

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS



TRABAJO DE GRADO DE ESPECIALIZACIÓN EN:

FORMACIÓN POLÍTICA CON PERSPECTIVA ECONÓMICA

“IMPACTO DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA EN LA SOSTENIBILIDAD
AMBIENTAL DE EL SALVADOR, PERÍODO (2010-2019)”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR:

PEDRO ANTONIO PORTILLO GUEVARA	L10801
ERIKA MAGALY SÁNCHEZ TREJO	L10801
IRVING ALEXANDER SARAVIA GUEVARA	L10801

ABRIL 2022

SAN SALVADOR,

EL SALVADOR,

CENTROAMÉRICA.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MSc. Roger Armando Arias Alvarado

SECRETARIO GENERAL

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

**DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS**

MSc. Nixon Hernández Vásquez

**SECRETARIA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS**

LICDA. Vilma Marisol Mejía Trujillo

**DIRECTORA DE LA ESCUELA DE
ECONOMÍA**

LICDA. Celina Amaya de Calderón

**DIRECTOR GENERAL DEL PROCESO
DE GRADUACIÓN**

LIC. Mauricio Ernesto Magaña

**COORDINACIÓN DE PROCESO DE
GRADUACIÓN DE LA ESCUELA DE
ECONOMÍA**

MSc. Gladys de Carmen Flores

DOCENTE ASESOR

MSc. Kenny Jazmín Mendoza de Escobar

TRIBUNAL CALIFICADOR

LIC. Mauricio Esaú Flores Granados

MSc. Kenny Jazmín Mendoza de Escobar

LIC. Sandra Teresa Pérez Avelar

ABRIL 2022

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

CONTENIDO

Resumen Ejecutivo	i
Introducción	iv
CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Objetivo General y Específico	1
1.2. Hipótesis General y Específicas.....	1
1.3. Metodología de abordaje de la investigación.....	2
1.4. Definición Teórica Conceptual de Desarrollo Sostenible, Sostenibilidad Ambiental y Política Pública	5
1.4.1. Definición de Desarrollo Sostenible y Sostenibilidad Ambiental	6
1.4.2. Definición de políticas públicas.....	14
1.5. Marco Legal	16
1.6. Marco Contextual.....	18
CAPÍTULO II. IMPACTO DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DE EL SALVADOR	30
2.1. Diagnóstico	31
2.1.1. Componentes de la Política Energética relacionados con la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador.....	31
2.1.2. Mercado Energético en El Salvador	34
2.1.3. Producción y Consumo de Energía eléctrica	38
2.1.4. Situación actual de la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador	45

2.2. Medición del Impacto de la política energética sobre las emisiones de CO ₂	54
2.2.1. Modelo teórico utilizado en la medición	55
2.2.2. Resultados de la medición	58
CAPÍTULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
3.1. Conclusiones	64
3.2. Recomendaciones	69
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	76

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Ley de la termodinámica	10
Ilustración 2. Índice de Riesgo 2020	47

Índice de Gráficos

Gráfico No. 1. Composición de la Matriz Energética, Costa Rica 2014 y 2019 (% del total de generación de energía)	23
Gráfico No. 2. Evolución de las emisiones de CO ₂ Costa Rica por sectores del 2005 al 2019 (kilotones)	24
Gráfico No. 3. Composición de la Matriz Energética de Uruguay 2005 y 2017 (% del total de generación de energía)	26
Gráfico No. 4. Emisiones de CO ₂ y N ₂ O Uruguay para el periodo 1990-2017 (kilotones)	28
Gráfico No. 5. Cobertura eléctrica total, urbana y rural de El Salvador (2000-2020)	35
Gráfico No. 6. Tarifa de energía eléctrica de El Salvador por KWh 2002-2020 (US\$)	36

Gráfico No. 7. Inyección de Energía Eléctrica por empresa en el Mercado Mayorista, 2020 (Porcentaje).....	37
Gráfico No. 8. Participación de mercado de las empresas distribuidoras, 2020 (porcentaje del total de generación).....	38
Gráfico No. 9. Generación neta de energía por tipo de central eléctrica 1985- 2020 (porcentaje)	40
<i>Gráfico No. 10. Generación de Energía Renovable y no Renovable 1985 - 2020 (Porcentaje) .</i>	43
Gráfico No. 11. Consumo de energía eléctrica y el PIB 1985 – 2019 (MWh y US\$ millones) ..	45
Gráfico No. 12. Tipos de residuos generados por las municipalidades para el 2015 (% del total de desechos)	48
Gráfico No. 13. Emisiones totales GEI, emisiones totales de CO ₂ y emisiones totales de CO ₂ del sector energético de El Salvador 2000 - 2019 (en Kt/ %).....	53
Índice de Cuadros	
Cuadro No. 1. Modelo $\text{LogCO2t} = C + \text{LogPIBt} + \text{LogENRt} + \text{LogERt}$	59
Cuadro No. 2. Test de autocorrelación y Heterocedasticidad	60
Cuadro No. 3. Modelo MCO corregido.....	61
Cuadro No. 4. Comparación de resultados	63

Agradecimientos

Gracias a DIOS que me permitió culminar la carrera.

Agradecer a mi madre, pilar importante el proceso universitario, sin ella esto no hubiese sido posible, infinitas gracias madre. A mi familia en general que ha sido el apoyo fundamental, apoyo emocional que me ha dado las fuerzas necesarias para continuar y culminar mi carrera.

A mis amigos, los que iniciaron, los que siguen y los nuevos, gracias por el apoyo incondicional, gracias por los consejos y por dar el último apoyo que necesitaba. Y gracias a este equipo de trabajo que con los años nos hicimos amigos.

Muchas Gracias a todos que estuvieron en el proceso. ¡Infinitas gracias!

“La mayor gloria no es nunca caer, sino levantarse siempre”

(Nelson Mandela)

Pedro Antonio Portillo Guevara

Al creador del universo, por su infinita bondad.

Papi y mami, esto es por y para ustedes, gracias por apoyarme y brindarme todo lo que siempre necesité y más, por su amor, esfuerzo y oraciones, sin ustedes esto no sería posible; no hay palabras ni textos suficientes para expresarles mi amor y agradecimiento.

Gracias a mi hermana por ser mi soporte incondicional cuando lo necesité, a mi hermano, sobrinas y sobrino por creer en mí. A mi mejor amiga, que siempre ha confiado en mí y ha animado a continuar. A mis compañeros de clase que, en los últimos años de formación, se convirtieron en mis amigos. Para el ser más pequeño de mi familia por su ternura.

Feet, don't fail me now, take me to the finish line, the road is long, we carry on.

Try to have fun in the meantime. (Woolridge Grant, 2012)

Erika Magaly Sánchez Trejo.

Primeramente, dar gracias a Dios por haberme permitido vivir toda esta experiencia universitaria de la mejor manera, dándome la templanