continuación)

Autor	Año	Periodo de estudio	Países/lugar de estudio	Método de aplicación	Variables	Resultados principales
Alola, Bekun y Sarkodie	2019	1997-2014	16 países de la Unión Europea	PMG-ARDL ARDL (Panel pool mean group autoregressive distributive lag)	Huella ecológica, PBI real, apertura comercial, ratio de fertilidad, consumo de energías renovables y consumo de energías no renovables.	La clave para mejorar la calidad del aire y por ende una mejora en el medioambiente, es el consumo de energía producida por fuentes renovables.
Wang, Bui, Zhang y Pham	2020	1980-2016	G7	Panel data de sección cruzada	PBI per cápita, energía producida por biomasa, recursos naturales, globalización y huella ecológica.	La producción de electricidad por biomasa afecta a la huella ecológica, por lo que su reducción puede contribuir a mejorar la calidad del medio ambiente en los países pertenecientes al G7.

Elaboración Propia

1.6 Enfoque teórico de la investigación

El presente trabajo de investigación se basa en la sostenibilidad fuerte, específicamente, se utilizará a la huella ecológica como indicador de sostenibilidad para poder justificar que la producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales tienen un efecto negativo sobre el medioambiente en el Perú a nivel regional durante el periodo 2003-2016, es decir, se busca medir el impacto sobre la Tierra que genera degradación medioambiental.

Según la teoría de sostenibilidad fuerte, el capital natural tiene una relación complementaria con otros tipos de capital; además, si hubiera un capital escaso, este debería ser el factor limitante, en este caso es el capital natural. De este modo, se establece que la actividad económica no se ve limitada por la cantidad de tecnología disponible, sino más bien por la cantidad de recursos restantes.

Además, el capital manufacturado, es decir, el artificial, puede ser producido cuantas veces uno desee o necesite; sin embargo, el capital natural es un regalo de la naturaleza que es limitado ya que no se renueva en poco tiempo. De este modo, queda

claro que la sostenibilidad débil no puede enmarcar nuestro enfoque ya que, si se asume que el capital natural y el artificial son sustitutos, el capital natural se terminaría agotando en algún momento si se tiene un uso desmesurado de este. Por ello, en el capítulo final del presente estudio, se establecerán recomendaciones de políticas que incentiven no solo el uso de energías no contaminantes, sino que al mismo tiempo se utilicen energías que no deterioren el medioambiente como actualmente se hace; y de algún modo, a no utilizar los recursos naturales de manera intensiva.

Para la presente investigación, se ha tomado en cuenta como referencia al estudio realizado por Alola et al. (2019), quienes toman como variables a huella ecológica, PBI real, apertura comercial, ratio de fertilidad, consumo de energías renovables y consumo de energías no renovables; sin embargo, para efectos del presente estudio se utilizó como variables principales a la huella ecológica per cápita y la producción de electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales de veintidós regiones del Perú, y como variables de control, se tomó en cuenta al desarrollo financiero y una variable dummy de política que promueve el uso de energías renovables desde el año 2008.

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La contaminación ambiental no es un hecho que se haya dado solo en los últimos años. En efecto, la sociedad siempre ha sido consciente de que su desarrollo ha estado sujeto a la explotación de su entorno, por tal motivo, cada vez más requieren de los recursos que le proporciona la tierra (Costeau, 1992). Sin embargo, a lo largo del tiempo, la acción del hombre ha conseguido alterar la Tierra física, química y biológicamente, lo cual ha provocado distintos efectos tales como el deterioro de los suelos, contaminación del aire, del agua, el efecto invernadero y los diversos cambios climáticos.

2.1 Deterioro de los suelos

Los suelos son recursos limitados que se caracterizan porque se pueden destruir fácilmente y son catalogados como uno de los bienes más preciosos de la humanidad (Costeau, 1992). Ello debido a que es el principal soporte de la vegetación, la infraestructura y el hábitat de la biodiversidad (Semarnat, 2013). Sin embargo, los suelos se encuentran en una creciente presión de deterioro debido al crecimiento poblacional y los patrones insostenibles de producción y consumo globales (Semarnat, 2013). Cabe resaltar que la degradación de los suelos es uno de los problemas que causa mayor preocupación a nivel mundial; ya que sea el caso de erosión, salinización y desertificación las cuales son resultados de las variaciones climáticas, que a su vez son aceleradas por las actividades humanas (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016). Por otro lado, entre las actividades económicas que más han explotado los suelos son la agricultura y las extracciones mineras.

En primer lugar, la agricultura ha conseguido incrementar hectáreas trabajadas donde se ha desarrollado nuevas técnicas de cultivo que se basan en el empleo de fertilizantes y pesticidas, así como, en la mejora de la maquinaria utilizada (Costeau, 1992). Asimismo, la degradación más severa de los suelos se debe a su utilización sin

tomar en cuenta su vocación natural o potencial, lo cual ocurre cuando hay sobrepastoreo, prácticas agrarias inadecuadas, deforestación, entre otras. Ello genera el inadecuado aprovechamiento de los suelos que, a la larga, limita el potencial del rendimiento de la producción agraria y atenta contra la competitividad y seguridad alimentaria del país, además de generar mayores costos (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016).

Muchos países en vías de desarrollo dependen de la actividad agropecuaria y del manejo de los recursos naturales realizada principalmente por pequeños y medianos agricultores que incluso forman parte de la población más vulnerable. Entonces, una de las consecuencias de este deterioro es que genera pobreza en muchas áreas, al provocar inestabilidad económica y romper estructuras familiares y sociales. Ello genera procesos migratorios y, posteriormente, un ciclo de agotamiento de los recursos naturales (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016). Por lo tanto, según el Ministerio de Agricultura y Riego (2016), actualmente hay un triple desafío que es concientizar, preservar y aumentar el uso sostenible de los suelos.

Otro caso es el de la minería que, a pesar de haber sido una de las actividades más importantes para el desarrollo de la humanidad respecto a lo tecnológico e industrial, conlleva a una serie de alteraciones medioambientales que afectan de forma negativa a su entorno, siendo principalmente afectados los ríos y suelos (González, López, y Romero, 2008). Las alteraciones causadas por las actividades mineras generan el depósito de partículas sedimentadas o traídas por las aguas de lluvia y el propio drenaje ácido de minas. Según González et al. (2008), ello ocasiona la infertilidad o, en el peor de los casos, la fertilidad que permite el paso de los contaminantes a la cadena alimenticia, lo cual se incorpora en los tejidos de los animales y plantas. Además, en ocasiones causa riesgos severos en la salud de la población. Por lo tanto, esta actividad económica no solo afecta a la flora y fauna ya que modifica la población de especies animales y vegetales, sino también a la población misma (Costeau, 1992).

2.2 Contaminación del aire

La contaminación del aire se produce por mezclas de gases que altera la proporción del aire que respiramos, ello genera precipitaciones cargadas de sustancias químicas expulsadas por las chimeneas de fábricas que se acumulan en las nubes. Estas

precipitaciones son llamadas lluvias ácidas, las cuales producen la erosión de los suelos, destrucción de los bosques y afectan a los cultivos (Tazza Marín, 2000). La lluvia ácida es un fenómeno que se relaciona altamente con la producción del consumo de combustibles fósiles y de algunas prácticas agrícolas como las quemas. Asimismo, según Garcés y Hernández (2004) la mayor fuente de contaminación atmosférica es el uso de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) como energéticos y son utilizados en cantidades enormes.

Cabe resaltar que este tipo de contaminación y el cambio climático son causantes de inundaciones, las cuales afectan principalmente a la selva baja, debido a su relieve plano y a la sinuosa dinámica fluvial de sus ríos. Además, las fuertes inundaciones son asociadas principalmente a eventos como La Niña (Ministerio del Ambiente, 2016). Así como también es causante de las lluvias ácidas cuando hay deposición de contaminantes de tipo ácido (Encinas Malagón, 2011). Estas generan alteración de los ecosistemas acuáticos, terrestres y en los edificios y construcciones. Puesto que, en el primer caso, la acidez en los ríos y lagos altera los ciclos de reproducción de muchas especies de peces y anfibios; en el segundo caso, produce la “muerte de los bosques”, ya que ocasiona que las hojas de los árboles pierdan las ceras y no puedan realizar la fotosíntesis debido a la falta de nutrientes; y, en tercer lugar, incita a la corrosión de materiales. Debido a esta última, muchos edificios se están deteriorando, incluso algunas ruinas están desapareciendo (Encinas Malagón, 2011).

2.2.1 Efectos de la contaminación del aire sobre la salud

La OMS (Organización Mundial de Salud, 2018) afirma que la contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud, ya que en muchas partes del mundo 9 de cada 10 personas respiran aire con altos niveles de contaminación, lo cual genera principalmente problemas respiratorios. Los más perjudicados son las personas pobres y marginadas que muchas veces no cuentan con los servicios básicos necesarios. Asimismo, la OMS (2018) resalta que, dentro de este grupo, en su mayoría son mujeres y niños que todos los días respiran el humo letal emitido por cocinas y combustibles contaminantes en sus hogares.

En el 2012, aproximadamente el 26% de las muertes infantiles y el 25% del total de casos de enfermedades en niños menores de cinco años se les atribuye a las exposiciones medioambientales, lo cual indica la posibilidad de que la cantidad de casos de enfermedades se podrían prevenir mediante intervenciones medioambientales (Organización Mundial de Salud, 2017). Cabe resaltar que los niños son especialmente vulnerables ya que se encuentran en pleno desarrollo de su sistema inmunitario y sus vías respiratorias son más pequeñas.

Según la Organización Mundial de Salud (2017), la vulnerabilidad puede comenzar incluso desde el embarazo, donde puede ser una fuente importante de exposición a ciertas sustancias químicas en el periodo de lactancia. Incluso la consecuencia más peligrosa se relaciona con el número de muertes prematuras debido al aire contaminado, el cual tuvo una cifra de 3 millones aproximadamente de personas para el 2010, y se prevé que esta cifra se incrementará entre 6 y 9 millones anuales en el 2060 (OCDE, 2016).

2.2.2 Consecuencias económicas de la contaminación del aire

La contaminación del aire tiene consecuencias económicas y se proyecta que estos impactos serán más severos en las próximas décadas. Esos impactos se darán en la productividad laboral, los gastos en salud y el rendimiento de los cultivos agrícolas, los cuales van a conducir a mayores costos económicos globales que se incrementará al 1% del PIB mundial para 2060 (OCDE, 2016). De este modo, se proyecta que en unas décadas los costos de atención médica relacionados con la contaminación atmosférica mundial, aumentarán de 21 mil millones de dólares en el 2015 a 176 mil millones de dólares en 2060. Para ese entonces, el promedio anual de jornadas laborales perdidas, que afectan la productividad laboral, alcanzará los 3,700 millones; mientras que en el 2016 fue aproximadamente de 1,200 millones, a nivel mundial (OCDE, 2016).

Es importante resaltar que las consecuencias de este tipo de contaminación subrayan la necesidad de una acción política fuerte. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, las políticas que limiten “las emisiones de contaminación del aire conducirían a una mejora en la calidad del aire, reducirían los

riesgos de impactos muy graves en la salud y, si se implementan adecuadamente, generarían importantes beneficios colaterales para el clima” (OCDE, 2016, pág. 1).

2.3 Contaminación del agua

La OMS (2019) señala que actualmente se está viviendo la crisis del agua y una de las razones es por “demasiada contaminación”. Cabe resaltar que el agua es esencial para el desarrollo social y económico; sin embargo, hoy en día no se le da el cuidado como se debe.

El problema principal que afecta al agua es el inadecuado uso del hombre con este recurso. Las principales fuentes de contaminación son, en primer lugar, los vertidos urbanos que provienen de los residuos sólidos urbanos; en segundo lugar, los vertidos industriales, los cuales se producen por las aguas y líquidos residuales industriales, además de los desechos sólidos del sector; por último, los vertidos agrícolas y ganaderos (Dirección General de Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, 2002). Dentro de los contaminantes más habituales para el crecimiento de las plantas acuáticas están los nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, los sedimentos o materia suspendida provenientes de la erosión y compuestos orgánicos como los derivados del uso masivo de abonos químicos, pesticidas, plásticos, entre otros (Costeau, 1992).

Uno de los efectos de la contaminación del agua es que conlleva a que millones de personas beban agua peligrosamente contaminada y adquieran enfermedades como el cólera, diarreas, hepatitis A, la fiebre tifoidea, entre otros (Organización Mundial de Salud, 2019).

Otro efecto del agua contaminada es que genera la desaparición de la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos. Además, perjudica al ser humano a causa de la alteración en la cadena alimenticia y, como se mencionó anteriormente, contrae diversas enfermedades al beber o utilizar el agua contaminada (A., y otros, 2018). Es decir, altera al ecosistema en general.

Por lo tanto, el agua es un recurso muy importante para la vida, tanto para el ser humano como para los animales y las plantas. Sin embargo, actualmente la contaminación de los sistemas de agua dulce es creciente (A., y otros, 2018). Dicho problema es un tema de interés común para todo el mundo, por tal motivo es necesario

entender que hay riesgos con daños irreversibles a los sistemas naturales y amenazas a la supervivencia misma del hombre, las cuales deben ser evaluadas y disipadas con la mayor urgencia. Asimismo, se debe resaltar la importancia de la preservación y disponibilidad sostenible del agua; ya que esta es amenazada por las diversas actividades humanas que muchas veces exageran en su uso (A., y otros, 2018).

2.4 El efecto invernadero y los cambios climáticos

La contaminación también genera el efecto invernadero, el cual es un fenómeno que provoca el calentamiento de la atmósfera debido a que determinados gases, como el CO₂, absorben la radiación. Sin embargo, la concentración de este tipo de gases se está incrementando mucho debido a la actividad humana, lo cual resulta preocupante, ya que poco a poco se está rompiendo el equilibrio natural y la Tierra se está calentando.

Actualmente, el cambio climático es la cuestión ambiental más importante y determinante de nuestros tiempos. Esta “es una crisis que se está incrementando y afecta a nuestra capacidad para apoyar prácticamente todos los elementos del bienestar humano y el desarrollo sostenible, desde el crecimiento económico hasta la seguridad alimentaria” (PNUMA, 2014, pág. 7). Por ejemplo, la producción de alimentos se ve afectada debido a que cada vez más las precipitaciones son impredecibles; además, “el aumento del nivel del mar contamina las reservas de agua dulce costeras y aumenta el riesgo de inundaciones; y los eventos climáticos extremos, que según los pronósticos serán cada vez más frecuentes y graves, pueden causar devastación” (PNUMA, 2014, pág. 7). Otro efecto del cambio climático es la enorme presión sobre los ecosistemas, como es el caso del blanqueamiento del coral debido a la acidificación de los océanos por las altas temperaturas del mar. Ello es inquietante puesto que aproximadamente unas 200 millones de personas dependen de los arrecifes de los corales que los protegen de las tormentas y de las olas (WWF, 2019).

Los cambios climáticos son un efecto directo del calentamiento global como consecuencia del aumento de concentración de los gases de efecto invernadero (Encinas Malagón, 2011). Cabe señalar que estos se han generado naturalmente durante toda la existencia de la Tierra, aunque, en los últimos años, se están acelerando por la actividad antropogénica. De hecho, como señala Hernández et al. (2010), las actividades realizadas

por el hombre han generado impactos en el clima, principalmente por el cambio de uso de la tierra y la quema de carbón, petróleo y gas natural, generando una acumulación en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Aquella acumulación de GEI hace que cambie el clima debido a la aceleración del efecto invernadero natural; además, se espera que en el futuro se incremente mucho más. Ello a su vez ha generado gran preocupación ya que no se conocen como serán las respuestas de la tierra a estos cambios abruptos en el largo y corto plazo (Hernández et al., 2010). Algunos efectos de estos fenómenos son la fuerte radicalización del clima, en la que hay fuertes tormentas y largos periodos de sequías (Encinas Malagón, 2011). En el caso de los desiertos, se produciría una fuerte desertificación. Además, como la temperatura de la Tierra se va incrementando, los glaciares y casquetes polares se derriten; al mismo tiempo, las especies que viven en estos lugares y a bajas temperaturas se van extinguiendo con el paso del tiempo. Posteriormente, al derretirse los glaciares, ello genera un incremento del nivel del mar y la desaparición de muchas superficies costeras (Encinas Malagón, 2011).

Por otro lado, según la ONU (Organización de las Naciones Unidas, 2019) los gases de efecto invernadero también afectan a los océanos puesto que les quita el oxígeno a estos. Por esta razón, cada vez más, diversas especies como el atún y pez espada, cuyo hábitat son las profundidades del mar, están en la superficie del océano. Es decir, la falta de oxígeno amenaza la biodiversidad marina.

Además, a pesar de que los efectos de los GEI sobre los océanos son desfavorables, en realidad, esta situación no ha recibido tanta atención como lo es el consumo masivo de los plásticos (Organización de las Naciones Unidas, 2019). Sin embargo, el oxígeno es esencial tanto para el mar como para la tierra. Este recurso es y ha sido muy importante para la vida ya que ha evitado que ocurran cambios climáticos extremos. Cabe mencionar que, “si bien algunos gases se producen a través de procesos naturales, las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la cría de ganado y las emisiones de vehículos han multiplicado su cantidad” (Organización de las Naciones Unidas, 2019).

2.4.1 Relación del cambio climático con la variable energética

En el contexto actual, el tema del cambio climático está estrechamente relacionado a las fuentes de energía. Es decir, la variable ambiental y la variable energética se transforman en un solo fenómeno que es determinante para el presente siglo. Ello se debe a las características de nuestra Civilización Industrial, puesto que se depende de los combustibles fósiles, en la que el petróleo y el gas natural representan un 63% de la matriz energética primaria mundial (Estenssoro Saavedra, 2010). De acuerdo a Estenssoro (2010), el uso de estos recursos son grandes emisores de dióxido de carbono (CO₂), el cual es a su vez, el más importante de los gases de efecto invernadero (GEI) de raíz antropogénica, con más del 76% del total de éstos. El gran problema de ello es que la matriz energética a nivel mundial seguirá dependiendo de los combustibles fósiles, por lo tanto, los problemas ambientales van a seguir incrementándose en los próximos años.

2.5 Déficit ecológico

Se llama déficit ecológico cuando la huella ecológica supera a la biocapacidad. En otras palabras, se da cuando las hectáreas utilizadas sobrepasan la capacidad del planeta para reemplazar lo que consumimos y desechamos (SEMARNAT, 2012).

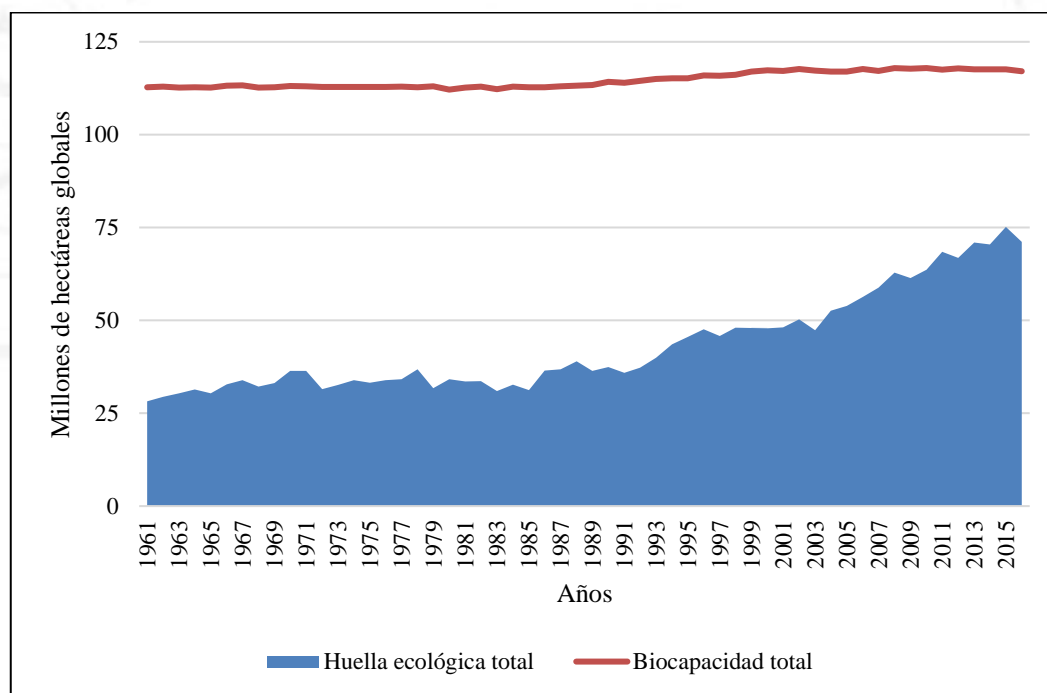
De acuerdo a Global Footprint Network (2019), la biocapacidad se define como la capacidad para renovar lo que las personas consumen. Es decir, es la capacidad de los ecosistemas para producir materiales biológicos utilizados por las personas y para absorber los desechos generados por los humanos, bajo los esquemas de gestión actuales y las tecnologías de extracción. Además, la biocapacidad generalmente se expresa en hectáreas globales y puede cambiar de un año a otro debido al clima, la gestión y también qué porciones se consideran insumos útiles para la economía humana.

En efecto, el problema del déficit ecológico consiste en que se hace el uso de los recursos más rápido de lo que pueden regenerarse y producimos más rápido de lo que pueden ser absorbidos (SEMARNAT, 2012). Si bien es cierto, no todos los países del mundo cuentan con un déficit ecológico como China, Estados Unidos, India, Rusia y Brasil, a lo largo del tiempo la huella ecológica tiene una tendencia creciente, a nivel global (WWF, 2019).

El Perú es uno de los países que aún tiene superávit ecológico; sin embargo, como se muestra en la Figura 2.1, la huella ecológica tiene una tendencia creciente que va aproximándose cada vez más a su nivel de biocapacidad. Con ello se prevé que en las próximas décadas puede alcanzar a tener un déficit ecológico si no hay un control sobre el uso adecuado de los recursos que la naturaleza le ofrece. Ello debe darse mediante el establecimiento de “prioridades correctas e implantando las políticas adecuadas, como son alcanzar la neutralidad climática y revertir la pérdida de biodiversidad. Si no logramos tomar el camino al equilibrio de nuestro planeta, nuestras huellas ecológicas nos abocarán a un mañana impredecible” (WWF, 2019, pág. 18).

Figura 2.1

Huella ecológica y biocapacidad del Perú (1961-2016)



Fuente: Global Footprint Network (2016)

Anteriormente, este aspecto no era de gran preocupación hasta la década de los setenta, época en la que el planeta Tierra era capaz de proporcionar más de lo que demandaban sus habitantes, es decir, tenía superávit ecológico. Desde entonces el ritmo de consumo a nivel mundial se ha incrementado y “hoy en día es significativamente mayor que la tasa de renovación de la Tierra, alcanzando el equivalente a 1,7 planetas” (WWF, 2019, pág. 12).

2.6 Crisis ambiental

A largo plazo la contaminación ambiental trae como consecuencia una crisis ambiental que afecta al desarrollo de los países. Esta es una situación urgente que requiere la atención de todos, no solo de las instituciones gubernamentales, sino se debe tener una postura internacional basada en la conciencia de cada ser humano. Y ello debe ser independientemente de su condición racial, social y económica (Reynosa Navarro, 2015). Según Reynosa (2015), la crisis ambiental global es el resultado de la interacción irresponsable del ser humano con su entorno natural mediante el uso intensivo de maquinarias pesadas, depredación de bosques, el mal uso de los suelos, entre otros. Con ello se tienen las consecuencias negativas anteriormente mencionadas.

Por otro lado, de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2014), hay evidencia de que la crisis ambiental afecta tanto a los países ricos como a los pobres, ya que se incrementa el riesgo de que se generen desastres. Los trágicos acontecimientos destruyen la infraestructura, causan desplazamientos, socavan la seguridad humana y lo más alarmante es que destruyen los recursos naturales, como el agua, la tierra y los bosques, que son esenciales para la recuperación de las comunidades (PNUMA, 2014). Además, pueden provocar enormes pérdidas financieras y la muerte de muchas personas. Ello quiere decir que “la degradación ambiental y la mala gestión de los recursos naturales son en sí mismos factores de riesgo detonantes de nuevos ciclos de conflicto que pueden ocasionar más daños al medio ambiente” (PNUMA, 2014, pág. 16). Esta situación socava la estabilidad y hace que se reduzcan las oportunidades para el desarrollo sostenible.

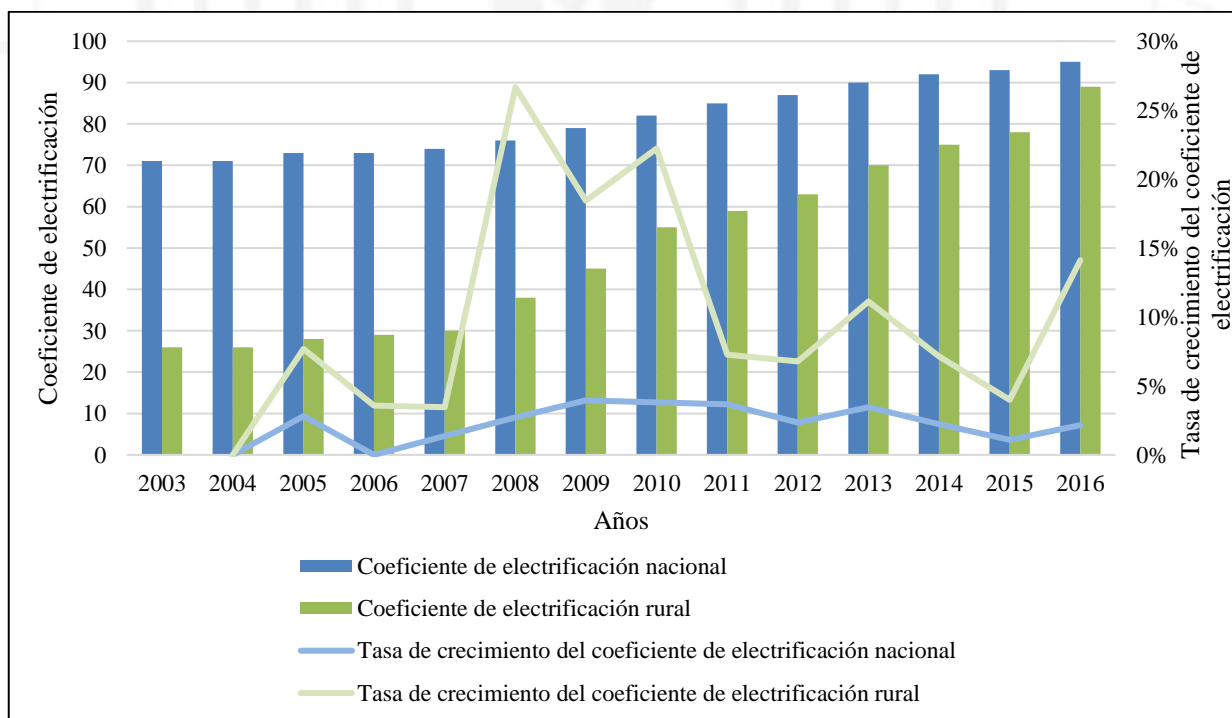
CAPÍTULO III: SECTOR ELÉCTRICO DEL PERÚ

3.1 Importancia del sector eléctrico

La electricidad es el soporte de todos los sectores económicos, pues permite que la producción de bienes y el brindar servicios, desde los más básicos hasta los más sofisticados, sea posible (MINEM, 2018). Además, hace que los sectores en condiciones de pobreza puedan mejorar su calidad de vida, a través de tecnologías que les permita alumbrar, hacer uso de electrodomésticos y/o realizar actividades que puedan ser remuneradas (MINEM, 2018). Ello se puede observar en la Figura 3.1, en la cual se muestra que el coeficiente de electrificación; es decir, la cobertura del servicio de electricidad sobre la población ha ido incrementando, siendo el crecimiento promedio nacional de 2.27% y el rural de 10.19%.

Figura 3.1

Evolución del coeficiente de electrificación nacional y rural (2003-2016)



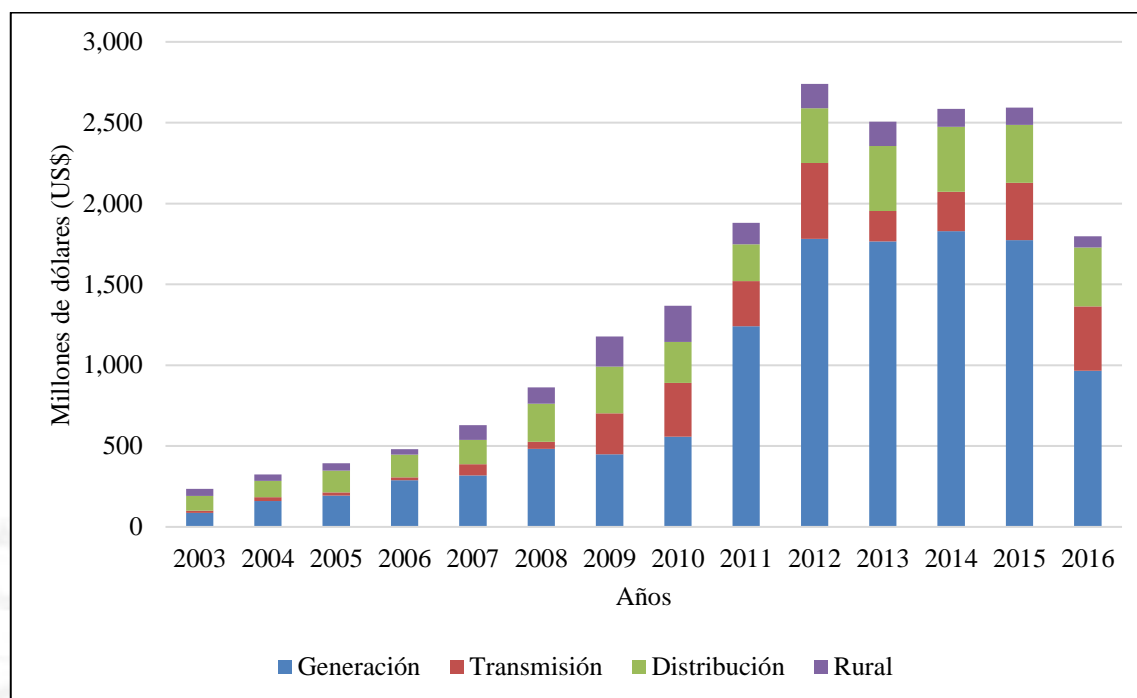
Fuente: OSINERGMIN (2020)

Acorde al MINEM (2016), el sector eléctrico aporta en el crecimiento de la economía del país a través de su contribución en el Producto Bruto Interno, en la recaudación fiscal y por la facilidad para generar empleos. El primero se debe por las inversiones de las empresas privadas y el consumo de electricidad de las industrias y hogares el sector eléctrico (MINEM, 2016). El sector mencionado representó el 1.53% del PBI en el 2016 (OSINERGMIN, 2017).

Es importante mencionar que la inversión en el sector eléctrico ha ido creciendo desde el 2003 al 2015 (aunque para el 2016 disminuyó) siendo las generadoras de electricidad los principales destinos de esta. La inversión en el segmento de generación eléctrica llegó a ser 966 millones de dólares en el 2016, la cual se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Ello principalmente para incrementar la capacidad de reserva de las plantas eléctricas (MINEM, 2018). Se destaca que la inversión dada en las transmisoras de electricidad se utilizó para el mantenimiento y mejora de la infraestructura que permitió que las conexiones entre las regiones del norte, centro y sur del país fueran más eficientes (MINEM, 2016). Adicionalmente, la razón de la inversión en la distribución fue por el incremento de la demanda de electricidad en el Perú, por lo que se requería que se implementaran nuevas infraestructuras para que la energía eléctrica llegue a los usuarios finales (MINEM, 2016).

Figura 3.2

Inversión por segmento en el sector de electricidad (2003-2016)



Fuente: MINEM (2020)

Con respecto a la recaudación fiscal, este beneficia a la economía por los ingresos tributarios que recauda el sector eléctrico y de agua, los cuales llegaron a ser 3 338.1 millones de soles en el 2016, cabe resaltar no está disponible el valor desagregado del sector eléctrico por separado respecto a este segmento (MINAM, 2018).

El tercero, referente a la generación de empleos, se debe por la constante capacitación que debe realizarse para que las personas puedan trabajar en las operaciones de las plantas de generación eléctrica, pues se requiere de mano de obra calificada (MINEM, 2016). En el 2016 se registró que en el sector discutido hubo 8 745 trabajadores directos.

3.2 Evolución del sector eléctrico del Perú

El sector eléctrico peruano se ha ido desarrollando desde finales del siglo XIX cuando se construyó la primera planta de energía hidroeléctrica en Áncash (OSINERGMIN, 2017). Desde entonces, ha habido ciertos sucesos que hicieron que el crecimiento del sector se vea afectado, como la intervención del Estado mediante empresas pertenecientes a este,

las cuales tenían ciertas limitaciones que impedían o dificultaban que hubiera inversiones al sector (OSINERGMIN, 2017).

También influyó la crisis económica y el terrorismo, ocurridos en los años noventa. Sin embargo, todo ello hizo que se implementaran nuevas reformas que incluían el mejoramiento de la competencia a base de precios, apertura hacia la inversión privada en infraestructuras para lograr una mayor eficiencia del sector, etc. Ello con la finalidad que el sector discutido progrese (OSINERGMIN, 2017).

Acorde al Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2017), el sector eléctrico peruano ha ido creciendo a una tasa promedio de 8% en los últimos años, ello debido a las actividades económicas realizadas, principalmente por el sector minero, el cual es uno de los mayores demandantes de energía del país, seguido por el industrial y el residencial. Por lo tanto, ante el crecimiento del sector, la matriz de electricidad peruana sufrió cambios en cuanto a su composición.

3.3 Estructura del mercado eléctrico

El mercado eléctrico posee una estructura que se divide en tres actividades, la de Generación, Transmisión y Distribución. La función de la primera actividad es de transformar, con diversas tecnologías, recursos como la luz del sol, el gas natural, el agua, entre otras fuentes primarias, en electricidad (MINEM, 2016). Luego, se transporta esa energía desde las centrales eléctricas hacia empresas distribuidoras (o consumidores finales, dependiendo del tipo de usuario) y posteriormente estas se encargan de proveer y comercializar esta energía hasta los usuarios finales (MINEM, 2016). Es importante hacer mención que, en las actividades de Generación y Distribución, están a cargo de empresas pertenecientes al sector privado, mientras que en el de Transmisión, está conformado por empresas del sector público y privado.

Por otro lado, los usuarios también están divididos en dos: usuarios regulados y los libres (MINEM, 2016). Los primeros son aquellos que poseen un consumo bajo de energía eléctrica; es decir, menor a 0.2 MW, por lo que los precios de su abastecimiento de electricidad al ser no competitivos son regulados por la OSINERGMIN. Mientras que los usuarios libres son los que consumen un monto superior a 2.5 MW, por lo que el precio de su suministro depende del consumidor y la empresa distribuidora o generadora.

Por otro lado, los usuarios cuyo consumo está dentro de un rango de 0.2 MW y 2.5 MW, pueden elegir entre ser regulados o ser libres (MINEM, 2016).

3.4 Composición de la matriz de energía eléctrica

Como se mencionó previamente, la energía proveniente de fuentes hidráulicas y fósiles (gas natural), son las que constituyen la mayor parte de la matriz de electricidad en el Perú, significando de esa manera un deterioro de esta en términos ambientales.

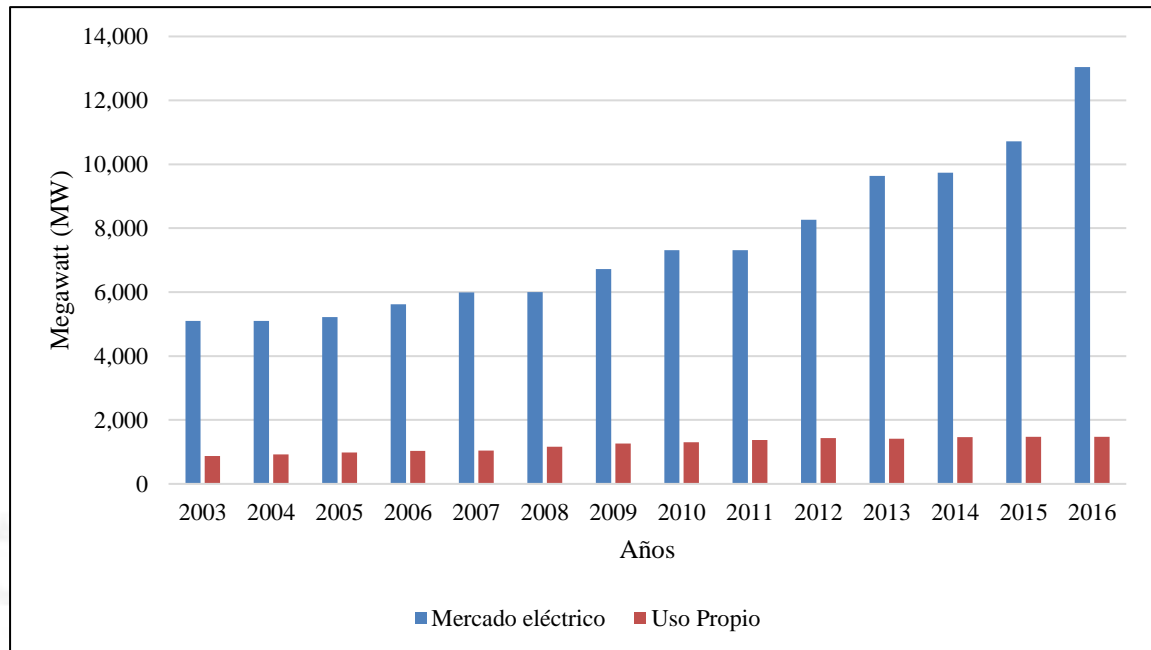
En la siguiente parte se realiza una descripción de la infraestructura para la generación y transmisión de energía eléctrica, y la producción de electricidad por tipo de recurso.

3.4.1 Infraestructura de Generación y Transmisión

La infraestructura referente a la generación de electricidad está compuesta por las centrales eléctricas que producen para el mercado eléctrico y las empresas que generan energía para su uso propio (MINEM, 2016). En el periodo de estudio, el crecimiento de la potencia instalada incrementó en una tasa promedio de 7.21%, haciendo que para el 2016, la infraestructura de generación de energía sea de 1 473 MW para el uso propio de empresas y 13 044 MW para el mercado eléctrico, ello se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 3.3

Potencia instalada del sector eléctrico por mercado eléctrico y uso propio (2003-2016)

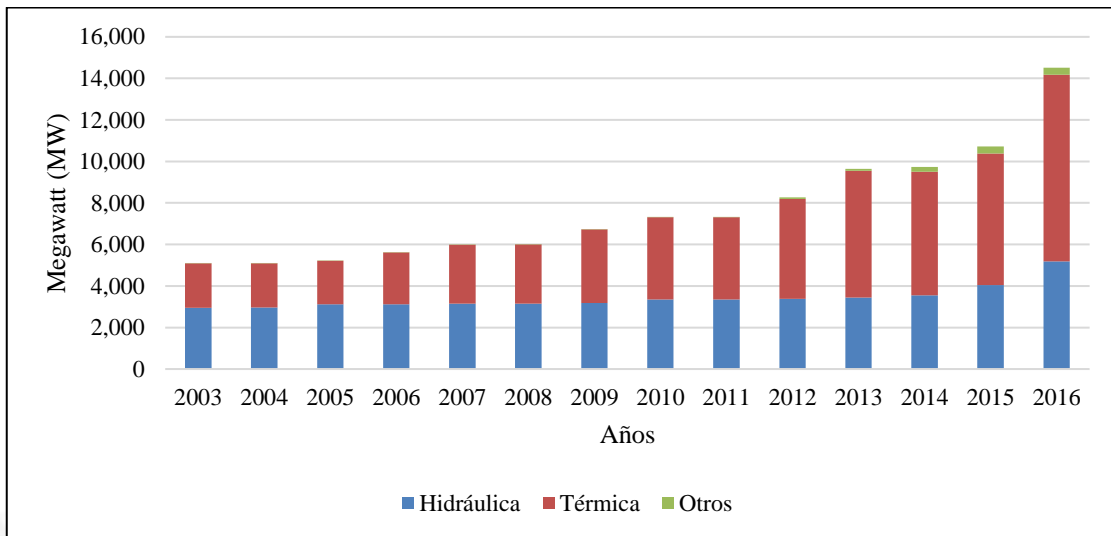


Fuente: MINEM (2020)

Con respecto al mercado eléctrico, el cual mostró un mayor crecimiento durante el periodo de estudio como se mostró previamente se debió principalmente al incremento de instalaciones termoeléctricas. Como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las plantas termoeléctricas crecieron en promedio 12.40% durante el periodo 2003-2016, mientras que las hidroeléctricas en 4.70%, siendo las primeras mayores debido al aprovechamiento del gas natural de Camisea. Respecto a la potencia instalada de las centrales termoeléctricas e hidroeléctricas, estas llegaron a ser 8 988.52 MW y 5 189.25 MW, respectivamente en el 2016. Por otro lado, las centrales de energías renovables, en las cuales se considera a las centrales solares, eólicas y a base de la biomasa, llegaron a tener una potencia instalada de 339.95 MW en el mismo año.

Figura 3.4

Potencia instalada del sector eléctrico del mercado eléctrico por origen (2003-2016)

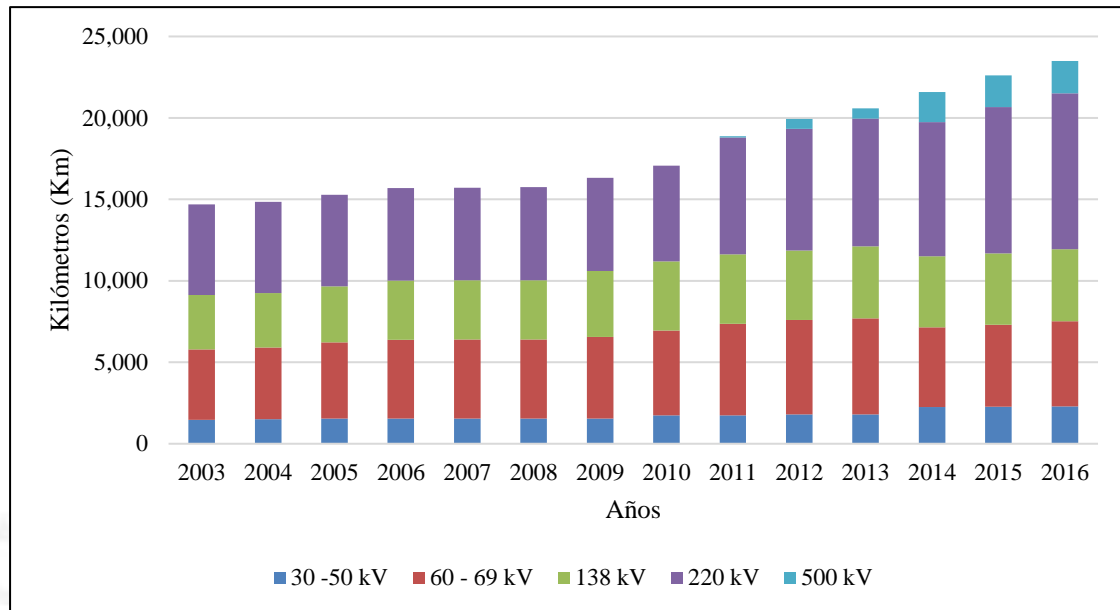


Fuente: MINEM (2020)

Con respecto a la infraestructura de transmisión de electricidad, estas permiten la conexión de las plantas de generación eléctrica con las empresas distribuidoras o las zonas que demandan el servicio. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar que la longitud de las líneas de transmisión se ha incrementado, indicando de esa manera que se cubrieron más zonas entre el norte, centro y sur del país.

Figura 3.5

Longitud de las líneas de transmisión por nivel de tensión (2003-2016)



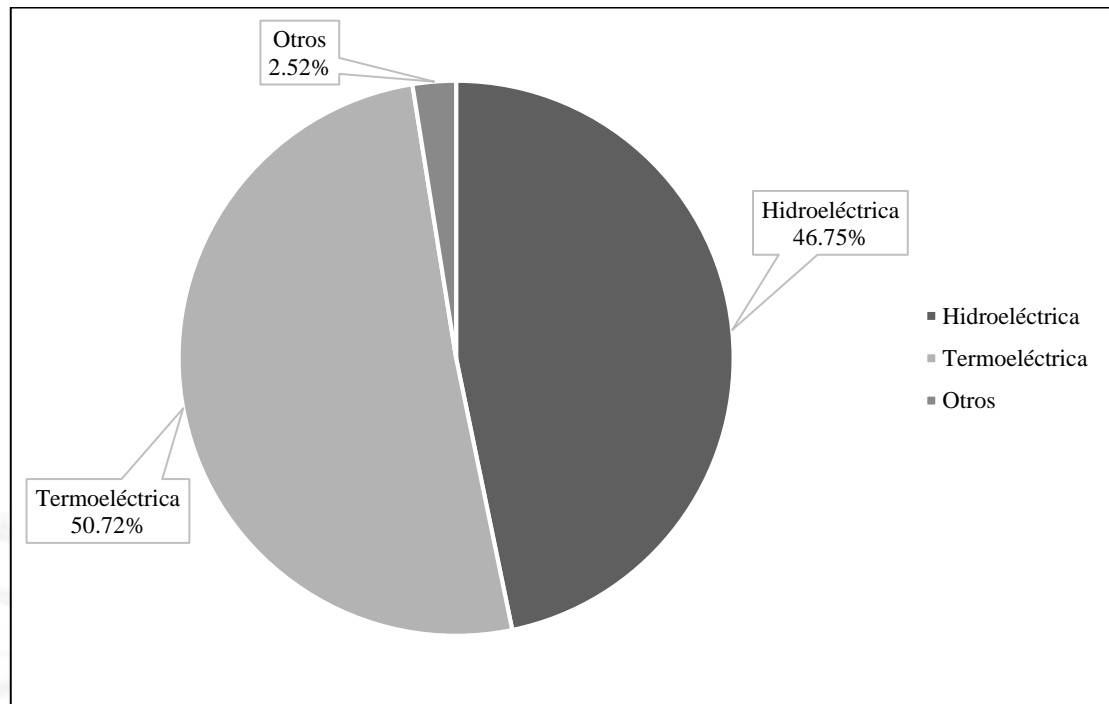
Fuente: MINEM (2020)

3.4.2 Producción de electricidad

Hasta antes del 2004 la matriz de electricidad de Perú estaba compuesta principalmente por la energía hidráulica; sin embargo, esto ha ido cambiando con el descubrimiento del Gas Natural de Camisea en Cusco, haciendo que para el 2016, la hidroeléctrica representara el 46.75% de la matriz y la termoeléctrica el 50.72%, como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 3.6

Producción de electricidad por tipo de recurso del año 2016

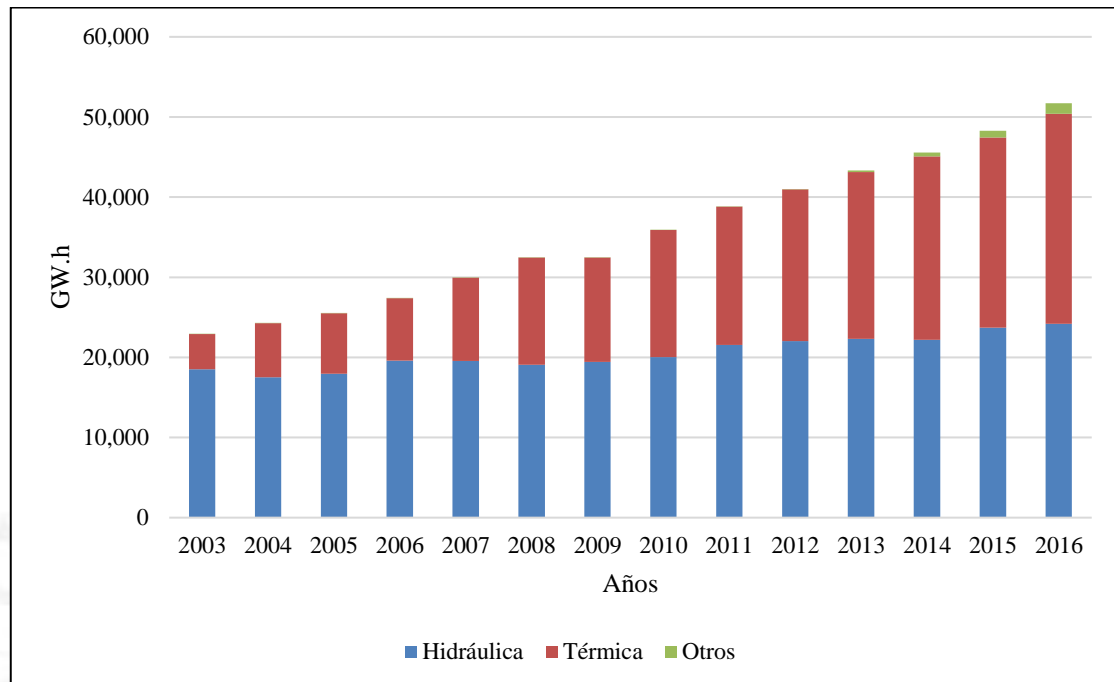


Fuente: MINEM (2016)

La producción de electricidad en el Perú ha estado creciendo, como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Sin embargo, este crecimiento ha sido diferente para la energía hidroeléctrica y termoeléctrica, pues el segundo se ha incrementado a una tasa promedio de 15.59% para el periodo 2003-2016, mientras que el primero solo 2.14%. Esta diferencia se debe a la mayor construcción de centrales de fuentes térmicas y por la modificación de otras instalaciones que utilizaban Diesel y residual para generar electricidad, según la OSIRNERGMIN (2017). No obstante, la producción a base de energías renovable y no convencionales, también se incrementó desde el 2009 hasta el 2016.

Figura 3.7

Producción de electricidad por origen (2003-2016)

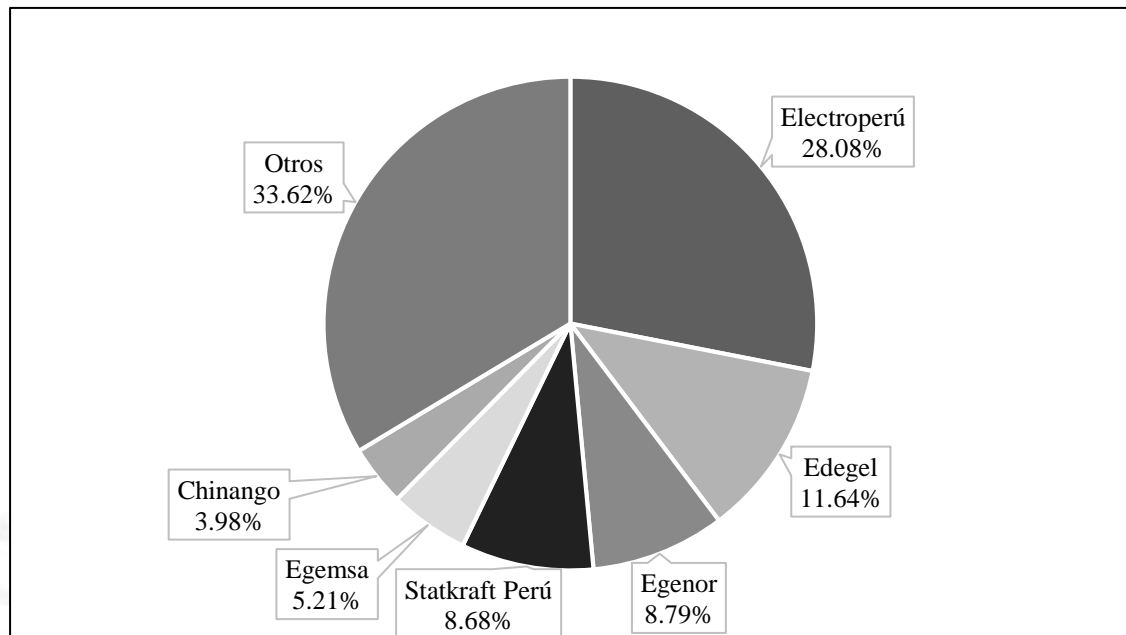


Fuente: MINEM (2020)

Desde el lado de las empresas, los principales productores de energía hidroeléctrica se encuentran Electroperú S.A, Enel Generación Perú (antes Edegel), Egenor, Statkraft Perú, Egemsa y Chinango, las cuales produjeron el 28.08%, 11.64%, 8.79%, 8.68%, 5.21% y 3.98% de la generación total, respectivamente. Ello se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Siendo la primera; la principal generadora estatal más grande del Perú, pues opera el Complejo Hidroeléctrico Mantaro, el cual es considerado como la sexta generadora hidroeléctrica más grande del mundo acorde a la OSINERGMIN (2017).

Figura 3.8

Participación de la producción hidráulica por empresas (2016)

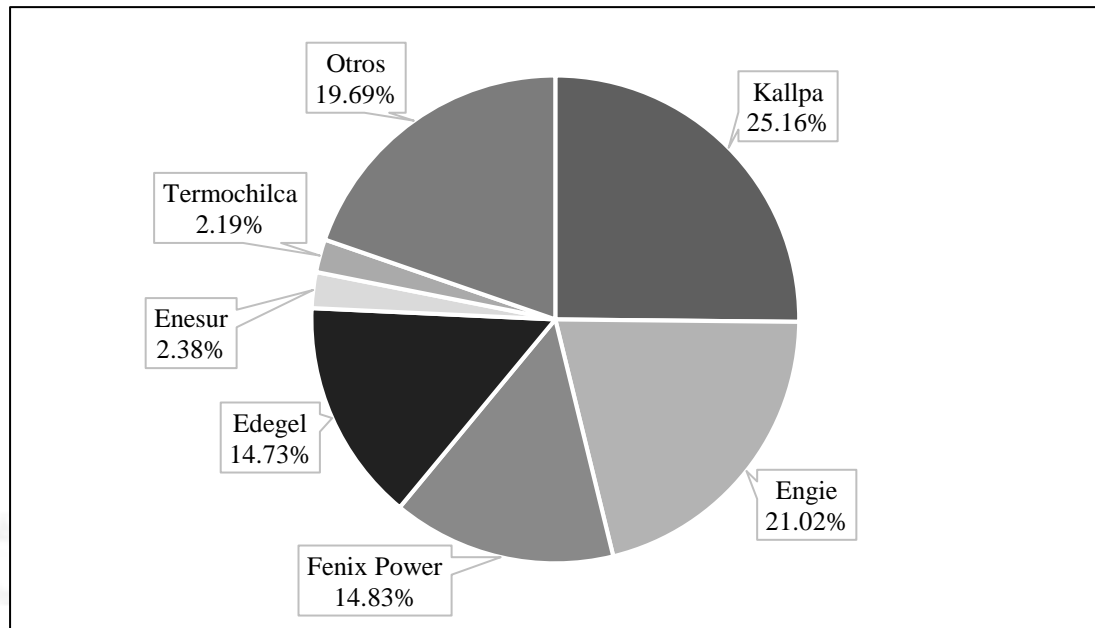


Fuente: COES (2016)

Por otro lado, las empresas que más destacaron en la generación termoeléctrica fueron Kallpa Generación S.A., Engie, Fenix Power Perú, Enel Generación Perú (antes Edegel), Enesur y Termochilca, cuyas participaciones fueron de 25.16%, 21.02%, 14.83%, 14.73%, 2.38% y 2.19%, respectivamente, lo cual se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Estas empresas producen electricidad a base del gas natural de Camisea, lo cual les permite producir de manera eficiente y estable durante todo el año, acorde al MINEM (2016).

Figura 3.9

Participación de la producción termoeléctrica por empresas (2016)



Fuente: COES (2016)

3.5 Consumo de electricidad

El consumo de energía eléctrica ha incrementado desde el 2003 hasta el 2016, siendo los usuarios regulados, los que más electricidad consumieron para el último año, representando el 48.11%, mientras que los usuarios libres el 51.89%. Adicionalmente, en el 2016, el sector industrial representó el 59% del consumo total de electricidad, debido al crecimiento de las actividades de estos; seguido por el sector residencial, comercial y de alumbrado con 22%, 17% y 2%, respectivamente. Es importante destacar que el consumo del sector residencial se explica por el crecimiento de la clase media, pues ante la mayor cantidad de ingresos que perciben y el crecimiento del empleo dentro del periodo de estudio, sus hábitos de consumo son distintos, por lo que demandan más electrodomésticos y otros bienes con mayor valor agregado (OSINERGMIN, 2017).

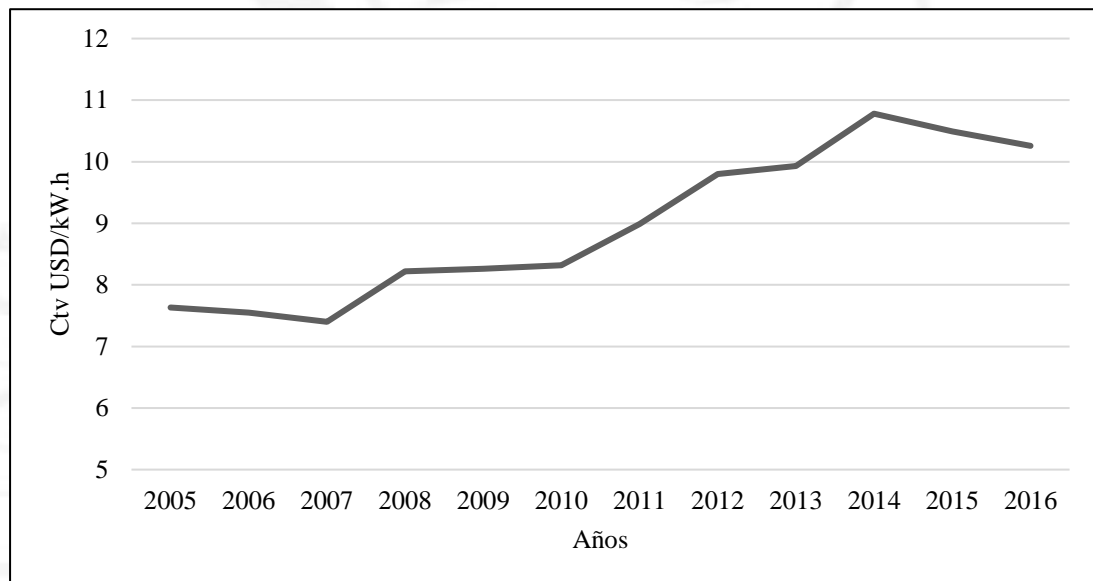
3.6 Precios de la energía eléctrica

Dentro del periodo de estudio 2005-2016, el precio promedio entre los usuarios regulados y libres, por el consumo de electricidad, se incrementó 2.85% en promedio, siendo el precio en el 2005 de 7.63 centavos de dólar estadounidense por kilovatio-hora y 10.26

ctv. USD/kWh para el 2016. Acorde al MINEM (2018), ello se dio por la implementación de centros de energías renovables y seguridad energética. Aunque, como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en el 2015 hubo una reducción en el precio con respecto al 2014, y ello explicado por la mayor cantidad de competencia en el mercado de usuarios libres (MINEM, 2016).

Figura 3.10

Precio medio por el servicio de electricidad (2005-2016)



Fuente: MINEM (2020)

3.7 Energías renovables

El Perú es un país que tiene un alto potencial en cuanto al uso de energías renovables no convencionales; es decir, que tiene la capacidad de poder depender de la energía hidráulica a pequeña escala, la solar, la eólica, la geotérmica y por la biomasa (MINEM, 2016). El uso de este tipo de energías permite que se pueda disminuir el nivel de polución en el país, ello debido a que su implementación emite bajas cantidades de CO₂ y otros gases contaminantes, por lo que logran generar una situación de sostenibilidad.

Además, puede mejorar la calidad de vida de las personas, pues la salud de estas ya no se vería comprometida por la contaminación del medio ambiente. También, beneficia a aquellas personas que viven en zonas aisladas, pues mejora el acceso a la electricidad mediante la instalación de centrales de energías basadas en recursos renovables (OSINERGMIN, 2017).

Adicionalmente, los recursos renovables son ilimitados, a diferencia de los combustibles fósiles, por lo que, en un futuro, los últimos se volverán escasos, habrá una mayor demanda de energía y estos cada vez serán menos asequibles debido a sus elevados precios, haciendo que no sea ideal para los países en desarrollo (WWF, 2011).

Asimismo, acorde a la OSINERGMIN (2017), los costos de producir energía eléctrica por fuentes renovables no convencionales han disminuido, debido a la constante innovación tecnológica respecto al tema, la cual permite una mayor eficiencia energética. Ello ha permitido que los costos de generación de energías renovables sean competitivos en el mercado eléctrico en comparación con los combustibles fósiles (IRENA, 2014). Dentro de un marco teórico, los costos de generar energía no renovable oscilan dentro de un rango de 0.045 a 0.14 US\$/kWh, mientras que las renovables entre 0.05 y 0.08 US\$/kWh (IRENA, 2014).

Sin embargo, es importante considerar las desventajas de implementar estas tecnologías limpias. En primer lugar, este tipo de energías depende directamente del clima de la región, por lo que hace que la producción de electricidad no se dé de manera estable como lo hacen las energías no renovables (OSINERGMIN, 2017). Aunque, una solución a esta desventaja ha sido la implementación de sistemas de almacenamiento de energía, el cual tiene un rol crítico en asegurar el futuro energético, ya que, estabiliza la red de distribución y transmisión. Además, la implementación de estos sistemas es viable económicamente con las energías renovables y permite tener una capacidad de reserva (Mírez T., 2012). En segundo lugar, se deben tener en cuenta los costos adicionales para cubrir la instalación de mayores transmisores de electricidad, debido a que las centrales de energía no renovable no se pueden implementar a gran escala en muchas áreas (OSINERGMIN, 2017). En tercer lugar, en el Perú los costos para generar energía eléctrica dependen del tipo de fuente (renovable y no renovable). La producción de un MW/h usando gas natural cuesta aproximadamente 40 USD (Esan, 2016). En las pequeñas hidroeléctricas se tiene un costo de 50 a 60 USD, en los parques eólicos de 70 a 80 USD y, por último, en los parques fotovoltaicos el costo oscila entre 120 a 180 USD (CITE ENERGÍA, 2016).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA APLICADA Y RESULTADOS

4.1 Fuentes de información y bases de datos

Las variables que se utilizaron para probar el impacto de la energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales sobre el medioambiente son las que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en la que se indica la unidad de medida y la fuente de la base de datos de cada variable. Cabe resaltar que el número de observaciones es de 286, además, se consideraron los años del 2003 al 2016 con periodicidad anual y se tomarán en cuenta 22 regiones del Perú, excluyendo Huánuco y Pasco. Ello debido a que estas 2 regiones presentan valores atípicos en la variable producción de electricidad por fuentes no renovables y convencionales per cápita (Ver Anexo 1).

Tabla 4.1

Unidades de medida y fuente de base de datos de las variables

Nombre de variable	Unidad de medida	Fuente
Huella ecológica regional per cápita	Hectáreas globales (Hag)	Ministerio del Ambiente
Producción de electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales regional	Gigavatio-hora (GW.h)	Ministerio de Energía y Minas
Desarrollo financiero		Instituto Nacional de Estadística e Informática
Política que promueve el uso de energías renovables a partir del año 2008	Dummy	Osinermin

Elaboración propia

4.2 Presentación de datos

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.2**, se muestran algunos datos estadísticos que permiten describir las variables del presente estudio: Huella ecológica per cápita, producción de la electricidad per cápita por fuentes no renovables y

convencionales, desarrollo financiero y la variable de la política del 2008 que promueve la energía renovable en el Perú.

Tabla 4.2

Estadísticas descriptivas de las variables de estudio de las 24 regiones, 2003-2016

Nombre de variable	Media	Desviación estándar	Mínimo valor	Máximo Valor
Huella ecológica regional per cápita	1.80344	0.6196	0.5124	3.5999
Producción de electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales regional	0.0016	0.0035	0.0000117	0.0192
Desarrollo financiero	0.1109	0.11502	0.000000893	0.79145
Política que promueve el uso de energías renovables a partir del año 2008	Dummy (1 = cuando se aplica la política, del 2008 al 2016).			

Fuente: Ministerio del Ambiente (2016), Ministerio de Energía y Minas (2016) e Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016)

Elaboración propia

Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en el caso de la variable producción de electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales a nivel regional y desarrollo financiero, la desviación estándar es mayor a la media cuando se incluye a las 24 regiones del Perú. Ello debido a la gran diferencia que hay entre las mayores productoras de electricidad por fuentes no renovables y convencionales como las regiones de Huancavelica, Moquegua, Pasco y Lima y las de menor producción, como Madre de Dios, Tumbes y Ayacucho. Lo cual se debe a la brecha de infraestructura que hay entre las distintas regiones (Rojas Delgado, 2016).

Por otro lado, en el caso del desarrollo financiero, la desviación estándar es mayor a la media. Ello se debe a que para acceder al crédito en las distintas regiones del Perú, hay determinantes importantes tales como “la educación, la tenencia de activos durables y de activos financieros, la existencia de información crediticia, el acceso a la infraestructura de servicios públicos y las condiciones geográficas” (Jaramillo, Aparicio, & Cevallos, 2013, pág. 1).

4.3 Descripción y análisis de variables

4.3.1 Variable dependiente:

La primera variable que se tomó en consideración es la Huella ecológica per cápita departamental como un indicador de contaminación, ello debido a que mide el área de recursos renovables requerida para contrarrestar los residuos o desechos que genera una persona.

El Ministerio del Ambiente del Perú (2012) calcula la Huella ecológica departamental teniendo en cuenta los siguientes componentes: huella ecológica nacional, la matriz de distribución de la huella ecológica nacional según producto y componente, y ponderaciones departamentales. En primer lugar, Acorde al MINAM (2012) la huella ecológica se calcula con la siguiente fórmula:

$$HE = \frac{P}{Y_N} * Y_F * EQF$$

Donde:

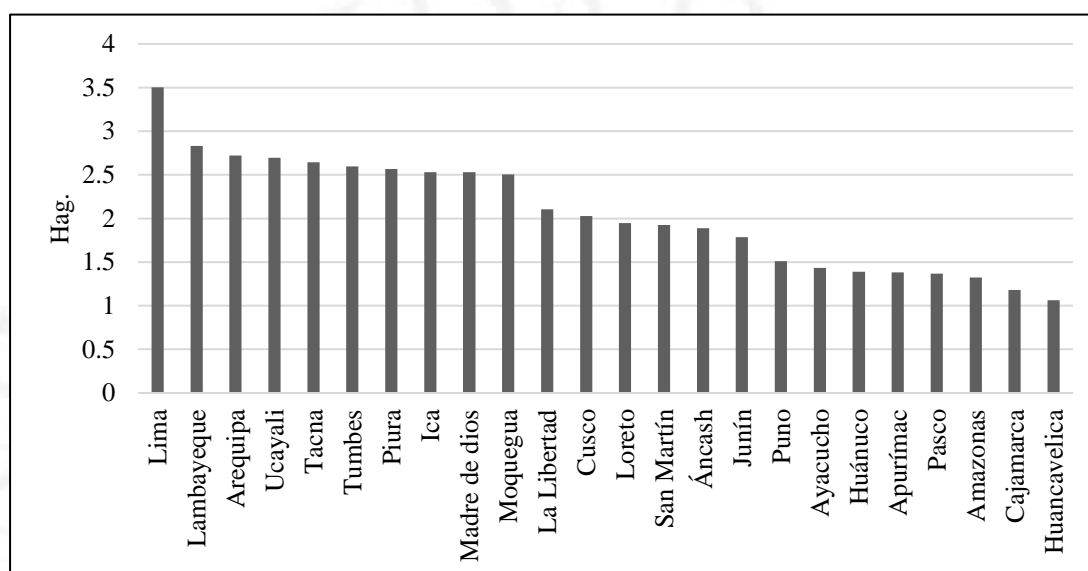
HE es la huella ecológica, P es la cantidad de productos cosechados o de desechos emitidos dentro del territorio peruano, Y_N es el rendimiento promedio nacional, Y_F es el factor de rendimiento para normalizar la producción local y EQF es el factor de equivalencia, el cual es la productividad potencial media de la tierra ocupada determinada por el tipo de tierra. Estos datos son obtenidos de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), entre otros (MINAM, 2012).

En segundo lugar, se hace uso de la matriz de consumo de la tierra utilizada o Consumption Land Used Matrix (CLUM), la cual relaciona a la huella ecológica con los patrones de consumo de cada país, para observar de esta manera qué área o ámbito afecta más a los ecosistemas del territorio (Global Footprint Network, 2015). Esta matriz se compara con el consumo local, en este caso las ponderaciones departamentales, para poder obtener resultados departamentales (Global Footprint Network, 2015).

Acorde a las pruebas estadísticas realizadas para el periodo de estudio ya mencionado previamente, la variable posee una media de 1.8034 Hag, su desviación estándar es de 0.6196 Hag, el valor mínimo que se registró es de 0.51234 Hag y el máximo de 3.5999 Hag.

Figura 4.1

Huella ecológica per cápita para las 24 regiones del Perú para el año 2016



Fuente: Ministerio del Ambiente (2016)
Elaboración propia

Como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las regiones que registran una mayor huella ecológica para el año 2016, son Lima, Lambayeque y Arequipa. En el caso de Lima, la principal razón de su elevada huella ecológica se debe a las emisiones de CO₂, el cual está asociado con la contaminación del aire. Acorde al MINAM (2016), en esta región, la causa más grave de polución está relacionado con el transporte, pues se cuenta con un parque automotor muy antiguo. Además, de una mayor demanda de la población, pues requieren de una mayor cantidad de recursos y desarrollo en las industrias debido al crecimiento económico del país.

La región de Lambayeque posee una huella ecológica elevada principalmente por la contaminación del aire, ello explicado por las emisiones de carbono de las ciudades; la cual abarca el transporte e industrias, y por los incendios generados en los campos agrícolas (Gobierno Regional Lambayeque, 2016). Adicionalmente, en la región se tiene un problema de salinización de suelos, explicados principalmente por el cultivo de arroz

y caña de azúcar, pues hay una falta de eficiencia en los sistemas de riego y drenaje, así como de alternativas de planes de cultivo (Gobierno Regional Lambayeque, 2016). Por otro lado, la tala ilegal y el sobrepastoreo también contribuyen a la polución de los suelos de la región (Gobierno Regional Lambayeque, 2016).

Arequipa es una región que ha mostrado un crecimiento en su huella ecológica durante el periodo de estudio, llegando a ser una de las regiones más contaminadas del Perú, esto debido al aumento en las emisiones de carbono. Acorde al Instituto Municipal de Planeamiento de Arequipa (2016), la zona urbana de la región ha ido creciendo en la última década, generando de esa forma un aumento en el sector transporte, y por ende registrando altos niveles de contaminación. Además, hay problemas de deforestación por el crecimiento del área metropolitana, quema de basura, actividades mineras, etc. (CAF, 2018).

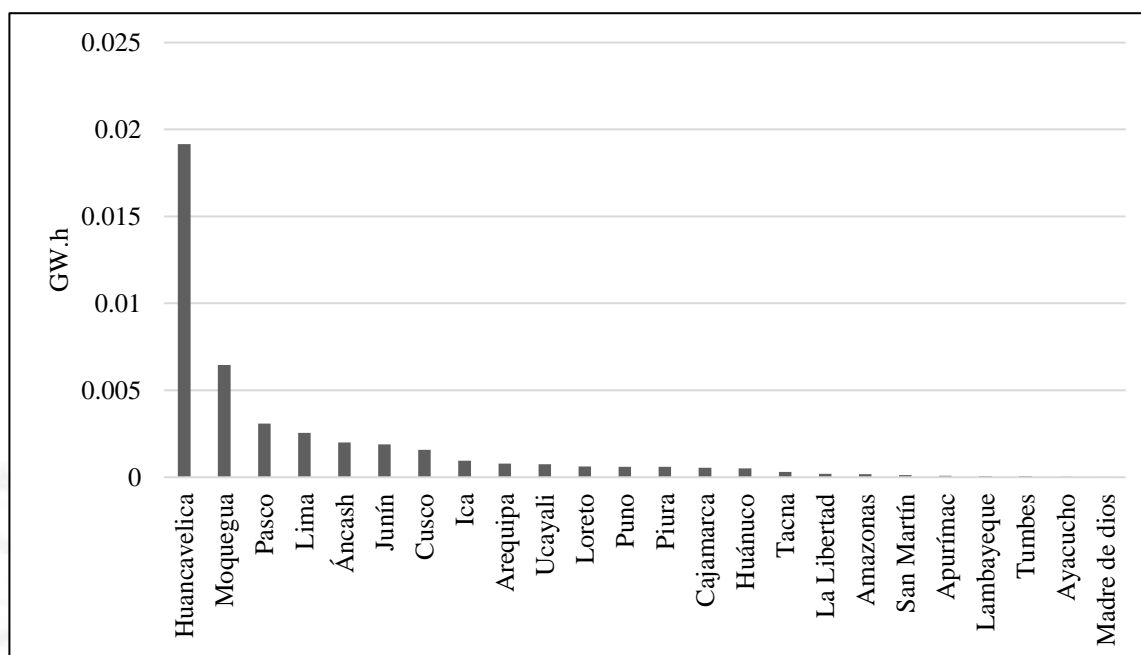
4.3.2 Variables independientes

- **Producción de electricidad per cápita generada por energías no renovables y convencionales**

La segunda variable que se tomó en cuenta es la producción de energía eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales, cuyas estadísticas se muestra en la Tabla 4.2. Para el periodo comprendido entre 2003 y 2016, la media es de 0.0016 GW.h; mientras que, el valor máximo alcanzado es de 0.0192 GW.h, el valor mínimo es de 0.0000117 GW.h y una desviación estándar de 0.0035 GW.h.

Figura 4.2

Producción de electricidad per cápita generada por energías no renovables y convencionales para las 24 regiones del Perú en el periodo 2016 (GW.h)



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2016).
Elaboración propia.

Como se puede mostrar en la Figura 4.2, las regiones con mayor producción de electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales son Huancavelica y Moquegua; mientras que las de menor producción son Madre de Dios y Ayacucho.

En el caso de la región de Huancavelica, la producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales en el 2016 aumentó en un 2.98% respecto al año anterior. Cabe destacar que Huancavelica es una de las regiones con mayor aporte a la generación eléctrica y su importancia se debe a las centrales de la cuenca del Mantaro (MINEM, 2016).

Por otro lado, en el 2016 la producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales en la región de Moquegua se incrementó en 197.1% respecto al año anterior. El incremento de la producción eléctrica se debe principalmente a que en ese año empezó a operar la Central Térmica Nodo Energético Planta Ilo para la producción de energía, aparte de las centrales térmicas Ilo 1, Ilo 21, e Ilo 31 (Gerencia regional de energía y minas, 2017).

- **Aplicación de política que promueve el uso de energías renovables**

La tercera variable es la dummy acerca de la política que se dio mediante el Decreto Legislativo N° 1002 en el año 2008, con el objetivo de promover la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (Decreto Legislativo N° 1002, 2008). A pesar de que la política de promoción de energías renovables se ha promulgado a nivel nacional, ello no implica una fuerte reducción de la huella ecológica. Es decir, se espera que esta variable disminuya la huella ecológica.

- **Desarrollo financiero**

Asimismo, la cuarta variable que se empleó en el presente estudio es el desarrollo financiero que, de acuerdo al Banco Mundial, una de las formas de medirlo es como un ratio del crédito del sector privado con el PBI (Banco Mundial, s.f.). Cabe destacar que se utilizó este indicador ya que autores como Ahmed et al. (2019) la utilizan en su trabajo de investigación. Además, otros autores que también utilizan este indicador como medición del desarrollo financiero como Hasan, Sanchez y Jung (2011) y Adu, Marbuah y Tei Mensah (2013). Sin embargo, por limitación de la data, se considerará solo a los créditos de banca múltiple para el ratio de desarrollo financiero. Es importante mencionar que la banca múltiple representa un 87% del total de los créditos directos (INEI, 2016).

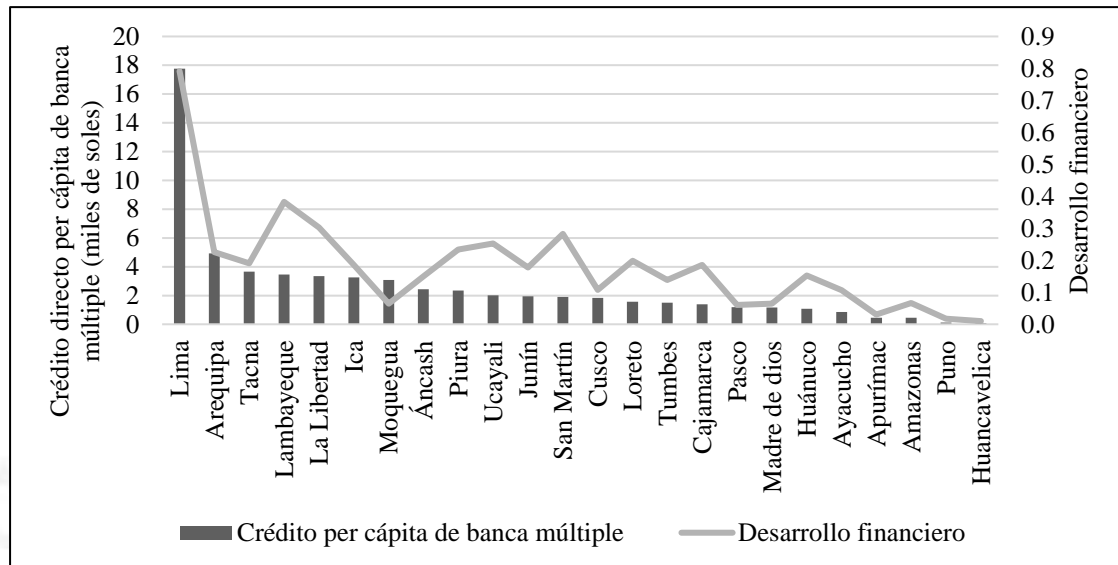
Por otro lado, es importante incluir esta variable puesto que hay medidas como el “protocolo verde” que promueve las inversiones, actividades y proyectos sostenibles a través del sistema bancario del Perú (MINAM, 2016). Adicionalmente, la compra de nuevos automóviles se ha ido incrementando en 29.69% para el periodo 2010-2016, reemplazando a los antiguos (Asociación Automotriz del Perú, 2016); de este modo, disminuyen las emisiones de CO₂ (MINAM, 2014).

Las estadísticas de la presente variable se muestran en la

Tabla 4.2. Para el periodo comprendido entre 2003 y 2016, la media es de 0.1109; mientras que, el valor máximo alcanzado es de 0.7915, el valor mínimo es de 0.000000893 miles de soles y una desviación estándar de 0.11502.

Figura 4.3

Crédito directo per cápita de banca múltiple y desarrollo financiero de las 24 regiones del Perú en el año 2016



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016).

Elaboración propia

Como se puede mostrar en la Figura 4.3, Lima y Arequipa son las regiones con mayor volumen de crédito directo per cápita de banca múltiple. En ambas regiones se debe a la existencia de una mayor cobertura del sistema financiero y una mayor demanda (Mendoza Matos, 2018). Sin embargo, a pesar de que en el Perú se ha ido expandiendo el sistema financiero, aún existe una gran brecha entre Lima y las demás regiones. Ello, principalmente, a la mayor cantidad de la población en la capital, y, por ende, una mayor concentración de los créditos (Superintendencia de Banca, Seguros y AFP del Perú, 2017).

Asimismo, es relevante afirmar que el efecto de esta variable sobre la degradación medioambiental es incierto; es decir, puede ser positivo o negativo (Ahmed et al., 2019), Sin embargo, para efectos de la presente investigación, se tomó en cuenta que el desarrollo financiero tiene un efecto desfavorable sobre el medio ambiente. Esto debido a que, a mayor cantidad de créditos, se incrementa la posibilidad de que los consumidores compren maquinarias, aires acondicionados, etc (Ahmed et al., 2019). Y, por lo tanto, genera más problemas al medioambiente.

4.4 Pruebas de raíces unitarias y multicolinealidad

La prueba de raíz unitaria de Im-Pesaran-Shin tiene como hipótesis nula que todos los paneles contienen raíz unitaria y como hipótesis alternativa que algunos paneles son estacionarios. Por otro lado, la prueba de Levin-Lin-Chu asume como hipótesis alternativa que los paneles de sección cruzada son estacionarios; es decir, no hay presencia de raíz unitaria. Asimismo, el test de Breitung supone la hipótesis nula que los paneles tienen raíces unitarias y que la alternativa asume paneles estacionarios.

En las Tabla 4.3 y Tabla 4.4, mostramos los resultados para las 22 regiones del Perú de las pruebas para las variables de estudio.

Tabla 4.3

Pruebas de Raíz unitaria de las variables originales

Variables originales	Im-Pesaran-Shin	Levin-Lin-Chu	Breitung
	p-valor	p-valor	p-valor
Huella ecológica per cápita	0.1211	0.0174	0.9341
Producción de electricidad per cápita no renovables y convencionales	0.9856	0.2187	0.7039
Desarrollo financiero	1.0000	0.7750	1.0000

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.4

Pruebas de Raíz unitaria de las variables tratadas

Variables tratadas	Im-Pesaran-Shin	Levin-Lin-Chu	Breitung
	p-valor	p-valor	p-valor
Variación porcentual de la huella ecológica per cápita	0.0000	0.0000	0.0000
Variación porcentual de la producción de electricidad per cápita no renovables y convencionales	0.0000	0.0000	0.0000
Variación porcentual del Desarrollo financiero	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en las Tabla 4.3 y Tabla 4.4, las variables en niveles no son estacionarias; ya que el p-valor es mayor al nivel de confianza de 5%, lo cual indica que las variables tienen raíz unitaria. Por tal motivo, se aplica variación porcentual a las 3 variables de estudio. De este modo, todas las variables resultan ser estacionarias.

Luego se realizó la matriz de correlación para las variables tratadas de las 22 regiones, la cual se muestra en la

Tabla 4.5.

Tabla 4.5

Matriz de correlación de las variables tratadas

VARIABLES TRATADAS	Variación porcentual de la huella ecológica per cápita	Variación porcentual de la producción de electricidad per cápita no renovables y convencionales	Política de energía renovable	Variación porcentual del Desarrollo financiero
Variación porcentual de la huella ecológica per cápita	100%	9.68%	-8.52%	-9.03%
Variación porcentual de la producción de electricidad per cápita no renovables y convencionales	9.68%	100%	-1.59%	-0.17%
Política de energía renovable	-8.52%	-1.59%	100%	-9.04%
Variación porcentual del Desarrollo financiero	-9.03%	-0.17%	-9.04%	100%

Fuente: elaboración propia

Posteriormente se ejecutó la prueba de multicolinealidad (ver Anexo 2) para las 4 variables de estudio, en la cual se obtuvo que no hay problemas de multicolinealidad, ya que el valor FIV (Factor de Inflación de Varianza) es menor a 10 (Chumacero Calle, 2015).

4.5 Presentación del modelo econométrico

En primer lugar, se ejecutó el test de Hausman para determinar si los datos de panel tienen efectos fijos o aleatorios, con lo cual los resultados indican la preferencia por el segundo. En segundo lugar, se probó que no hay problemas de autocorrelación ni de heterocedasticidad; sin embargo, por la naturaleza de los datos del presente trabajo de investigación, se asume la existencia de este último problema. Las estimaciones de prueba se encuentran en el Anexo 3.

A continuación, se muestra el modelo que se utilizó:

$$VHEPC_{it} = \beta_0 + \beta_1 VPRODNOENPC_{it} - \beta_2 POLRER_{it} - \beta_3 VDESARROLLO_FINANPC_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Donde:

VHEPC: variación porcentual de la huella ecológica en términos per cápita.

VPRODNOENPC: variación porcentual de la producción de electricidad per cápita generada por fuentes no renovables y convencionales.

POLRER: aplicación de políticas respecto al uso de energías renovables en el 2008.

VDESARROLLO_FINANPC: variación porcentual del desarrollo financiero.

4.6 Resultados econométricos

En la

Tabla 4.6, se muestran los resultados del modelo de efectos aleatorios.

Tabla 4.6

Resultado del modelo econométrico

```

. xtreg vhepc vprodnorenc polrer vdesarrollo_finan, re vce(r)

Random-effects GLS regression              Number of obs   =       286
Group variable: code                      Number of groups =        22

R-sq:                                     Obs per group:
    within = 0.0299                        min =           13
    between = 0.0317                       avg =          13.0
    overall = 0.0260                       max =           13

Wald chi2(3) =       3784.89
corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Prob > chi2     =       0.0000

                                         (Std. Err. adjusted for 22 clusters in code)

```

vhepc	Robust					[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.	z	P> z			
vprodnorenc	.0306276	.0178857	1.71	0.087	-.0044276	.0656829	
polrer	-.0187125	.0066373	-2.82	0.005	-.0317214	-.0057036	
vdesarrollo_f~c	-.0001403	4.80e-06	-29.24	0.000	-.0001497	-.0001309	
_cons	.045629	.0054691	8.34	0.000	.0349098	.0563482	
sigma_u	0						
sigma_e	.09549264						
rho	0	(fraction of variance due to u_i)					

Fuente: Stata 14
Elaboración propia.

Los resultados muestran que las variables de aplicación de políticas respecto al uso de energías renovables y variación porcentual del desarrollo financiero son significativas al 95%. Por otro lado, la variación porcentual de la producción de electricidad per cápita generada por fuentes no renovables y convencionales es significativa al 90%.

En primer lugar, la tasa de crecimiento de la producción de electricidad per cápita generada por fuentes no renovables y convencionales tiene una relación positiva con respecto a la variación de la huella ecológica per cápita. Por lo tanto, ante un incremento del 10% de la primera variable, la tasa de crecimiento del indicador de degradación medioambiental se incrementa en 0.306% aproximadamente.

En segundo lugar, los resultados muestran que cuando se da la aplicación de políticas de energías renovables, es decir, cuando se promulga dicha ley, la tasa de crecimiento de la huella ecológica per cápita se reduce en 1.87% aproximadamente.

En tercer lugar, la tasa de crecimiento del desarrollo financiero tiene una incidencia negativa y pequeña sobre la variación del indicador de sostenibilidad fuerte.

Ello significa que el incremento del 10% de la variable financiera origina una reducción de 0.0014% aproximadamente del indicador ambiental.

Cabe destacar que inicialmente el PBI per cápita iba a ser parte del modelo econométrico final. Sin embargo, esta es una variable que por concepto ya incluye a la producción de electricidad y concentra el mayor efecto sobre la huella ecológica, lo cual hace que la relación entre la producción de electricidad por fuentes no renovables y convencionales y la huella ecológica no pueda ser reflejado en el resultado (ver Anexo 4).

4.7 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en la sección anterior, respaldan las hipótesis que se plantearon en el inicio del presente trabajo de investigación; es decir, se corrobora que la energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales, en las regiones del Perú, deteriora el medioambiente. Además, se fortalece la necesidad de crear un marco regulatorio sobre la contaminación ambiental e incentivar a mayor escala el uso de energías renovables.

Acerca de lo obtenido con respecto a la energía eléctrica per cápita generada por fuentes no renovables y convencionales, se muestran resultados generales muy similares con el trabajo de Alola et al. (2019) y el de Ahmed et al. (2019); es decir, que las variables de energía no renovable, efectivamente, tienen un efecto directo sobre la contaminación del medio ambiente. Sin embargo, los trabajos de estos autores estudian a la energía no renovable en general, por lo que, toman como medida de referencia al consumo del petróleo y/o a todos los componentes de las energías no renovables.

Una ventaja con respecto a la utilización de la producción de electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales, en vez de tomar en consideración a todas las fuentes consideradas como contaminantes, es que permite enfocar la investigación a un sector en específico (el sector eléctrico en el presente caso), para que de esa forma sea más sencillo identificar el impacto que este genera sobre el medio ambiente y así poder diseñar políticas especializadas con respecto al tema en cuestión.

A pesar de las similitudes en los resultados de los autores mencionados y de la presente, hay diferencias en los coeficientes obtenidos, en el cual nuestro trabajo presenta

porcentajes medios y bajos en comparación al de los autores. La razón de ello, es por las diferencias en la selección de la variable de energías no renovables, como se mencionó en líneas anteriores, y por la naturaleza de la matriz de electricidad del Perú, en la cual se dependen de energías no renovables y convencionales pero que, a diferencia de otras fuentes como el petróleo, son menos contaminantes y, por lo tanto, hace que el efecto de este tipo de energía sobre el deterioro medioambiental sea más pequeño en comparación.

La aplicación de la política para promover la inversión en la producción de energías renovables, como se pudo observar previamente, tiene un efecto negativo sobre la huella ecológica, significando que los incentivos para generar electricidad por fuentes no contaminantes hacen que el deterioro medioambiental disminuya. Esto implica que las políticas respecto al tema, son efectivas y que por lo tanto un futuro marco legal que apoye y promueva un uso más extendido de la producción de energías renovables es factible para impedir una mayor degradación del medioambiente. Aunque, como mencionan los autores Solarin y Bello (2018), se debe considerar el grado del desarrollo del país para aplicar políticas, para así obtener resultados favorables, es por ello que, la adaptación de políticas se debe dar entre países similares. Cabe resaltar que la variable dummy no ha estado, actualmente, en ningún trabajo de investigación con respecto al tema trabajado, por lo que no es posible hacer una comparación de resultados al respecto; sin embargo, tiene mucho poder explicativo, pues permite el estudio de la efectividad de la política de energías renovables que Perú aplicó en el año 2008.

Previamente a los resultados del modelo econométrico, se probó la existencia de raíz unitaria de todas las variables. Al centrarnos en la no estacionariedad de la huella ecológica per cápita para las regiones del Perú, se comprobó la similitud de lo obtenido con los resultados de los autores Solarin y Bello (2018), quienes estudiaron el tema para 128 países y con una metodología distinta a la usada en el presente trabajo de investigación. Aunque la diferencia radica en que en el presente trabajo de investigación se utilizaron las variables en término per cápita. Las conclusiones de los autores Solarin y Bello indican que es consistente la existencia de una tendencia, mayormente positiva, en la huella ecológica, pues muestra que efectivamente la contaminación se ha vuelto un problema creciente a lo largo del tiempo (Solarin & Bello, 2018). Ello significa que la huella ecológica es o puede llegar a ser superior a la biocapacidad de cada país, y que por lo tanto hace que se presente un problema de déficit ecológico (Solarin & Bello, 2018).

Es importante resaltar que los estudios de Solarin y Bello (2018), tienen consistencia con lo encontrado por Cajamarca et al. (2017). Estos últimos encuentran que Ecuador, posee un superávit ecológico, pero que el deterioro ha tenido una tendencia creciente en los últimos años que puede hacer que, en el futuro, este país latinoamericano presente problemas deficitarios ecológicamente. Entonces, al tomar en consideración la presencia de raíz unitaria en la huella ecológica per cápita del presente trabajo, cuya tendencia es positiva, se extrapola que en el Perú puede llegar a tener un déficit ecológico en el futuro, lo cual indicaría un problema de insostenibilidad.

Con respecto al desarrollo financiero, los resultados están en línea con lo que los autores Uddin et al. (2017) y Ahmed et al. (2019) obtuvieron, pues se concluyó que esta variable tiene un coeficiente pequeño, pero posee una relación inversa y significativa con respecto a la huella ecológica, demostrando de esa manera que un mayor desarrollo financiero, está relacionado con la inversión en tecnologías limpias y por ende un menor impacto contaminante. Esto se podría contrastar con las compras en unidades de nuevos vehículos que se dieron durante el periodo de estudio, los cuales indicarían que se está invirtiendo en tecnologías amigables con el medio ambiente y que se están reemplazando con las antiguas (las que generan mayor contaminación) (MINAM, 2014). Asimismo, según el MINAM hay un incremento de las importaciones de vehículos nuevos desplazando así a los de segunda, haciendo que las emisiones de CO₂ disminuyan un 9,2% para el periodo 2012-2016 (MINAM, 2014). Por otro lado, de acuerdo al BCRP (2016), el crédito vehicular en dólares aumentó en un 0.64% en el 2016, siguiendo una tendencia creciente.

CAPÍTULO V: POLÍTICAS Y RECOMENDACIONES PARA INCENTIVAR EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

En el presente capítulo se realizó una breve descripción de las normas y leyes sobre energía renovable que se han aplicado en el Perú y en distintos países de Latinoamérica que son similares a la economía peruana. Ello con la finalidad de evaluar y recomendar políticas para el Perú que ha funcionado en otros países.

5.1 Políticas sobre energías renovables en el sector electricidad en el Perú

Antes de mencionar las políticas aplicadas en el Perú sobre los RER (Recursos Energéticos Renovables), es importante conocer el organismo que la regula y el que las diseña. Por tal motivo se realizará una breve descripción de estas instituciones.

En primer lugar, el organismo que regula el sector eléctrico en el Perú fue creado en 1996, mediante la Ley N° 26734, bajo el nombre de Osinerg. Sin embargo, a partir del 2007, cambió de nombre a Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN, 2019). Por esta razón, también supervisa que las empresas mineras cumplan con sus actividades de manera segura y saludable.

El OSINERGMIN (2019) es una institución pública encargada de regular, supervisar y fiscalizar los sectores de electricidad, hidrocarburos y minero con autonomía, capacidad técnica, reglas claras y predecibles, para que las empresas del sector cumplan las disposiciones legales de las actividades que desarrollan.

Por otro lado, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2019) es el ministerio del Poder Ejecutivo encargado del sector energético y minero del Perú que se encarga de formular y evaluar las políticas de alcance nacional en materia del desarrollo sostenible de las actividades minero-energéticas, contribuyendo al desarrollo humano, así como la disminución del impacto ambiental.

A continuación, se describirán las leyes y decretos aplicados en el Perú relacionados con el marco normativo de RER (OSINERGMIN, 2017).

5.1.1 Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento

La presente normativa fue promulgada en 1993, la cual es la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, mediante la cual se crea el mercado eléctrico y se establece su arreglo institucional. La entidad encargada es el MINEM y, a partir del 2013, también el OSINERGMIN.

En la normativa se detallan las tarifas, precios máximos de generador a distribuidor de servicio público, las disposiciones generales, las obligaciones de los concesionarios de distribución, la fiscalización, entre otros aspectos.

Los lineamientos de fiscalización, a cargo del OSINERGMIN, de acuerdo con esta ley son los siguientes:

- El cumplimiento de las obligaciones de los concesionarios establecidos en la presente Ley, el Reglamento y el respectivo contrato de concesión.
- Los demás aspectos que se relacionen con la prestación del Servicio Público de Electricidad.
- El cumplimiento de las funciones asignadas por Ley al COES (Comité de Operaciones del Sistema Interconectado Nacional).
- El cumplimiento de las disposiciones de la presente Ley (Ley N.º 25844, 1993).

Cabe mencionar que, el COES es una entidad privada, sin fines de lucro y con personería de Derecho Público que está conformado por todos los Agentes del SEIN (Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú) y sus decisiones son de cumplimiento obligatorio por los Agentes (COES, 2019). Además, tiene por finalidad coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN al mínimo costo, preservando la seguridad del sistema, el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, así como planificar el desarrollo de la transmisión del SEIN y administrar el Mercado de Corto Plazo (COES, 2019).

Por otro lado, algunas de las obligaciones de los concesionarios de distribución que la Ley N° 25844 (1993) establece son:

- Suministrar electricidad a quien lo solicite dentro de su zona de concesión o a aquellos que lleguen a dicha zona con sus propias líneas, en un plazo no mayor de un año y que tengan carácter de Servicio Público de Electricidad.
- Tener contratos vigentes con empresas generadoras que le garanticen su requerimiento total de potencia y energía por los siguientes veinticuatro meses como mínimo.
- Garantizar la calidad del servicio que fije su contrato de Concesión y las normas aplicables.
- Permitir la utilización de todos sus sistemas y redes por parte de terceros para el transporte de electricidad (Ley N.º 25844, 1993).

5.1.2 Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica

La Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la Generación Eléctrica se establece en el año 2006, en la cual se promueven licitaciones y contratos de largo plazo como medio para respaldar inversión en generación a gran escala (grandes hidroeléctricas y otras tecnologías convencionales). Con el objetivo de perfeccionar las reglas establecidas en la Ley de Concesiones Eléctricas. De este modo:

- Asegurar la suficiencia de generación eficiente que reduzca la exposición del sistema eléctrico peruano ante la volatilidad de precios y a los riesgos de racionamiento prolongado por falta de energía. De esta forma, asegura al consumidor final una tarifa eléctrica más competitiva.
- Reducir la intervención administrativa para la determinación de los precios de generación; en cambio se darán mediante soluciones de mercado.
- Adoptar las medidas necesarias para propiciar la efectiva competencia en el mercado de generación (Ley N° 28832, 2006).

5.1.3 Política Energética Nacional del Perú

El 24 de noviembre del 2010 se publica la Política Energética Nacional del Perú 2010-2040, mediante el Decreto Supremo N.º 026-2010-EM. En este, se plantean nueve objetivos para lograr un sistema energético óptimo que permita satisfacer la demanda del país en este ámbito y promover el desarrollo sostenible, basándose en investigación e

innovación de la tecnología de manera continua (Decreto Supremo N.º 064-2010-EM, 2010). Los objetivos planteados en esta política son los siguientes:

- Lograr que la matriz energética del país se diversifique, dándole mayor énfasis a las energías renovables y la eficiencia de energía. De esta manera se promueven proyectos en base a las energías renovables, hidrocarburos, geotermal y nuclear.
- Contar con un abastecimiento energético competitivo, lo cual implica que se establezca un marco normativo que permita la competencia, regule tarifas, estabilidad de precios, entre otros. Además, de alcanzar suficiencia en cuanto a la infraestructura en el suministro energético y promover la inversión privada.
- Lograr el acceso universal al suministro energético.
- Poder lograr una mayor eficiencia en la cadena productiva energética, así como en el uso de la energía.
- Lograr la autosuficiencia en la producción de energía.
- Lograr que el país desarrolle un sector energético que genere un mínimo impacto sobre el medio ambiente y emisiones de CO₂, siguiendo un marco de Desarrollo Sostenible.
- Desarrollo de la industria del gas natural, así como el mayor uso de este en el domicilio, transporte, comercio e industria.
- Fortalecer la institucionalidad del sector energético.
- Mayor integración con los mercados energéticos con países de la región (Decreto Supremo N.º 064-2010-EM, 2010).

5.1.4 Ley de promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables

La Ley de promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables fue promulgada en el año 2008, a cargo del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), con la finalidad de fomentar las energías renovables para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la promoción de la inversión en la producción de electricidad. Ello implica fomentar la diversificación de la matriz energética, además de constituir un avance hacia una política de seguridad energética y de protección del medio ambiente.

Esta normativa busca lograr efectos positivos a nivel global y, al mismo tiempo, alcanzar una condición mínima de desarrollo de la economía peruana, la cual necesita una mayor seguridad en la disponibilidad de energía. Para ello, esta norma tiene como medidas:

- Incentivar la inversión en la generación de electricidad con fuentes renovables.
- Incentivar la investigación científica e innovación tecnológica sobre energías renovables, a cargo del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), quien implementará los mecanismos y acciones para desarrollar la investigación, promoviendo la participación de universidades, instituciones técnicas y organizaciones de desarrollo especializadas en la materia.
- Incentivar la realización de proyectos que califiquen como Mecanismos de Desarrollo Limpio.
- Los Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) pueden ser utilizados como instrumentos negociables con empresas de países industrializados que contabilizarán estas reducciones de GEI como parte de las metas cuantitativas. Las cuales se comprometieron con el Protocolo de Kyoto.
- El Ministerio de Energía y Minas establece cada cinco años un porcentaje objetivo en el que debe participar, en el consumo nacional de electricidad, la electricidad generada a partir de RER. En este caso no se les considera a las centrales hidroeléctricas. Tal porcentaje objetivo será hasta el cinco por ciento en cada uno de los años del primer quinquenio.

Cabe resaltar que, de esta normativa, se desprenden los siguientes beneficios para los adjudicatarios:

- Prioridad de despacho: La generación de electricidad a partir de la tecnología RER tiene prioridad para el despacho diario de carga y acceso a las redes de distribución y transmisión en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), efectuado por el Comité de Operación Económica del Sistema (COES).
- Ingresos garantizados hasta el límite de la energía adjudicada.
- Dos tipos de ingresos adicionales: un ingreso adicional equivalente a la energía en exceso valorizada al costo marginal y el otro, en caso de que entregue energía reactiva. La energía reactiva se expresa en kilovoltamperes reactivos (KVARh) y se utiliza en motores y transformadores bobinados para crear un campo

magnético, el que es esencial para la operación (Constanzo M., 2019). Además, se describe a esta energía como “no productiva”, por ello, es necesario transportarla, compensarla y neutralizarla.

En el Perú, la manera de incentivar la inversión en energía renovable es mediante las subastas. Hasta el momento, en el Perú se han desarrollado cuatro, cuyas convocatorias se dieron en el 2009, 2011, 2013 y 2015. Las especificaciones para las subastas son las siguientes: en primer lugar, el Ministerio de Energía y Minas debe elaborar el Plan Nacional de Energías Renovables y aprobarla mediante una resolución. Posteriormente, el OSINERGMIN realiza la convocatoria de subastas y la publica en su página web. Dicha entidad debe subastar la asignación de primas a cada proyecto con generación RER, de acuerdo a las pautas fijadas por el MINEM.

Para efectos del Decreto Legislativo (2008), se consideran como RER a los recursos energéticos como biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz. Además de la energía hidráulica, siempre y cuando la capacidad instalada no supere los 20MW.

5.1.5 Reglamento de la Generación de Electricidad con energías Renovables

El Decreto Supremo N° 012-2011-EM el cual establece el Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables, fue publicado el 29 de marzo del 2011 (Decreto Supremo N.° 012-2011-EM, 2011). El objetivo principal de esta normativa es definir los lineamientos para la subasta RER, como la energía requerida, el cálculo de la generación RER, definición del porcentaje de participación dependiendo de la tecnología y/o instalaciones de energía renovable, requisitos del postor, determinación de la tarifa base, planificación de las RER, etc. Ello con la finalidad de promover adecuadamente el desarrollo de la generación eléctrica del país por medio de fuentes renovables (Decreto Supremo N.° 012-2011-EM, 2011).

5.1.6 Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red

En el año 2013, se aprueba el reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red. En otras palabras, se establece un nuevo reglamento para

ampliar la promoción de la inversión eléctrica en aquellas áreas geográficas rurales cuya población no cuenta con redes ni servicio de electricidad. El objetivo de esta normativa es “establecer las disposiciones reglamentarias necesarias para la adecuada aplicación de la Ley a fin de promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables para mejorar la calidad de vida de la población ubicada en las Áreas No Conectadas a Red” (Decreto Supremo N.º 020-2013-EM, 2013). Para ello, el Ministerio se encargará de definir las subastas de acuerdo con las políticas energéticas del país en atención al Plan de Acceso Universal a la Energía. Además, el MINEM definirá, en las bases, la cantidad de Instalaciones RER Autónomas a subastar para cada una de estas áreas (Decreto Supremo N.º 020-2013-EM, 2013).

5.1.7 Plan de Acceso Universal a la energía

En el 2013, se aprueba el Plan de Acceso Universal a la Energía 2013 – 2022, con el objetivo de promover, desde el ámbito energético, un desarrollo económico eficiente, sustentable con el medio ambiente y con equidad, implementando proyectos que permitan ampliar el acceso universal al suministro energético, de modo que se priorice el uso de fuentes energéticas disponibles (Resolución Ministerial N° 203-2013-MEM-DM, 2013). Además, los proyectos deben establecer su viabilidad técnica, social y geográfica, con el objeto de generar una mejor calidad de vida de las poblaciones con menos recursos en el país, en el periodo 2013-2022. Algunas metas importantes señaladas en la resolución son:

- Acceder a la electricidad, iluminación, comunicación y servicios comunitarios. Así como, acceder a tecnologías/combustibles para cocinar y calentar, tales como, cocinas mejoradas, gas natural, LPG, biogás (biodigestores).
- Propiciar los usos productivos de la energía, tales como, mejora de productividad (bombeo de agua, mecanización, entre otros), procesando productos agrícolas para su comercialización y combustible para el transporte. En este sector debe priorizarse el uso de Gas Natural en aquellos lugares con menos recursos, con el propósito de promover su bienestar y del desarrollo económico en el marco de la política de “Inclusión Social”.
- Los proyectos a implementarse para el acceso universal a la energía deben orientarse a la eficiencia energética (Resolución Ministerial N° 203-2013-MEM-DM, 2013).

Para cumplir con las metas de la Ley, se establecen los siguientes lineamientos de políticas aplicables al Plan de Acceso Universal a la Energía, tales como:

- Alcanzar la cobertura total de los subsectores energéticos - Electricidad e Hidrocarburos.
- Subsidiar y/o garantizar de manera temporal y focalizada el costo de infraestructura y/o equipos de suministro de la energía en los segmentos poblacionales de bajos ingresos del Perú.
- Involucrar a los gobiernos regionales y locales en la formulación de los programas de suministro de energía en las poblaciones vulnerables en zonas rurales y urbanas.
- Impulsar el uso productivo de la energía en zonas aisladas, rurales y urbano-marginales.
- Priorizar e impulsar la construcción de sistemas de transporte de energía que garanticen la seguridad y confiabilidad del sistema energético nacional.
- Promover la inversión privada para la implementación de infraestructura energética a nivel nacional, a través de diversos mecanismos.
- Impulsar la construcción de infraestructura energética básica para cubrir las necesidades del servicio universal (Resolución Ministerial N° 203-2013-MEM-DM, 2013).

Por otro lado, los recursos para la implementación del Plan de Acceso Universal a la Energía son los siguientes:

- El Fondo de Inclusión Social Energético (FISE).
- Transferencias del Sector Público.
- Fondos creados por el Estado.
- Fuentes de financiamiento externo, aportes, asignaciones y donaciones.
- Otros recursos (Resolución Ministerial N° 203-2013-MEM-DM, 2013).

5.1.8 Cálculo de la Potencia Firme

El 27 de agosto de 2019 se da la Resolución Ministerial N° 344-2004-MEM/DM (2019), la cual modifica el numeral 8.6.3. del Procedimiento Técnico del COES “cálculo de

potencia firme” del 2004. Con esta nueva normativa, se reconoce que la potencia firme de las centrales RER que utilizan tecnología eólica y solar ya no será igual a cero.

Asimismo, el valor de la potencia firme “se determinará considerando la producción de energía en las Horas de punta del Sistema definidas por el Ministerio de Energía y Minas” (Resolución Ministerial N° 344-2004-MEM/DM, 2019), de acuerdo con lo establecido en el artículo 110 del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.

5.2 Políticas sobre energías renovables de países de Latinoamérica

Chile, Brasil, Argentina y México son aquellos países latinoamericanos que se encuentran dentro de los 15 más atractivos para invertir en energías renovables, ello evaluado por tres parámetros principales: fundamentos, oportunidades y experiencias. El primero, engloba a las políticas y regulaciones referentes a las energías renovables; el segundo, evalúa la demanda y el consumo de electricidad, así como las emisiones de CO₂ y precios de las energías limpias; y el tercero, observa el volumen de infraestructura instalada relacionada con la producción de energías renovables en el país y las inversiones dirigidas hacia ellas (Bloomberg, 2018).

Debido a lo explicado previamente, en la siguiente sección se revisan las políticas de energías renovables más importantes de los países mencionados.

5.2.1 Políticas de Argentina

En diciembre del 2006, en Argentina se promulgó la ley 26 190, la cual fomenta el uso de fuentes renovables para la generación de electricidad, ello con la finalidad que se produzca un 8% de energía limpia para el término del año 2017 (Secretaría de Energía, 2006). No obstante, en el 2015 se realizaron modificaciones a la ley en cuestión a través de la ley 27 191 (Secretaría de Energía, 2015). En esta ley se define las fuentes consideradas como renovables, entre las cuales se encuentra la energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, la eólica, mareomotriz, hidráulica (con un máximo de 50 MW por central hidroeléctrica), etc.

Adicionalmente, se menciona un Régimen de Inversiones que fomenta la construcción de obras relacionadas con la producción de electricidad por fuentes

renovables a través de beneficios como la amortización acelerada del Impuesto a la Renta, que permite que la empresa pueda repartir su carga tributaria en el tiempo; la devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA) hasta el término del proyecto; compensación de quebrantos por un periodo de diez años; Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta; deducción de la carga financiera del pasivo financiero; exención del impuesto sobre la distribución de dividendos equivalente al 10% de este, de las sociedades responsables de la obra; y la aplicación de un certificado fiscal de 20% al pago de impuestos nacionales para los proyectos verdes que cumplan ciertos requisitos (Secretaría de Energía, 2015).

Dentro de la ley 27 191, también se crea el Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables (FODER), el cual facilita la financiación de obras o proyectos que permitan que la producción eléctrica se genere con fuentes renovables (Banco Mundial, 2018). Este fondo proviene de recursos del Tesoro Nacional asignado por el Estado, los cuales deben ser superiores al 50% del ahorro en combustibles fósiles al hacer un cambio por fuentes renovables (Secretaría de Energía, 2015). Además, depende de impuestos a la demanda de energía, por los ingresos derivados de la emisión de valores fiduciarios por el fiduciario (como el Banco de Inversión y Comercio Exterior) del FODER y las garantías obtenidas por el Banco Mundial (Banco Mundial, 2018).

Posteriormente, el Ministerio de Energía y Minas de la República Argentina crea el programa de subastas “RenovAr”, con la finalidad de poder alcanzar los objetivos relacionados a la utilización de recursos renovables para cambiar la composición de la matriz de electricidad a una más eco amigable. Este programa promueve el crecimiento y desarrollo de infraestructuras para la producción de energía eléctrica por fuentes renovables a través de subastas (Banco Mundial, 2018). Cabe resaltar que RenovAr está relacionado con el FODER, pues este fondo provee el financiamiento de los proyectos mencionados que participan en el programa de MINEM de Argentina.

En las primeras rondas de RenovAr, acorde al Banco Mundial (2018), se obtuvieron resultados favorables, pues los proyectos ganadores incrementaron la generación de electricidad por fuentes renovables a precios competitivos en el mercado.

Acorde a la OLADE (2018), en Argentina, se aprueba la ley 27 424, que fomenta la “generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública, la cual tiene como destino al autoconsumo”. Este régimen consiste en que los usuarios de

dicha red pueden instalar equipos y/o sistemas que permitan la generación de electricidad para el consumo propio. Ante ello, se tiene que las edificaciones futuras del sector público deben tener un sistema de generación de energía renovable.

También se promueve la Fabricación Nacional de Sistemas, Equipos e Insumos para Generación Distribuida a partir de fuentes renovables (FANSIGED) y el Fondo Fiduciario para el Desarrollo de la Generación Distribuida (FODIS) (OLADE, 2018). El primero se trata de actividades que faciliten la generación distribuida, como el desarrollo, producción e inversión, así como beneficios al adquirir maquinaria que facilite la fabricación de equipos e insumos (OLADE, 2018). El segundo, facilita la financiación a través de un fideicomiso.

Por último, se tiene el régimen de Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica para los Grandes Usuarios, el cual consiste en que aquellas empresas que consuman grandes cantidades de energía, deben asegurarse que cierto porcentaje de este provenga de fuentes renovables (OLADE, 2018).

5.2.2 Políticas de Chile

En el 2008, en Chile se aprueba la ley 20 257, el cual fomenta el uso de energías renovables no convencionales (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2008). Esta señala que, del total de energía comercializada de cada empresa productora de electricidad con una capacidad instalada mayor a 200 MW, el 10% debe provenir de fuentes renovables no convencionales o de centrales hidroeléctricas con una potencia instalada menor a 40 MW (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2008). Esta norma inició en el 2010 y funciona gradualmente, pues entre el 2010 y 2014, el porcentaje de energías limpias comercializadas fue de 5%, incrementándose 0.5% anualmente hasta alcanzar la meta del 10% en el 2024 (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2008).

Sin embargo, en el 2013 entra en vigencia la ley 20 698, el cual modifica la meta del 10% establecida en la ley 20 257 por el 20% para el 2025, por lo que para el 2013 ya se alcanzó el 5%, y se espera que el incremento gradual sea de 1% cada año hasta el 2020 (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2013). Posteriormente, hasta el 2024 el incremento será de 1.5% y para el 2025 de 2% (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2013).

Otra política importante respecto a la promoción de energías renovables es la ley 20 571, publicada en el 2012 y fue puesta en vigencia a finales del 2014 (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2012). Esta ley consiste en que los usuarios finales que posean equipos o sistemas que les permita producir electricidad por fuentes renovables no convencionales para su autoconsumo, puedan inyectar su remanente de energía a la red de distribución eléctrica, a cambio de descuentos en su facturación dentro del mes en que se realizó (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2012). Cabe resaltar que la capacidad instalada del consumidor final debe estar dentro de un rango de 0 a 100 KW (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2012).

5.2.3 Políticas de México

La ley general del Cambio Climático, cuya reforma se dio en el 2018, tiene como finalidad la regulación las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente (Cámara de Diputados, 2018). Se propone una reducción del 30% para el año 2020 y del 50% para el 2050, tomando como base el año 2000 (Cámara de Diputados, 2018). Además, de lograr que la matriz eléctrica de México tenga un 35% proveniente de energías renovables para el 2024. En esta ley, la federación, las entidades federativas y los municipios deben formular políticas y establecer acciones que mitiguen el cambio climático, así como el aprovechamiento y conservación de recursos de manera eficiente, como la energía (Cámara de Diputados, 2018). Adicionalmente se crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el cual tiene como propósito el establecimiento de delegaciones en las regiones del país para poder cumplir con los objetivos planteados por la ley (Cámara de Diputados, 2018).

La ley de la Industria Eléctrica (LIE) de México fue publicada en agosto del 2014 (CEMDA, 2017). Esta tiene como objetivo la promoción de un mayor desarrollo sostenible de la industria de la energía eléctrica para brindar un servicio más eficiente a los usuarios; además, incentiva el uso de energías renovables para la reducción de emisiones contaminantes para el medioambiente (CEMDA, 2017).

Dentro de la LIE se menciona al Certificado de Energías Limpias (CEL), el cual es un instrumento que acredita la producción de electricidad por medio de fuentes renovables y están asociados con el consumo proveniente de los Centros de Carga del

país (Cámara de diputados, 2014). Este instrumento se les otorga a aquellos productores que posean tecnologías de energías renovables; cabe resaltar que un CEL ampara la producción de electricidad por fuentes renovables de 1 MW y cuyo precio depende de la oferta y demanda del mercado (Cámara de diputados, 2014).

Los CEL funcionan por medio del Estado mexicano, el cual establece un porcentaje de energías limpias que deben alcanzar los suministradores y grandes consumidores finales con abasto aislado cada año, en caso estos no alcancen dicha meta, deben pagar una multa equivalente de 6 a 50 salarios mínimos por cada certificado que no pudo obtener, dependiendo de las condiciones de la infracción (Cámara de diputados, 2014).

5.2.4 Políticas de Brasil

Las subastas son uno de los principales medios por los cuales Brasil incentiva la producción de energía eléctrica por fuentes renovables a precios competitivos (IRENA, 2015). Los proyectos que participan son nuevos o ya existentes, y generan electricidad a partir de fuentes eólicas, solares, pequeñas hidroeléctricas y biomasa, principalmente (IRENA, 2015). La empresa ganadora de la subasta tiene el derecho de firmar un contrato que dura entre 15 a 30 años, para poder comercializar energía eléctrica (Factor, 2017).

Otra política aplicada es el que se denomina como “medición neta” para los usuarios que generan su propia energía eléctrica con fuentes renovables. Los productores, con una capacidad instalada de un máximo de 5 MW, pueden inyectar electricidad en la red de distribución cuando su producción excede su consumo (Vieira et al., 2016). Ello puede beneficiar en la remuneración del usuario al calcular una resta simple entre la electricidad inyectada y la consumida, aunque cabe resaltar que este ingreso no es monetario, sino en términos eléctricos (Vieira et al., 2016).

Adicionalmente, está el financiamiento preferencial, por parte del Banco Nacional de Desarrollo de Brasil, para proyectos relacionados con energías limpias (IRENA, 2015). Esta política consiste en ofrecer intereses bajos a préstamos para proyectos relacionados con la generación de electricidad por fuentes renovables que cumplan con ciertos requerimientos (IRENA, 2015).

Además, están los “fondos dedicados” del Fondo de Desarrollo de Energía, los cuales financian proyectos, principalmente del Programa para incentivar fuentes de electricidad alternativa (PROINFA) (IRENA, 2015). Aunque también financian otros relacionados con las energías limpias, así como su promoción, llegando a financiar hasta un 70% de la inversión en proyectos con energía eólica y 80% a los que funcionan con energía solar (IRENA, 2015; Factor, 2017).

Tabla 5.1

Resumen de las políticas implementadas por Argentina, Chile, México y Brasil

País	Políticas
Argentina	Incentivar la construcción de obras relacionadas a la producción eléctrica por medio de incentivos fiscales.
	Programa RenovAr (subastas)
	Fondo para el Desarrollo de Energías renovables (FODER) para financiar los proyectos de los ganadores del programa RenovAr.
	Usuarios finales pueden instalar equipos que les permita generar su propia electricidad e inyectar el exceso producido a la red de distribución.
	Promover la Fabricación Nacional de Sistemas, Equipos e Insumos para Generación Distribuida a partir de fuentes renovables (FANSIGED).
	Fondo Fiduciario para el Desarrollo de la Generación Distribuida (FODIS).
Chile	Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica para los Grandes Usuarios.
	La energía comercializada de cada empresa productora de electricidad con una capacidad instalada mayor a 200 MW, debe generar un mínimo de 20% con fuentes renovables. Cabe resaltar que las metas son graduales.
México	Usuarios finales que posean equipos o sistemas que les permita producir electricidad por fuentes renovables no convencionales para su autoconsumo, pueden inyectar su remanente de energía a la red de distribución eléctrica.
	Entidades federativas y municipios deben formular políticas que mitiguen el cambio climático, así como el aprovechamiento de recursos de manera eficiente.
	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), establece delegaciones para cumplir con los objetivos medioambientales planteados por el gobierno.
Brasil	Certificado de Energías Limpias (CEL) para la acreditación de la producción de electricidad por fuentes renovables.
	Aplicación de subastas que incentiven la producción de energía eléctrica por fuentes renovables.
	"Medición Neta", la cual implica que los clientes finales que generen su propia electricidad por fuentes renovables, puedan inyectar su remanente a la red de distribución.
	Financiamientos preferenciales por el Banco nacional de Desarrollo de Brasil para centrales eléctricas que produzcan con fuentes renovables.
	"Fondos Dedicados" del Fondo de Desarrollo de Energía, que financian proyectos relacionados a energías limpias.

Fuente: Elaboración propia con datos de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2008), Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2012), Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2013), Cámara de diputados (2014), Secretaría de energía (2015), IRENA (2015), Vieira et al. (2016), Factor (2017), CEMDA (2017), Banco Mundial (2018), OLADE (2018), Cámara de diputados (2018).

5.2.5 Políticas recomendadas

Tomando como referencia a las políticas aplicadas por los países mencionados en la sección anterior, se recomienda aplicar tres políticas para el caso peruano.

La primera política recomendada es el establecimiento de objetivos graduales con respecto a la participación de las energías renovables no convencionales dentro de la matriz de electricidad. En el cual, se propone, por ejemplo, que la meta llegue a ser del 15% para el 2030, empezando por un 5% para el primer año y vaya incrementando 1% hasta llegar al objetivo. Ello con la finalidad de promover el uso de energías más limpias y de esa manera mitigar el impacto medioambiental. Para lograr ello, se recomienda una mejora en la política de subastas realizado desde el 2008. Para esto, se sugiere crear un fondo que financie parte del proceso de construcción del proyecto o los proyectos ganadores, aparte de la concesión de estos; además de recibir asesorías y lineamientos, respecto a la implementación de subastas, del Banco Mundial, así como lo aplicó Argentina en su programa RenovAr.

El segundo se relaciona con la aplicación de Certificados de Energías Limpias, así como se estableció en México, pues de esta forma las empresas estarán obligadas a consumir con un cierto porcentaje de fuentes renovables cada año, avalado por dicho documento. Es importante mencionar que dicho porcentaje se debe establecer anualmente, con la finalidad de alcanzar los objetivos relacionados a la diversificación de la matriz de electricidad. En caso, no se cumpla con esta proporción de energías renovables, se sancionará a la empresa con una multa de acuerdo con el tamaño de esta y el porcentaje de consumo de energías renovables no convencionales que no logró alcanzar y/o justificar con estos certificados. Adicionalmente, se le dificultará el otorgamiento de créditos hasta el pago de esta sanción.

El tercero, se trata de incentivar y publicitar el consumo de electricidad por fuentes renovables a partir de la inyección de electricidad remanente de los usuarios finales que posean equipos que les permita producir esta energía. En el cual, a los clientes finales se les descuenta de sus facturas mensuales, la cantidad de electricidad que generaron e inyectaron al sistema. Cabe resaltar, que esta es una medida que ya ha sido pre publicada en la normativa peruana, pero no hay una resolución que apruebe el reglamento (MINEM, 2018).

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- A lo largo del tiempo, los efectos de la contaminación se han manifestado en el estado de los suelos, el agua y el aire, principalmente. En primer lugar, el deterioro de los suelos se da por las variaciones climáticas y las actividades económicas como la agricultura y la minería, la cual ha puesto en riesgo la productividad de la tierra y la seguridad alimentaria. En segundo lugar, la contaminación del agua ha generado la pérdida de biodiversidad y desequilibrios en el ecosistema, alterando la cadena alimenticia. En tercer lugar, la polución del aire afecta a la salud humana, incluso ha estado relacionada con enfermedades mortales. Por otro lado, actualmente en el Perú hay un superávit ecológico puesto que la biocapacidad sobrepasa al nivel de la huella ecológica; no obstante, el último tiene una tendencia creciente lo cual indica que en un futuro el país puede llegar a tener un déficit.
- Las ventajas de las energías renovables son que reducen la polución debido a que la tecnología que se implementa emite bajas cantidades de CO₂ y otros gases contaminantes como el metano, el dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, etc. Además, se caracterizan por ser recursos ilimitados a diferencia de los no renovables y son sostenibles a lo largo del tiempo. Adicionalmente, se proyecta a futuro que la demanda de energía incrementará y los combustibles fósiles se agotarán haciendo que la energía renovable tome un rol decisivo ante el problema. Asimismo, los costos de las energías renovables han ido disminuyendo internacionalmente haciendo que sean más competitivos.
- Por otro lado, las desventajas de las energías renovables son que existen algunas restricciones con respecto a su uso debido al clima, puesto que la luz solar o las corrientes de aire no están presentes de manera continua, aunque una solución a esta desventaja es la implantación de sistemas de almacenamiento de energía. Otra limitación es el costo de la inversión de la instalación de transmisores adicionales que se requiere. Además, de la dificultad de la implementación a gran escala de centrales de energía renovable. La energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales, específicamente la generada por las

centrales hidroeléctricas (con capacidad instalada mayor a 20 MW) y las termoeléctricas, en las regiones del Perú ha mostrado tener un impacto negativo y significativo sobre el nuestro indicador de sostenibilidad fuerte en el periodo 2003-2016. Ello debido a la composición de la matriz de electricidad, la cual ha ido empeorando, pese a la implementación de la política que promueve el uso de los recursos renovables en el 2008 y la reducción de los costos de estos. Es decir, que la huella ecológica, es afectado por las energías producidas por fuentes contaminantes, lo cual, a largo plazo puede traer consecuencias irreversibles sobre el capital natural, como recursos de la naturaleza. Además, este no puede ser reemplazado completamente por la tecnología puesto que el primero es agotable.

- El desarrollo financiero resultó ser significativo y muestra una relación inversa con la huella ecológica per cápita. Ello quiere decir que, a mayor desarrollo financiero, hay una mayor inversión en capital artificial, aunque en menor medida a comparación con países desarrollados, lo cual se refleja en un menor grado de contaminación ambiental. Esta afirmación se explica con el incremento en la compra de autos y maquinarias nuevas en los últimos años en el periodo de estudio, lo cual implica un menor impacto sobre el medioambiente. Además, es importante hacer mención al protocolo verde, publicado en el 2020, el cual permite que haya un mayor incentivo a invertir en proyectos verdes y ello combate el problema del cambio climático. Por lo tanto, hay una preocupación por incrementar proyectos de desarrollo sostenible y se ve la necesidad de incluir al sector financiero para el incentivo del uso de fuentes renovables.
- El Producto Bruto Interno per cápita es una variable que absorbe el efecto de la producción de la electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales. Por lo que al presentar los resultados enfocado en esta variable se muestra una relación positiva y significativa con el indicador de sostenibilidad fuerte elegido. Esta relación indica que a mayor crecimiento del PBI per cápita, mayor es el impacto en la degradación medioambiental. Ello se debe a que el PBI engloba a todas las actividades económicas de un país, tales como la agricultura, minería, manufactura, sector eléctrico, entre otros. Tales efectos se ven reflejados en el deterioro de los suelos, la contaminación del agua y del aire.
- Dentro del marco normativo de las RER, existe un incentivo para la protección del medio ambiente, diversificación de la matriz energética del país, promoción

para un mayor uso de tecnologías RER, entre otros, que han tenido resultados favorables y visibles dentro de la industria de energía eléctrica. Sin embargo, dentro de este marco no se establecen lineamientos ni metas claras para el futuro de las energías renovables. A diferencia de países como Chile, Argentina y México, el Perú no cuenta con objetivos a largo plazo ni un plan estratégico concreto.



MATRIZ DE CONSISTENCIA

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	CAPÍTULOS	CONCLUSIONES
<p>Demostrar el efecto de la electricidad producida por fuentes no renovables y convencionales en el medioambiente y su degradación, para luego proponer políticas que incentiven el uso de energías más limpias</p>	<p>1. Determinar las ventajas y desventajas que las fuentes de energía renovables presentan y explicar las razones por las cuales estas deben ser promovidas en mayor medida en el Perú.</p>	<p>La energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales, como lo son la termoeléctrica y la hidroeléctrica, en el Perú, deteriora el medio ambiente, por lo que es necesario proponer nuevas políticas para incentivar el uso de energías renovables no convencionales.</p>		<p>II. Descripción general de los efectos negativos de la contaminación ambiental.</p>	<p>A lo largo del tiempo, los efectos de la contaminación se han manifestado en el estado de los suelos, el agua y el aire, principalmente. En primer lugar, el deterioro de los suelos se da por las variaciones climáticas y las actividades económicas como la agricultura y la minería. En segundo lugar, la contaminación del agua ha generado la pérdida de biodiversidad y desequilibrios en el ecosistema. En tercer lugar, la polución del aire afecta a la salud humana. Por otro lado, actualmente en el Perú hay un superávit ecológico puesto que la biocapacidad sobrepasa al nivel de la huella ecológica; no obstante, el último tiene una tendencia creciente lo cual indica que en un futuro el país puede llegar a tener un déficit.</p>

(continúa)

(continuación)

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	CAPÍTULOS	CONCLUSIONES
				III. Sector eléctrico del Perú	<p>Las ventajas de las energías renovables están en que reducen la polución debido a que la tecnología que se implementa, emite bajas cantidades de CO₂ y otros gases contaminantes. Además, se caracterizan por ser recursos ilimitados a diferencia de los no renovables y son sostenibles a lo largo del tiempo. Asimismo, los costos de las energías renovables han ido disminuyendo internacionalmente haciendo que sean más competitivos.</p> <p>Por otro lado, las desventajas de las energías renovables son que existen algunas restricciones con respecto a su uso debido al clima, puesto que la luz solar o las corrientes de aire no están presentes de manera continua, aunque una solución a esta desventaja es la implantación de sistemas de almacenamiento de energía. Otra limitación es el costo de la inversión de la instalación de transmisores adicionales que se requiere. Además, de la dificultad de la implementación a gran escala de centrales de energía renovable.</p>

(continúa)

(continuación)

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	CAPÍTULOS	CONCLUSIONES
	2. Estimar el impacto de la energía eléctrica generada con fuentes no renovables y convencionales sobre el medio ambiente, a nivel regional, en el Perú, en el periodo 2003-2016.		1. La energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales, como lo son la termoeléctrica y la hidroeléctrica, en el Perú, tiene impacto mediano sobre la huella ecológica en el periodo 2003-2016.	IV. Metodología aplicada y resultados	<p>La energía eléctrica producida por fuentes no renovables y convencionales, específicamente la generada por las centrales hidroeléctricas y las termoeléctricas, en las regiones del Perú ha mostrado tener un impacto negativo y significativo sobre el indicador de sostenibilidad fuerte en el periodo 2003-2016. Lo cual, a largo plazo puede traer consecuencias irreversibles sobre el capital natural, como recursos de la naturaleza. Además, este no puede ser reemplazado completamente por la tecnología puesto que el primero es agotable.</p> <p>El desarrollo financiero resultó ser significativo y muestra una relación inversa con la huella ecológica per cápita. Ello quiere decir que, a mayor desarrollo financiero, hay una mayor inversión en capital artificial, aunque en menor medida a comparación con países desarrollados. Esta afirmación se explica con el incremento en la compra de autos y maquinarias nuevas en los últimos años en el periodo de estudio, lo cual implica un menor impacto sobre el medioambiente. Además, hay una preocupación por incrementar proyectos de desarrollo sostenible y se ve la necesidad de incluir al sector financiero.</p> <p>El Producto Bruto Interno per cápita es una variable que absorbe el efecto de la producción de la electricidad per cápita por fuentes no renovables y convencionales. Por lo que al presentar los resultados enfocado en esta variable se muestra una relación positiva y significativa con el indicador de sostenibilidad fuerte elegido. Ello se debe a que el PBI engloba a todas las actividades económicas de un país, tales como la agricultura, minería, manufactura, sector eléctrico, entre otros.</p>

(continúa)

(continuación)

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	CAPÍTULOS	CONCLUSIONES
	3. Proponer políticas e incentivos que permitan reducir la contaminación medioambiental, prevenir una crisis energética e incrementar el uso de energías renovables.		2. Las políticas actuales del Perú que promueven el uso de energía renovables no tienen efectos favorables sobre la huella ecológica.	V. Políticas y recomendaciones para incentivar el uso de energías renovables	La primera política recomendada es el establecimiento de objetivos graduales con respecto a la participación de las energías renovables y no convencionales dentro de la matriz de electricidad. Ello con la finalidad de promover el uso de energías más limpias y de esa manera mitigar el impacto medioambiental. Para lograr ello, se recomienda una mejora en la política de subastas realizado desde el 2008. Para esto, se sugiere crear un fondo que financie parte del proceso de construcción del proyecto o los proyectos ganadores, aparte de la concesión de estos; además de recibir asesorías y lineamientos, respecto a la implementación de subastas, del Banco Mundial.
					El segundo se relaciona con la aplicación de Certificados de Energías Limpias, así como se estableció en México, pues de esta forma las empresas estarán obligadas a consumir con un cierto porcentaje de fuentes renovables cada año, avalado por dicho documento. En caso, no se cumpla con esta proporción de energías renovables, se sancionará a la empresa con una multa de acuerdo con el tamaño de esta y el porcentaje de consumo de energías renovables y no convencionales que no logró alcanzar.

Fuente: Elaboración Propia

REFERENCIAS

- A., I., O., A., P., O., A., A.-A., O., D., & A., O. (2018). Water pollution: effects, prevention, and climatic impact. *Web Of Science*. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.72018>
- Adu, G., Marbuah, G., & Tei Mensah, J. (2013). Financial development and economic growth in Ghana: Does the measure of financial development matter? *3*(4), 192-203. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1879933713000419>
- Ahmed, Z., Wang, Z., Mahmood, F., Hafeez, M., & Ali, N. (2019). Does globalization increase the ecological footprint? Empirical evidence from Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*. doi:10.1007/s11356-019-05224-9
- Al-mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, *48*, 315-323. doi:10.1016/j.ecolind.2014.08.029
- Alola, A., Bekun, F., & Sarkodie, S. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.05.139
- APEC. (8 de setiembre de 2012). *apec.org*. Obtenido de https://www.apec.org/Meeting-Papers/Leaders-Declarations/2012/2012_aelm/2012_aelm_annexC.aspx
- Arias, F. (2006). Desarrollo sostenible y sus indicadores. *Revista Sociedad y Economía*, 200-229.
- Arto, I. (2009). Using Total Material Requirement to Reduce the Global Environmental Burden. *Journal of Industrial ecology*, *13*(5), 775-790. doi:10.1111/j.1530-9290.2009.00172.x

- Asociación Automotriz del Perú. (2016). *aap.org.pe*. Recuperado el 2 de mayo de 2021, de https://aap.org.pe/estadisticas/ventas_inmatriculaciones_vehiculos_nuevos/inm_2016/
- Ayres, R. (2000). Commentary on the Utility of the Ecological Footprint Concept. *Ecological economics*, 32(3), 347-349. doi:10.1016/S0921-8009(99)00151-2
- Banco Mundial. (2002). *Linking Poverty Reduction and Environmental Management*. Obtenido de <http://documents.worldbank.org/curated/en/347841468766173173/pdf/multi0page.pdf>
- Banco Mundial. (2009). *¿Dónde está la riqueza de las naciones?. Medir el capital para el siglo XXI*.
- Banco Mundial. (2018). *Argentina - Fund for the Development of Renewable Energy (FODER) Project (English)*. Washington D.C.: World Bank Group. Recuperado el 05 de noviembre de 2019, de <http://documents.worldbank.org/curated/en/800381521338521826/pdf/Argentina-PP-AF-FODER-2-P165085-Feb-22-2018-FINAL-02262018.pdf>
- Banco Mundial. (s.f.). *worldbank.org*. Obtenido de <https://www.worldbank.org/en/publication/gfdr/gfdr-2016/background/financial-development>
- BCRP. (2016). *Reporte de inflación*. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2016/diciembre/report-de-inflacion-diciembre-2016.pdf>
- Beckerman, W. (1994). 'Sustainable Development': Is it a Useful Concept? *Environmental Values*, 3(3), 191-209. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/30301447>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (01 de abril de 2008). *INTRODUCE MODIFICACIONES A LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS RESPECTO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON FUENTES*

DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES. Recuperado el 08 de noviembre de 2019, de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=270212>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2012). *REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES*. Recuperado el 08 de noviembre de 2019, de http://www.sec.cl/transparencia/docs2012/Ley_20571_2012.pdf

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2013). *PROPICIA LA AMPLIACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA, MEDIANTE FUENTES RENOVABLES NO CONVENCIONALES*. Recuperado el 08 de noviembre de 2019, de <http://bcn.cl/1uyc4>

Bloomberg. (2018). *Emerging Markets Outlook 2018. Energy transition in the world's fastest growing economies*. Recuperado el 07 de noviembre de 2019, de <http://global-climatescope.org/assets/data/reports/climatescope-2018-report-en.pdf>

bnamericas. (25 de febrero de 2021). www.bnamericas.com. Obtenido de <https://www.bnamericas.com/es/noticias/osinergmin-remitio-al-coes-observaciones-a-la-propuesta-de-modificacion-de-procedimiento-sobre-declaratoria-de-precios-de-gas-natural>

Busuldu, C., Filipe, M., García, A., Muñiz, I., Quintana, M., & Rojas, C. (2016). Forma urbana y Huella Ecológica en el Área Metropolitana de Concepción (Chile). *EURE*, 42(127), 209-230. doi:10.4067/s0250-71612016000300009

Cabeza Gutiérrez, M. (1996). The concept of weak sustainability. *Ecological Economics*, 147-156.

CAF. (mayo de 2018). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Arequipa Metropolitana*. Obtenido de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1181>

Cajamarca, D., Iñiguez, M. P., Jiménez, J., Martínez F., V. A., & Massa S., P. (2017). *Análisis de la huella ecológica del Ecuador: una comparación con América Latina. Impacto en la biodiversidad y la incidencia en el desarrollo turístico sostenible*. Habana, Cuba: Modelos Matemáticos para el Estudio de Medio Ambiente, Salud y Desarrollo Humano.

- Cámara de diputados. (2014). Ley de la Industria Eléctrica. Recuperado el 09 de noviembre de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec_110814.pdf
- Cámara de Diputados. (2018). *Ley General del Cambio Climático*. Recuperado el 09 de noviembre de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf
- CEMAER. (2016). *Cemaer*. Obtenido de <https://www.cemaer.org/energia-no-renovable/>
- CEMDA. (2017). *Marco jurídico de las energías renovables en México*. Recuperado el 09 de noviembre de 2019, de https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/06/Marco-jur%C3%ADdico-de-las-energ%C3%ADas-renovables-en-M%C3%A9xico.final_.pdf
- CEPAL. (2014). *La economía del cambio climático en el Perú*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37419-la-economia-cambio-climatico-peru>
- CEPLAN. (2011). *Proyecciones de la Matriz Energética al Largo Plazo*. Obtenido de https://www.ceplan.gob.pe/documentos_/documento-de-trabajo-12-proyecciones-de-la-matriz-energetica-al-largo-plazo/
- Charfeddine, L., & Mrabet, Z. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi:10.1016/j.rser.2017.03.031
- Chumacero Calle, J. A. (2015). Detección de la multicolinealidad y heterocedasticidad (Aplicaciones en Eviews y Stata) (Documento de trabajo). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Cimoli, M., Pereima, N., & João Basilio, P. (2015). *Cambio estructural y crecimiento*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37756-cambio-estructural-crecimiento>
- CITE ENERGÍA. (2016). *Evaluación energética y económica de electricidad de un hogar de la ciudad de Lima*. Obtenido de http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2016/09/Benites_kevin_compressed.pdf

- COES. (2019). *coes.org.pe*. Obtenido de <https://www.coes.org.pe/Portal/Organizacion/QuienesSomos>
- Constanzo M., D. (2019). *Compensación de energía reactiva y monitoreo de la calidad de la potencia*. Santiago. Obtenido de <https://ubiobio.academia.edu/DavidLeonardoConstanzoMedina>
- Costeau, J. Y. (1992). Conferencia Internacional de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente y el Desarrollo. *Impacto Ambiental. El planeta herido* (págs. 132-162). Río de Janeiro: Naciones Unidas.
- Daly, H. (1995). On Wilfred Beckerman's Critique of Sustainable Development . *Environmental Values*, 4(1), 49-55. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/30301392>
- Danish, Hassan, S., Baloch, M., Mahmood, N., & Zhang, J. (2019). Linking economic growth and ecological footprint through human capital and biocapacity. *Sustainable Cities and Society*, 47. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101516>
- De Groot, R., Wilson, M., & Boumass, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *41(3)*, 393-408. doi:41. 10.1016/S0921-8009(02)00089-7.
- Decreto Legislativo N.º 1002. (2 de mayo de 2008). Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. Obtenido de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/energias-renovables/MarcoNormativo/DL_No_1002.pdf
- Decreto Supremo 019-2010-EM. (8 de abril de 2010). Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-019-2010-EM-CONCORDADO.pdf>
- Decreto Supremo N.º 012-2011-EM. (23 de marzo de 2011). Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables.

Decreto Supremo N.º 020-2013-EM. (27 de junio de 2013). Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a la Red.

Decreto Supremo N.º 056-2009-EM. (2 de mayo de 2009). Adecuación de la competencia de los Gobiernos Regionales para el otorgamiento de concesiones definitivas de generación con recursos energéticos renovables. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/Normativa/Recursos%20Renovables/DS%20056-2009-EM.pdf>

Decreto Supremo N.º 064-2010-EM. (24 de noviembre de 2010). Proyecto de Política Energética Nacional del Perú 2010-2040 .

Decreto Supremo N.º 012-2011-EM. (23 de marzo de 2011). Reglamento de la ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-012-2011-EM-CONCORDADO.pdf>

Decreto Supremo N.º 020-2013-EM. (27 de junio de 2013). Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/Normas/2013/DS%20020-2013-EM.pdf>

Decreto Supremo N.º 064-2010-EM. (24 de noviembre de 2010). Aprueban la política energética nacional del Perú 2010 - 2040. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-064-2010-EM-CONCORDADO.pdf>

Decreto Supremo N.º 031-2020-EM. (19 de diciembre de 2020). Decreto Supremo que establece disposiciones para la determinación del precio del gas natural para generación eléctrica. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-establece-disposiciones-para-la-determin-decreto-supremo-n-031-2020-em-1913578-2>

Decreto Supremo N.º 053-2007-EM. (2007). *Ministerio de Energía y Minas*. Lima.

Decreto Supremo N.º 037-2006-EM. (2006). *Reglamento de Cogeneración*. Lima.

- Diario Oficial El Peruano. (2 de mayo de 2008). Decreto Legislativo N° 1002. Lima, Perú.
- Dietz, S., & Neumayer, E. (2007). Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. *Ecological Economics*, 61(4), 617-626. Recuperado el 19 de junio de 2018, de <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.09.007>
- Dirección General de Medio Ambiente del Gobierno de Navarra. (2002). *Módulo de Sensibilidad Ambiental*. Obtenido de <http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Doctorado%20y%20Postgrado/Servicio%20de%20Formacion%20Continua/estaticos/sm.pdf>
- Druckman, A., & Jackson, T. (2009). The carbon footprint of UK households 1990–2004: A socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input–output model. *Ecological Economics*, 68(7), 2066–2077. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.01.013
- Ekins, P. (1992). A four-capital model of wealth creation. En P. Ekins, & M. Max-Neef, *Real-Life Economics: Understanding Wealth Creation* (págs. 147-155). Londres: Routledge.
- Ekins, P., & Simon, S. (1999). The sustainability gap: a practical indicator of sustainability in the framework of the national accounts. *International Journal of Sustainable Development*, 2(1). doi:<https://doi.org/10.1504/IJSD.1999.004313>
- Ekins, P., Sandrine, S., Deutsch, L., Folke, C., & De Groot, R. (2003). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44(2-3), 165-185. doi:10.1016/s0921-8009(02)00272-0
- Encinas Malagón, M. D. (2011). *Medio ambiente y contaminación. Principios básicos*. Obtenido de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Esan. (2016). www.esan.edu.pe. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/como-esta-el-mercado-de-electricidad-nacional/>

- Escobedo, A., Estrada, M., Oyague, E., Rubio, J., Vallejos, C., & Vera, A. (2017). *Marañón: Costo social de los impactos acumulativos de cinco proyectos hidroeléctricos*. Obtenido de http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/Maranon_Costo_Social_0.pdf
- Estenssoro Saavedra, F. (2010). Crisis ambiental y cambio climático en la política global: un tema crecientemente complejo para América Latina. *Universum*, 2(25), 57 - 77. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/pdf/universum/v25n2/art_05.pdf
- Factor. (2017). *Subastas de energía renovable en Latinoamérica y el Caribe*. Recuperado el 11 de noviembre de 2019, de <http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/1.-Estudio-de-Caso-Subastas-Brasil.pdf>
- Garcés Giraldo, L. F., & Hernández Ángel, M. L. (2004). La lluvia ácida: un fenómeno fisicoquímico de ocurrencia local. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(2), 67 - 72.
- García, R. (2014). *Pobreza energética en América Latina*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/36661-pobreza-energetica-america-latina>
- Gerencia regional de energía y minas. (2017). *Anuario estadístico de electricidad 2016*. Obtenido de http://energiayminasmoquegua.gob.pe/web/phocadownload/Publicaciones/Anuario_Electricidad_2016.pdf
- Global Footprint Network. (2019). *data.footprintnetwork.org*. Obtenido de <http://data.footprintnetwork.org/#/abouttheData>
- Global Footprint Network. (2015). *The Footprint and Biocapacity Accounting: Methodology Background for State of the States 2015*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/USATechnicalReport_Final.pdf
- Gobierno Regional Lambayeque. (2016). *Plan regional de acción ambiental 2016-2021*. Recuperado el 3 de marzo de 2021, de <http://www.munilambayeque.gob.pe/documentos/plaraa-2016.pdf>

- González Díez, I., López Pérez, M., & Romero Baena, A. (2008). Problemática de los suelos afectados por la explotación de sulfuros. *Revista de la sociedad española de mineralogía*(10), 61 - 75. Obtenido de http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_61.pdf
- Hartwick, J. (1977). Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources. *The American Economic Review*, 67(5), 972-974.
- Hassan, M., Sanchez, B., & Jung, S. (2011). *Financial Development and Economic Growth in The Organization of Islamic Conference Countries*. doi:DOI:10.4197/Islec.24-1.6
- Hernández F., L. J., Gonzáles Forero, R., Gutiérrez, N. E., Merchan De las Salas, S., Martínez Guerrero, Y., Pérez, J., . . . Vallejo R., M. d. (2010). *Contaminación ambiental en Colombia I. Problemas ambientales, globales y nacionales*.
- Hueting, R. (1980). *New Scarcity and Economic Growth: More Welfare through Less Production?* Amsterdam: North-Holland Publishing Company. Recuperado el 23 de junio de 2019, de <http://www.sni-hueting.info/EN/Publications/1974-1980-NewScarcityAndEconomicGrowth.pdf>
- IMPLA. (2016). *Plan de Desarrollo Metropolitano*. Obtenido de <http://impla.gob.pe/publicaciones/pdm-2016-2025/>
- INEI. (2016). <https://www.inei.gob.pe/>. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/cap25/cap25.htm
- INEI. (2017). *Perù: producto bruto interno por departamentos (2007 - 2016)*. Recuperado el 6 de febrero de 2021, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1439/index.html
- INEI. (2017). *Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2016*. Lima. Recuperado el 9 de julio de 2019, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1439/libro.pdf

- IPCC. (2011). : *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf
- IRENA. (2014). *Renewable Power Generation Costs in 2014*. Recuperado el 03 de noviembre de 2019, de https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf
- IRENA. (2015). *Renewable Energy Policy Brief*. Recuperado el 09 de noviembre de 2019, de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_RE_Latin_America_Policies/IRENA_RE_Latin_America_Policies_2015_Country_Brazil.pdf?la=en&hash=D645B3E7B7DF03BDDAF6EE4F35058B2669E132B1
- Jaramillo, M., Aparicio, C., & Cevallos, B. (2013). ¿Qué factores explican las diferencias en el acceso al sistema financiero?: evidencia a nivel de hogares en el Perú. *SBS Documentos de trabajo*. Obtenido de http://www.sbs.gob.pe/Portals/0/jer/ddt_ano2013/DT_03_2013.pdf
- Ley N.º 25844. (25 de febrero de 1993). Ley de Concesiones eléctricas y reglamento. Obtenido de https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/LEY_CONCESIONES_ELECTRICAS.pdf
- Ley N.º 26848. (11 de julio de 1997). Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/Normas/Ley%2026848.pdf>
- Ley N.º 27345. (8 de setiembre de 2000). Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía. Obtenido de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Ley%20N%C2%B0%2027345%20-%20Ley%20Promoci%C3%B3n%20Uso%20Eficiente%20de%20la%20Energ%C3%ADa.pdf

- Ley N° 28832. (23 de 07 de 2006). *Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica*. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/LEY-28832-CONCORDADO.pdf>
- Mendoza Matos, R. R. (2018). Impacto de los niveles de ahorro financiero en el crecimiento económico del Perú para el periodo 2000 - 2015 (Tesis de pregrado). Lima: Universidad de Lima.
- MINAM. (2012). *Cálculo de la huella ecológica departamental y por estratos socioeconómicos*.
- MINAM. (2012). *Glosario de términos para la gestión*. Obtenido de <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>
- MINAM. (2012). *Huella Ecológica en el Perú. Cálculo Nacional y Departamental*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/huella-ecologica-peru-calculo-nacional-departamental>
- MINAM. (2013). *Informe Nacional de la Calidad del Aire*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>
- MINAM. (2014). *Seguimiento ambiental del mercado automotriz peruano*. Recuperado el d de febrero de 2021, de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/07/SEGUIMIENTO-AMBIENTAL-DEL-MERCADO-AUTOMOTRIZ-PERUANO-final.pdf>
- MINAM. (2016). *Finanzas para la sostenibilidad (2011 - 2016)*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/informessectoriales/wp-content/uploads/sites/112/2016/02/Finanzas-para-la-Sostenibilidad.pdf>
- MINAM. (30 de junio de 2016). *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014*. Recuperado el 16 de setiembre de 2019, de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>
- MINEM. (1979). *Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional*. Obtenido de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/1580>

- MINEM. (abril de 2016). *Anuario Ejecutivo de Electricidad 2016*. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=6&idPublicacion=571
- MINEM. (2017). *Uso eficiente de la energía*. Obtenido de http://www.drelem.gob.pe/drelem/wp-content/uploads/2017/06/Guia_inicial_primaria_mem_NP_05-06-2017.pdf
- MINEM. (2018). *Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Generación Distribuida*. Recuperado el 19 de noviembre de 2019, de <http://www.minem.gob.pe/prepublicacionesSectorDetalles.php?idSector=6&idTitular=3828&idPrepublicacion=240>
- MINEM. (2019). *Estadísticas Eléctricas Anuales*. Recuperado el 03 de noviembre de 2019, de http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&idTitular=638&idMenu=su b115&idCateg=350
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). *Reducción de la degradación de los suelos agrarios*. Lima. Obtenido de <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/programas-presupuestales/inf-programa/anexo2-pp89-2017.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *El Perú y el cambio climático*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>
- Mírez T., J. L. (2012). *Sistemas de almacenamiento de energía. XIX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XIX- SPES)*. Puno. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/286625730_SISTEMAS_DE_ALMACENAMIENTO_DE_ENERGIA
- OCDE. (2016). *The economic consequences of outdoor air pollution*. Obtenido de <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/Policy-Highlights-Economic-consequences-of-outdoor-air-pollution-web.pdf>
- OLADE. (2018). *Panorama energético de América Latina y el Caribe 2018*. Recuperado el 05 de noviembre de 2019, de <http://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-america-latina-caribe-2018/>

- Organización de las Naciones Unidas. (abril de 2019). *unenvironment.org*. Obtenido de <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/los-gases-de-efecto-invernadero-le-estan-robando-el-oxigeno>
- Organización Mundial de Salud. (2017). *No contamines mi futuro: el impacto de los factores medioambientales en la salud infantil*. Etchingham: Vivien Stone. Obtenido de <https://www.who.int/ceh/publications/don-t-pollute-my-future/es/>
- Organización Mundial de Salud. (2 de mayo de 2018). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- Organización Mundial de Salud. (14 de junio de 2019). *who.int/es*. Recuperado el 16 de octubre de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- OSINERGMIN. (2013). *Eficiencia energética: Propuestas para la región Tacna*. Obtenido de <http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoTacna/2/6-Regulacion%20RER%20Peru-Riquel%20Mitma.pdf>
- OSINERGMIN. (2013). *osinergmin.gob.pe*. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html>
- OSINERGMIN. (2017). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Obtenido de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf
- OSINERGMIN. (2019). *osinergmin.gob.pe*. Obtenido de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/quienes_somos#
- OSINERGMIN. (2020). *Evolución del coeficiente de electrificación rural y nacional*. Recuperado el 02 de noviembre de 2019, de <http://observatorio.osinergmin.gob.pe/evolucion-coeficiente-electrificacion>

- Pearce, D., & Atkinson, G. (1993). Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability. *Ecological Economics*, 8(2), 103-108. doi:10.1016/0921-8009(93)90039-9
- PNUMA. (2014). *Informe anual de 2013*. Obtenido de http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8607/-UNEP%202013%20Annual%20Report-2014PNUMA_Annual%20Report%202013%20-%20Spanish_LR.pdf?sequence=11&isAllowed=y
- RAE. (2016). *rae.es*. Obtenido de <https://dej.rae.es/lema/energ%C3%ADa-alternativa>
- Resolución Ministerial N° 203-2013-MEM-DM. (24 de mayo de 2013). Plan de Acceso Universal a la energía. Obtenido de <http://www.fise.gob.pe/pags/normas/RM-203-2013-MEM-DM.pdf>
- Resolución Ministerial N° 344-2004-MEM/DM. (27 de agosto de 2019). Resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-el-numeral-863-del-procedimiento-tecnico-del-co-resolucion-no-144-2019-oscd-1802403-1/>
- Reynosa Navarro, E. (2015). *Crisis ambiental global. Causas, consecuencias y soluciones prácticas*. doi:10.13140/RG.2.2.25344.12807
- Rojas Delgado, M. (2016). *Avances en la infraestructura física del Perú*. Obtenido de http://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/ulima/3361/Rojas_Delgado_Mario?sequence=1&isAllowed=y
- Secretaría de Energía. (2006). *Boletín oficial de la República Argentina*. Recuperado el 05 de noviembre de 2019, de http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/mercado_electrico/plan_renovar/ley_26190-2006.pdf
- Secretaría de Energía. (2015). *Boletín oficial de la República Argentina*. Recuperado el 05 de noviembre de 2019, de http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/mercado_electrico/plan_renovar/ley_27191-2016.pdf

- SEMARNAT. (2012). *Huella ecológica, datos y rostros*. Obtenido de https://www.sema.gob.mx/descargas/manuales/HuellaEcologica_SEMARNAT.pdf
- Semarnat. (2013). *Informe del medio ambiente: suelos*. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap3.html>
- Simon Dietz, E. (2007). Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement. *Ecological Economics*, 617-626. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.09.007
- Solarin, S., & Bello, M. (2018). Persistence of policy shocks to an environmental degradation index: The case of ecological footprint in 128 developed and developing countries. *Ecological Indicators*, 35-44. doi:10.1016/j.ecolind.2018.01.064
- Superintendencia de Banca, Seguros y AFP del Perú. (2017). *Encuesta Nacional de Demanda de Servicios Financieros y Nivel de Cultura Financiera en el Perú*. SBS. Obtenido de <https://www.sbs.gob.pe/Portals/0/jer/ESTUDIOS-SOBRE-INCLUSIÓN-FINANCIERA/Informe-de-Resultados.pdf>
- Tazza Marín, C. (2000). Estudio del cambio climático, lluvias ácidas y turbidez ambiental. *Revista de Trabajos de Investigación*, 7 - 14.
- Turner, R. K. (1993). *Sustainable environmental economics and management : principles and practice*. London: Belhaven press. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/321149217_Bateman_IJ_and_Turner_RK_1993_Valuation_of_the_environment_methods_and_techniques_The_contingent_valuation_method_in_Turner_RK_ed_Sustainable_Environmental_Economics_and_Management_Principles_and_Prac
- Uddin, G., Salahuddin, M., Alam, K., & Gow, J. (2017). Ecological footprint and real income: Panel data evidence from the 27 highest emitting countries. *Ecological Indicators*, 77, 166-175. doi:10.1016/j.ecolind.2017.01.003
- Ulucak, R., & Apergis, N. (2018). Does convergence really matter for the environment? An application based on club convergence and on the ecological footprint concept

for the EU countries. *Environmental Science & Policy*, 80, 21-27.
doi:10.1016/j.envsci.2017.11.002

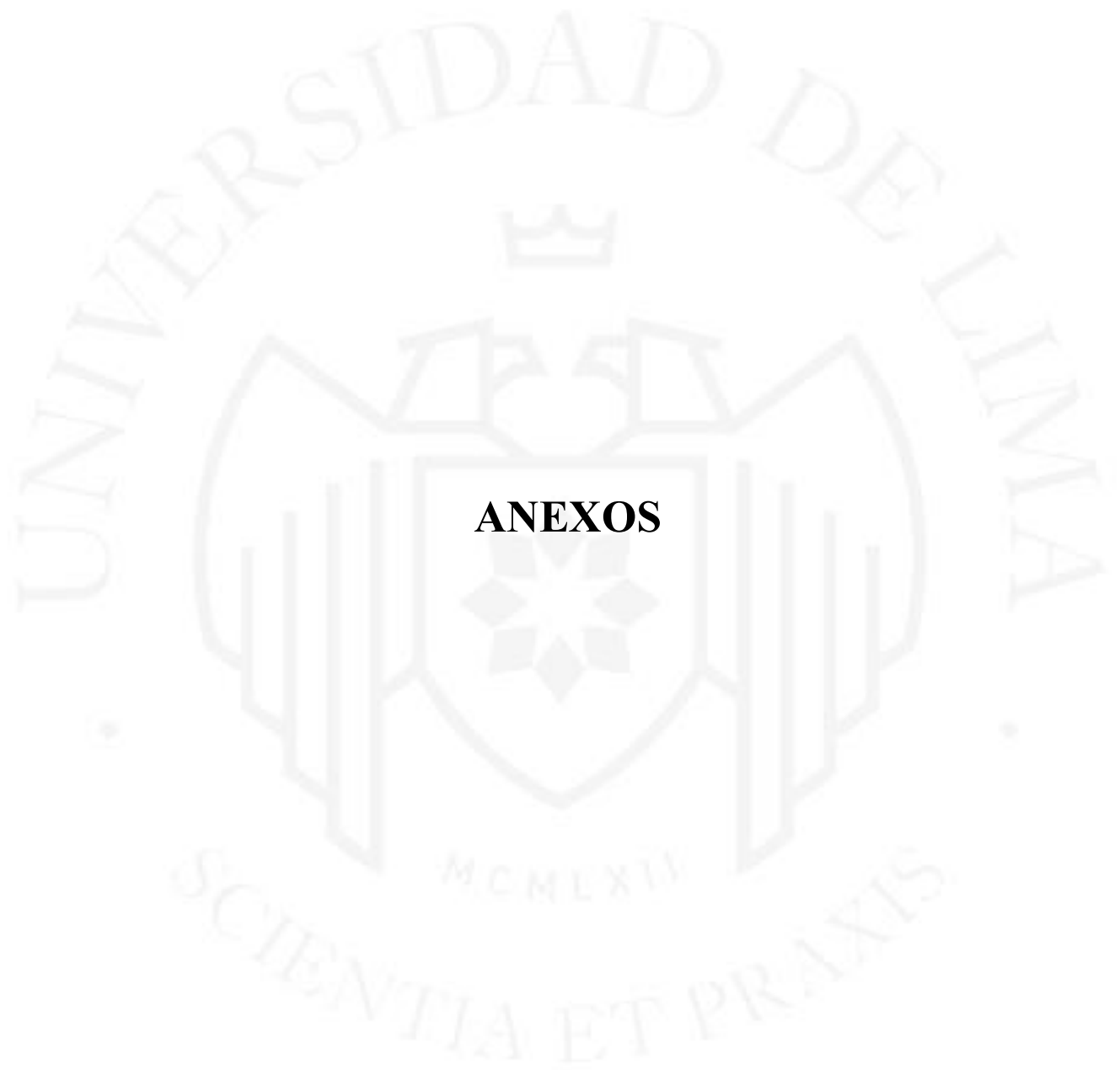
van den Bergh, J., & Verbruggen, H. (1999). Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint'. *Ecological economics*, 29, 61-72.
doi:10.1016/s0921-8009(99)00032-4

Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, C., Alejandro, López Falfán, I. S., . . . Suárez Guerrero, G. (1999). National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological economics*, 29, 375-390.
doi:https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)90063-5

Wang, Z., Bui, Q., Zhang, B., & Pham, T. L. (2020). Biomass energy production and its impacts on the ecological footprint: an investigation of the G7 countries. *The Science of the Total Environment*, 743, 140741.
doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140741

WWF. (2011). *El informe de la Energía Renovable*. Recuperado el 01 de noviembre de 2019, de http://awsassets.panda.org/downloads/informe_energia_renovable_2010_esp_final_opt.pdf

WWF. (2019). *Vivir por encima de los límites de la naturaleza en Europa*. Bruselas. Obtenido de http://awsassets.wwf.es/downloads/wwf_overshoot_europa_esp_.pdf

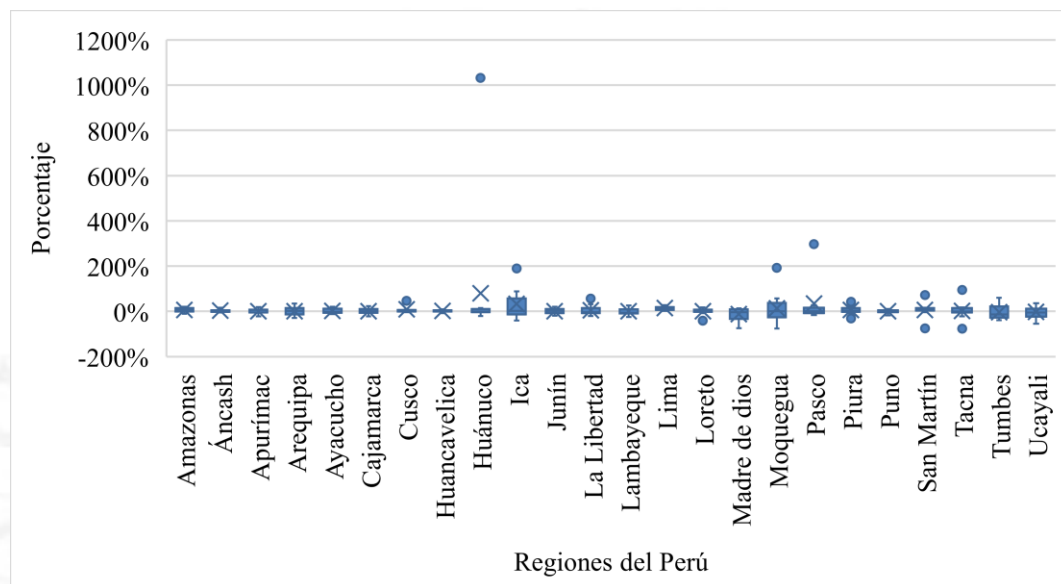


ANEXOS

Anexo 1: Gráficos con datos atípicos

Figura 1

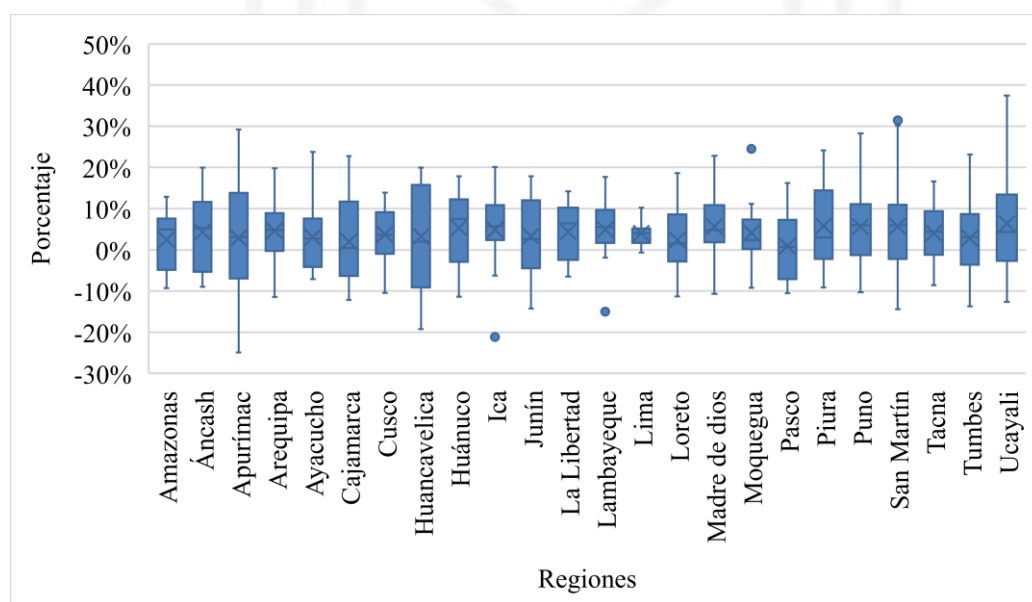
Gráfico de cajas y bigotes de la producción de electricidad por fuentes no renovables y convencionales (2003 – 2016)



Fuente: MINEM (2016)

Figura 2

Gráfico de cajas y bigotes de la variación porcentual de la huella ecológica (2003 – 2016)



Fuente: MINAM (2016)

Anexo 2: Prueba de multicolinealidad

Multicolinealidad

- El comando VIF en Stata es un método que indica si hay presencia de multicolinealidad, en el cual, si sus valores son cercanos a 10, quiere decir que hay una alta y grave multicolinealidad. Por otro lado, si sus valores son cercanos a 1, presenta una leve multicolinealidad (Chumacero Calle, 2015).
- Resultado: se concluye que no hay problemas de multicolinealidad.

Tabla 1

Prueba de multicolinealidad

Variable	VIF	1/VIF
polrer	1.01	0.989605
vpronorenpc	1.01	0.989566
vdesarrollo_finan	1.00	0.999956
Mean VIF	1.01	

Anexo 3: Pruebas del modelo econométrico

1. Prueba de Hausman

- H_0 : los estimadores de efectos aleatorios y de efectos fijos no difieren sustancialmente.
- Resultado: no se rechaza la hipótesis nula (H_0), en otras palabras, ello quiere decir que se prefiere al modelo de efectos aleatorios al de efectos fijos.

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\begin{aligned} \text{chi2(3)} &= (b-B)' [(V_b-V_B)^{-1}] (b-B) \\ &= 0.79 \\ \text{Prob>chi2} &= 0.8523 \end{aligned}$$

2. Prueba de autocorrelación

- H_0 : No hay problemas de autocorrelación en los residuos.
- Resultado: no se rechaza H_0 ; ya que el p_{valor} es mayor a 0.05. Entonces, se concluye que no hay problemas de autocorrelación.

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H_0 : no first-order autocorrelation

$$\begin{aligned} F(1, 21) &= 1.120 \\ \text{Prob} > F &= 0.3018 \end{aligned}$$

3. Prueba de heterocedasticidad

- H_0 : Los errores son homocedásticos.
- Resultado: el p_{valor} es mayor a 0.05, entonces se acepta H_0 . Por lo tanto, se tiene como resultado que los errores no tienen problemas de heterocedasticidad.

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

$$vhepc[\text{code},t] = Xb + u[\text{code}] + e[\text{code},t]$$

Estimated results:

	Var	sd = sqrt(Var)
vhepc	.0087298	.0934332
e	.0091188	.0954926
u	0	0

Test: Var(u) = 0

chibar2(01) = 0.00
Prob > chibar2 = 1.0000

4. Prueba de Pesaran

- H_0 : Hay ausencia de dependencia de los residuos en el corte transversal.
- Resultado: el p_valor es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, los residuos son independientes entre sí en los distintos individuos.

Pesaran's test of cross sectional independence = 13.954, Pr = 0.0000

Average absolute value of the off-diagonal elements = 0.320

Anexo 4: Resultados econométricos incluyendo la variación del PBI per cápita y sin Apurímac

Tabla 2

Resultados econométricos con 23 regiones del Perú

```

Random-effects GLS regression           Number of obs   =       299
Group variable: code                   Number of groups =        23

R-sq:                                  Obs per group:
    within = 0.0278                    min =          13
    between = 0.0014                   avg =         13.0
    overall = 0.0260                   max =          13

                                         Wald chi2(3)    =    3494.62
corr(u_i, X) = 0 (assumed)             Prob > chi2     =      0.0000

                                         (Std. Err. adjusted for 23 clusters in code)
    
```

vhepc	Robust		z	P> z	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
vpbipc	.1484729	.0625644	2.37	0.018	.0258489	.2710968
polrer	-.0165081	.0070411	-2.34	0.019	-.0303085	-.0027077
vdesarrollo_f~c	-.0001431	5.15e-06	-27.81	0.000	-.0001532	-.000133
_cons	.0391176	.0070595	5.54	0.000	.0252812	.0529539
sigma_u	0					
sigma_e	.0923748					
rho	0	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: Elaboración propia

Para los resultados econométricos incluyendo la variación del PBI per cápita se eliminó la región Apurímac puesto que tiene el mayor outlier.

Anexo 5: Efectos fijos de las 24 regiones del Perú

Tabla 3

Efectos fijos de las 24 regiones del Perú

Linear regression	Number of obs	=	312
	F(26, 285)	=	42.79
	Prob > F	=	0.0000
	R-squared	=	0.0397
	Root MSE	=	.09494

vhepc	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
vprodnoren	-.0079641	.0080357	-0.99	0.322	-.0237809 .0078528
polrer	-.0193117	.0131499	-1.47	0.143	-.045195 .0065716
vdesarrollo_f~c	-.0001664	.0000354	-4.71	0.000	-.000236 -.0000968
code					
2	.0173808	.0321294	0.54	0.589	-.0458602 .0806219
3	.0076376	.0437229	0.17	0.861	-.0784231 .0936984
4	.0078716	.0286982	0.27	0.784	-.0486158 .0643589
5	.0044404	.0313937	0.14	0.888	-.0573526 .0662333
6	-.0025377	.0352683	-0.07	0.943	-.0719571 .0668817
7	.0094206	.0287934	0.33	0.744	-.0472541 .0660953
8	.0384754	.0426625	0.90	0.368	-.0454981 .122449
9	.0389348	.0296838	1.31	0.191	-.0194925 .0973621
10	.0103258	.0360629	0.29	0.775	-.0606576 .0813093
11	.0066462	.034523	0.19	0.847	-.0613062 .0745986
12	.0079073	.0276756	0.29	0.775	-.0465672 .0623818
13	.0176991	.0297596	0.59	0.552	-.0408773 .0762756
14	.0036452	.021592	0.17	0.866	-.0388549 .0461452
15	-.0070041	.032378	-0.22	0.829	-.0707344 .0567261
16	.0014264	.03125	0.05	0.964	-.0600836 .0629364
17	.0082887	.0301465	0.27	0.784	-.0510493 .0676267
18	-.0081889	.0304673	-0.27	0.788	-.0681583 .0517805
19	.0248031	.0344322	0.72	0.472	-.0429706 .0925767
20	.0363846	.0347202	1.05	0.296	-.031956 .1047252
21	.021941	.0432585	0.51	0.612	-.0632056 .1070876
22	.0022665	.0278814	0.08	0.935	-.0526131 .0571461
23	-.0087902	.0340154	-0.26	0.796	-.0757436 .0581631
24	.0215015	.0413273	0.52	0.603	-.059844 .102847
_cons	.0372714	.0224388	1.66	0.098	-.0068955 .0814383

Anexo 6: Datos de las variables principales

Tabla 1.

Datos regionales de la huella ecológica total y per cápita, y la producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales total y per cápita

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Amazonas	2003	410,757.36	1.014626565	35.19	0.0000869
	2004	437,632.80	1.077462146	33.27	0.0000819
	2005	400,668.00	0.983917666	39.33	0.0000966
	2006	431,667.96	1.058484467	47.45	0.000116351
	2007	487,304.40	1.194686842	50.11	0.000122851
	2008	502,613.67	1.232832961	49.73	0.00012198
	2009	509,693.32	1.250931572	54.97	0.000134912
	2010	462,911.68	1.136202641	55.98	0.00013741
	2011	511,023.18	1.254515634	62.61	0.000153701
	2012	463,433.88	1.138465174	66.46	0.000163273
	2013	486,508.64	1.195467477	70.81	0.000173997
	2014	480,079.08	1.178406027	69.5	0.000170593
	2015	507,154.80	1.240742653	62.32	0.00015247
	2016	545,270.63	1.325	74.54	0.00018112
Áncash	2003	1,284,540.00	1.175034966	1,552.64	0.00142028
	2004	1,540,531.85	1.408152812	1,584.54	0.001448379
	2005	1,636,897.38	1.494843863	1,680.13	0.001534325
	2006	1,875,895.64	1.711735108	1,628.66	0.001486135
	2007	1,799,240.72	1.641437813	1,653.51	0.001508488
	2008	1,853,848.08	1.691073774	1,688.84	0.001540554
	2009	1,686,970.48	1.538103586	1,637.27	0.001492789
	2010	1,908,813.15	1.738043431	1,702.29	0.001549996
	2011	2,088,393.12	1.89828552	1,610.84	0.001464203
	2012	1,908,670.79	1.731820722	1,658.48	0.001504811
	2013	2,101,529.70	1.901953876	1,611.71	0.00145865
	2014	1,964,943.48	1.771251784	1,671.19	0.001506457
	2015	2,021,595.84	1.81122074	1,923.65	0.001723464
	2016	2,127,962.70	1.888671763	2,255.75	0.002002088

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Apurímac	2003	453,495.56	1.035245631	33.52	0.0000765
	2004	508,036.02	1.159798967	31.93	0.0000729
	2005	381,265.28	0.871172774	33.95	0.0000776
	2006	492,680.00	1.128206772	35.77	0.0000819
	2007	487,024.71	1.119298555	38.13	0.0000876
	2008	490,072.77	1.131324423	44.86	0.000103559
	2009	439,759.98	1.019898836	42.12	0.0000977
	2010	464,685.52	1.082229457	36.708302	0.0000855
	2011	485,314.20	1.135208685	39.022836	0.0000913
	2012	451,881.00	1.062259636	38.526881	0.0000906
	2013	527,015.84	1.24462922	40.99819576	0.0000968
	2014	543,415.88	1.287663483	39.55791317	0.0000937
	2015	628,597.10	1.491170833	42.803088	0.000101538
	2016	584,637.98	1.383647197	33.508846	0.0000793
Arequipa	2003	2,121,493.52	1.87246338	1,033.43	0.000912121
	2004	2,089,737.39	1.827616917	1,164.73	0.001018635
	2005	2,298,981.33	1.990346292	884.05	0.000765368
	2006	2,313,111.24	1.981112453	1,203.65	0.001030891
	2007	2,491,241.13	2.110809868	1,093.62	0.000926616
	2008	2,719,884.96	2.278853822	1,038.62	0.000870207
	2009	2,687,856.91	2.22502685	863.28	0.000714629
	2010	2,789,604.72	2.27873696	991.75	0.000810128
	2011	2,968,042.73	2.390633114	1,158.73	0.000933306
	2012	2,627,479.61	2.085821078	1,226.17	0.000973395
	2013	3,147,905.00	2.460332968	1,271.03	0.00099341
	2014	3,246,609.00	2.494191299	916.31	0.000703952
	2015	3,526,941.70	2.657618683	897.91	0.00067659
	2016	3,695,716.74	2.722555585	1,068.56	0.000787188

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Ayacucho	2003	654,206.30	1.04054839	15.12	0.000024
	2004	693,807.65	1.092531328	15.17	0.0000239
	2005	660,465.36	1.03191263	14.62	0.0000228
	2006	613,242.63	0.953175523	13.95	0.0000217
	2007	759,053.57	1.176453329	13.18	0.0000204
	2008	806,662.09	1.24863141	12.17	0.0000188
	2009	777,996.12	1.20367435	13.32	0.0000206
	2010	839,426.22	1.298149368	11.667875	0.000018
	2011	862,504.00	1.334482401	12.142781	0.0000188
	2012	805,895.09	1.249269625	13.870924	0.0000215
	2013	889,163.88	1.381143917	16.309438	0.0000253
	2014	953,608.60	1.482482888	19.675821	0.0000306
	2015	950,346.66	1.474956093	19.232815	0.0000298
	2016	928,541.34	1.433389842	17.991703	0.0000278
Cajamarca	2003	1,381,005.12	0.954074123	776.67	0.000536566
	2004	1,694,921.67	1.170008077	723.82	0.000499655
	2005	1,706,303.43	1.177834847	680.40	0.00046967
	2006	1,643,888.96	1.136067008	760.49	0.000525563
	2007	1,609,611.72	1.115191547	826.31	0.000572495
	2008	1,752,521.84	1.2181948	1,017.95	0.000707587
	2009	1,597,680.13	1.114371597	958.99	0.000668889
	2010	1,830,712.48	1.280675262	813.93	0.000569383
	2011	1,839,132.92	1.290524502	777.86	0.000545828
	2012	1,695,559.04	1.194091821	894.96	0.000630273
	2013	1,945,297.92	1.37442597	935.60	0.000661035
	2014	1,708,071.68	1.209168682	935.84	0.000662494
	2015	1,759,218.25	1.245017364	989.67	0.000700403
	2016	1,673,105.95	1.179658387	768.31	0.000541711

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Cusco	2003	1,654,169.51	1.375583574	742.78	0.000617685
	2004	1,705,006.80	1.414708596	753.17	0.000624934
	2005	1,694,715.90	1.402442645	807.92	0.000668585
	2006	1,782,655.20	1.471122866	813.92	0.000671681
	2007	1,596,803.84	1.314602142	816.36	0.000672085
	2008	1,797,181.10	1.475933781	828.32	0.000680257
	2009	2,037,981.47	1.668716256	865.97	0.000709063
	2010	2,116,071.72	1.725847292	837.4271258	0.000682997
	2011	2,182,018.00	1.771729696	869.3801578	0.000705909
	2012	2,261,306.25	1.827573673	866.2938498	0.000700133
	2013	2,575,205.82	2.069811634	862.9257898	0.000693573
	2014	2,722,316.48	2.172770639	837.7907189	0.000668668
	2015	2,633,458.00	2.082784387	1367.132428	0.001081256
	2016	2,597,364.75	2.028961366	2025.574293	0.001582301
Huancavelica	2003	299,794.85	0.63900888	7,117.46	0.015170775
	2004	270,911.40	0.574772191	6,597.94	0.013998349
	2005	241,447.86	0.512381209	6,788.84	0.01440673
	2006	289,546.74	0.618188988	7,324.37	0.015637699
	2007	338,465.23	0.730592477	7,154.32	0.015442923
	2008	388,191.00	0.850209053	6,688.34	0.014648684
	2009	377,376.00	0.840544718	7,083.95	0.015778366
	2010	428,123.70	0.970588555	7,084.63	0.01606139
	2011	436,473.31	1.009464593	7,099.23	0.01641892
	2012	435,222.00	1.030420979	7,243.60	0.017149768
	2013	467,973.12	1.135964618	7,270.69	0.017648976
	2014	427,411.86	1.063126311	7,069.90	0.017585365
	2015	509,811.89	1.29567185	7,194.88	0.018285577
	2016	411,541.60	1.064096888	7,409.23	0.019157571

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Huánuco	2003	556,272.00	0.710213649	36.56	0.0000467
	2004	655,605.72	0.83371363	34.7	0.0000441
	2005	614,936.40	0.780409815	33.71	0.0000428
	2006	660,953.90	0.839172272	36.56	0.0000464
	2007	747,924.60	0.952178264	35.16	0.0000448
	2008	722,670.21	0.923929849	27.74	0.0000355
	2009	770,403.32	0.989862841	31.75	0.0000408
	2010	851,739.96	1.099764305	30.9236846	0.0000399
	2011	967,502.64	1.256353352	29.6531896	0.0000385
	2012	992,361.12	1.297677349	29.1493326	0.0000381
	2013	1,085,073.92	1.429020602	30.5311976	0.0000402
	2014	1,059,250.16	1.40333536	30.5562804	0.0000405
	2015	1,178,950.76	1.567441016	33.8173296	0.000045
	2016	1,045,062.70	1.389252878	382.9118273	0.000509023
Ica	2003	1,262,707.36	1.805520999	76.58	0.0001095
	2004	1,516,545.34	2.147926056	90.55	0.000128249
	2005	1,628,138.82	2.280383122	172.78	0.000241997
	2006	1,741,408.48	2.40882366	166.97	0.000230963
	2007	1,372,409.90	1.87406533	99.99	0.000136539
	2008	1,461,534.00	1.968531172	293.74	0.000395637
	2009	1,478,174.00	1.961395054	232.47	0.000308465
	2010	1,546,989.66	2.019096921	178.74	0.000233289
	2011	1,767,888.72	2.267108216	543.78	0.00069733
	2012	1,656,920.86	2.086050692	555.75	0.000699683
	2013	1,751,320.89	2.161927046	642.93	0.000793665
	2014	1,815,936.76	2.19424421	828.93	0.001001623
	2015	1,889,208.00	2.229764372	797.37	0.000941111
	2016	2,202,715.75	2.531374184	832.12	0.000956283

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Junín	2003	1,614,665.39	1.280673441	2366.81	0.001877238
	2004	1,902,486.15	1.502578016	2370.09	0.00187189
	2005	1,630,194.80	1.282870453	2194.12	0.001726647
	2006	1,782,310.50	1.398903284	2410.34	0.001891832
	2007	1,923,208.48	1.50733717	2231.03	0.001748596
	2008	2,206,765.16	1.72816262	2283.51	0.001788263
	2009	2,080,651.30	1.628115084	1835.23	0.001436072
	2010	2,135,024.16	1.66843341	2215.285902	0.001731155
	2011	2,150,997.76	1.678771179	2595.773845	0.002025902
	2012	1,929,254.22	1.504452499	2630.4425	0.002051246
	2013	2,249,817.57	1.752157525	2752.985468	0.002144025
	2014	2,387,093.92	1.854126975	2578.131045	0.002002511
	2015	2,404,393.74	1.858418315	2894.606054	0.002237316
	2016	2,327,190.23	1.783790546	2475.535506	0.001897497
La Libertad	2003	2,308,968.40	1.45182984	229.95	0.000144588
	2004	2,633,206.32	1.637230121	223.03	0.000138672
	2005	2,801,409.21	1.722531124	209.25	0.000128664
	2006	2,872,725.55	1.747587059	190.20	0.000115706
	2007	3,280,315.35	1.975771034	172.86	0.000104116
	2008	3,577,595.70	2.133930102	163.86	0.0000977
	2009	3,346,645.50	1.976224627	257.90	0.000152292
	2010	3,301,665.57	1.928653375	343.18	0.000200464
	2011	3,679,896.48	2.12603003	416.92	0.000240869
	2012	3,547,484.82	2.027351978	330.85	0.000189078
	2013	3,828,122.36	2.16254397	345.02	0.000194907
	2014	3,600,441.60	2.007468876	335.31	0.000186957
	2015	3,607,701.60	1.980847442	332.77	0.000182711
	2016	3,907,685.65	2.105683674	367.11	0.000197817

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Lambayeque	2003	1,925,658.36	1.7283096	92.73	0.0000832
	2004	2,265,915.49	2.021595559	134.13	0.000119668
	2005	2,371,022.92	2.102520535	100.9	0.0000895
	2006	2,419,046.24	2.132518872	102.1	0.00009
	2007	2,372,528.38	2.080506419	118.35	0.000103783
	2008	2,549,220.60	2.223932644	122.24	0.000106642
	2009	2,165,945.55	1.879122005	111.43	0.0000967
	2010	2,427,253.89	2.092398921	103.1903632	0.000089
	2011	2,717,237.16	2.326676577	95.3901502	0.0000817
	2012	2,753,542.40	2.341951457	95.38561211	0.0000811
	2013	2,950,919.16	2.491103755	90.18660163	0.0000761
	2014	3,138,375.99	2.62568478	84.37708232	0.0000706
	2015	3,290,296.50	2.722241022	107.0388259	0.0000886
	2016	3,470,192.50	2.829758682	87.39708177	0.0000713
Lima	2003	22,589,485.00	2.5167018	4,046.36	0.000450806
	2004	24,904,756.37	2.738417428	4,774.61	0.000524995
	2005	26,902,710.72	2.91976425	6,128.20	0.000665097
	2006	27,987,272.45	2.999440505	6,414.50	0.000687452
	2007	29,461,569.84	3.120225305	9,653.90	0.001022428
	2008	30,961,665.79	3.241106258	11,481.77	0.001201926
	2009	30,913,671.36	3.19760765	12,590.98	0.001302369
	2010	31,974,747.36	3.265437636	15,176.24	0.001549881
	2011	33,073,226.64	3.334238975	17,798.94	0.00179438
	2012	33,062,177.61	3.290849821	19,541.72	0.001945089
	2013	34,623,288.84	3.400117946	21,799.33	0.002140764
	2014	36,010,020.42	3.483634562	24,989.47	0.002417499
	2015	37,861,495.34	3.599905199	25,782.24	0.002451399
	2016	37,622,086.58	3.503801869	27,495.96	0.00256074

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Loreto	2003	1,460,236.32	1.640268961	656.54	0.000737485
	2004	1,419,334.95	1.580274885	683.91	0.000761459
	2005	1,440,660.26	1.591168929	691.09	0.00076329
	2006	1,685,504.58	1.848866748	742.38	0.000814333
	2007	1,558,783.05	1.700360136	733.19	0.000799782
	2008	1,848,924.56	2.007017314	833.96	0.000905268
	2009	1,796,198.30	1.940455654	919.2	0.000993023
	2010	1,760,234.09	1.891598005	1090.213119	0.001171574
	2011	1,891,174.50	2.021982622	1102.651232	0.001178919
	2012	1,923,280.23	2.047000969	1071.79806	0.001140745
	2013	1,995,593.60	2.113454624	1089.478907	0.001153824
	2014	2,191,701.84	2.306464599	1108.118824	0.001166143
	2015	2,130,712.60	2.222944803	1022.944611	0.001067225
	2016	1,889,044.01	1.947028463	607.3747161	0.000626018
Madre de dios	2003	192,445.50	1.889833255	18.23	0.00017902
	2004	227,375.26	2.171662735	20.73	0.000197992
	2005	203,045.65	1.885937137	22.95	0.000213165
	2006	249,347.60	2.2529306	25.26	0.000228232
	2007	255,573.16	2.247705973	29.23	0.000257071
	2008	283,533.77	2.427328117	34.05	0.007139518
	2009	303,211.17	2.525475966	8.72	0.0000726
	2010	306,592.99	2.481971618	4.98	0.0000404
	2011	339,622.92	2.671734858	5.31	0.0000417
	2012	348,454.47	2.664371287	4.74	0.0000362
	2013	361,217.76	2.682343296	4.72	0.000035
	2014	343,308.80	2.471590042	4.04	0.0000291
	2015	359,767.92	2.504667395	2.21	0.0000154
	2016	377,251.04	2.531138726	1.75	0.0000117

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Moquegua	2003	277,212.25	1.743681635	1447.47	0.009104673
	2004	251,724.38	1.567829169	1713.42	0.010671791
	2005	270,935.79	1.671524841	1368.12	0.008440548
	2006	269,107.60	1.645817381	1383.68	0.008462357
	2007	335,059.42	2.033275603	1196.89	0.007263211
	2008	338,584.32	2.039541714	1558.46	0.009387748
	2009	355,666.50	2.126390774	1438.02	0.008597359
	2010	395,368.05	2.344505622	1622.601642	0.009621917
	2011	403,078.35	2.370658656	1009.843087	0.005939275
	2012	384,689.80	2.244686016	704.9371094	0.004113347
	2013	404,725.44	2.341605522	1038.016142	0.006005613
	2014	414,379.84	2.373717363	245.557127	0.00140664
	2015	443,973.42	2.512312881	389.574966	0.002204488
	2016	449,587.70	2.504555217	1157.468945	0.006448008
Pasco	2003	340,899.56	1.203966703	96.87	0.000342119
	2004	363,513.21	1.275789346	87.15	0.000305862
	2005	333,272.59	1.165382496	346.94	0.001213174
	2006	387,244.20	1.353470669	936.54	0.003273334
	2007	356,613.75	1.249316861	884.00	0.003096897
	2008	333,979.08	1.175010396	882.71	0.003105564
	2009	360,198.92	1.274025714	927.05	0.003278981
	2010	401,348.35	1.427427455	791.87	0.002816358
	2011	392,768.95	1.406231696	1,002.62	0.003589688
	2012	404,723.76	1.461270693	1,009.64	0.003645355
	2013	395,745.24	1.441453308	1,054.46	0.003840743
	2014	410,703.68	1.507529062	1,019.76	0.003743147
	2015	413,654.88	1.526249709	1,005.04	0.003708274
	2016	370,074.83	1.367365845	835.41	0.003086693

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Piura	2003	2,460,603.60	1.471307923	556.8	0.000332936
	2004	3,055,374.14	1.813597012	793.99	0.000471293
	2005	2,864,206.93	1.687112154	765.49	0.000450899
	2006	2,890,670.64	1.689628578	866.93	0.00050673
	2007	3,330,218.86	1.932456025	881.2	0.000511342
	2008	3,480,388.00	2.004891852	1031.3	0.000594085
	2009	3,369,198.72	1.925735094	929.67	0.000531372
	2010	3,326,763.40	1.884874211	1061.854573	0.000601624
	2011	3,961,703.22	2.224030434	1108.203013	0.000622126
	2012	3,599,214.00	2.001751915	1146.47403	0.000637627
	2013	3,701,828.88	2.037963858	797.709677	0.000439162
	2014	4,207,840.80	2.289562725	915.4718436	0.000498125
	2015	4,333,703.15	2.325515697	1117.39031	0.000599605
	2016	4,865,627.97	2.566409727	1129.047811	0.000595524
Puno	2003	962,792.32	0.744786008	765.68	0.000592306
	2004	1,037,309.49	0.798226949	823.35	0.000633582
	2005	1,060,951.26	0.81411176	789.65	0.000605931
	2006	1,214,790.18	0.932286776	802.81	0.000616114
	2007	1,304,731.89	1.004108757	795.20	0.000611978
	2008	1,382,442.88	1.068822553	773.37	0.000597924
	2009	1,394,311.36	1.084022832	767.42	0.000596639
	2010	1,609,502.37	1.258465894	627.53	0.000490665
	2011	1,733,235.04	1.364334106	778.45	0.000612769
	2012	1,625,003.96	1.289847425	742.45	0.000589318
	2013	2,084,526.00	1.668937258	815.34	0.000652783
	2014	2,145,818.88	1.731028177	808.45	0.000652178
	2015	1,925,226.88	1.560936971	831.99	0.000674559
	2016	1,859,949.03	1.509970979	748.30	0.000607493

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
San Martín	2003	859,949.58	1.198544352	94.28	0.000131402
	2004	1,130,063.88	1.555424173	105.28	0.000144908
	2005	968,239.78	1.316843921	116.35	0.000158241
	2006	962,442.59	1.294567858	120.69	0.000162338
	2007	1,038,113.16	1.382469797	137.22	0.000182738
	2008	1,350,973.72	1.782092093	153.86	0.000202959
	2009	1,156,531.50	1.511067138	166.79	0.00021792
	2010	1,229,203.24	1.589767213	178.00039	0.000230214
	2011	1,398,724.80	1.79082161	44.776691	0.0000573
	2012	1,354,839.36	1.717900439	52.10894	0.0000661
	2013	1,464,329.19	1.83781328	50.283259	0.0000631
	2014	1,551,202.40	1.92420347	58.969359	0.0000731
	2015	1,530,237.80	1.871754356	62.057079	0.0000759
	2016	1,600,533.55	1.923810704	108.191972	0.000130045
Tacna	2003	546,577.06	1.948428501	178.10	0.000634888
	2004	600,619.78	2.114039562	202.90	0.00071416
	2005	549,018.95	1.907753238	195.53	0.000679436
	2006	576,300.48	1.977403746	46.91	0.000160958
	2007	637,438.88	2.160956268	92.37	0.00031314
	2008	743,380.82	2.490071013	108.58	0.000363706
	2009	754,126.26	2.494868049	102.42	0.000338835
	2010	816,053.55	2.664012242	100.31	0.000327465
	2011	804,755.04	2.591595008	96.64	0.000311204
	2012	795,974.30	2.528716794	107.03	0.000340015
	2013	866,517.60	2.713531998	110.47	0.000345947
	2014	904,722.44	2.788385784	111.35	0.000343174
	2015	892,197.18	2.700174867	87.52	0.000264862
	2016	892,983.72	2.644858928	104.41	0.00030923

(continúa)

(continuación)

Región	Año	Huella ecológica total (hag)	Huella ecológica per cápita (hag)	Producción eléctrica por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)	Producción eléctrica per cápita por fuentes no renovables y convencionales (GW.h)
Tumbes	2003	441,141.75	2.251722703	41.19	0.000210246
	2004	543,377.12	2.742528239	49.17	0.00024817
	2005	571,700.12	2.852980084	63.78	0.000318284
	2006	579,950.00	2.862325099	55.58	0.000274313
	2007	539,642.88	2.635747192	41.16	0.000201035
	2008	609,006.76	2.943995862	51.79	0.000250358
	2009	525,420.97	2.512869789	37.7	0.000180303
	2010	589,184.68	2.785400755	60.772989	0.000287307
	2011	616,212.30	2.878864455	38.071364	0.000177865
	2012	552,309.34	2.550057667	23.511986	0.000108557
	2013	550,922.40	2.511922598	18.251103	0.0000832
	2014	567,823.96	2.552763549	16.006032	0.000072
	2015	570,444.00	2.522983295	15.144107	0.000067
	2016	598,573.04	2.59574256	16.41701	0.0000712
Ucayali	2003	692,555.68	1.646413674	910.76	0.002165151
	2004	776,770.72	1.821020166	1,254.22	0.002940327
	2005	678,730.08	1.568107127	1,380.42	0.00318926
	2006	681,668.52	1.551612846	1,238.89	0.00281996
	2007	781,807.84	1.753675526	1,196.53	0.00268394
	2008	938,670.72	2.074401262	1,292.10	0.002855457
	2009	907,190.46	1.973800869	1,066.92	0.002321329
	2010	966,940.00	2.068878457	786.70	0.001683233
	2011	1,329,209.82	2.795229345	508.42	0.001069174
	2012	1,303,891.68	2.694369622	908.86	0.001878083
	2013	1,247,966.64	2.531593303	412.23	0.000836242
	2014	1,390,645.76	2.764857209	398.70	0.000792686
	2015	1,362,655.25	2.649312327	465.24	0.000904528
	2016	1,421,485.10	2.693650377	392.29	0.00074337

Fuente: MINAM (2016) Y MINEM (2016)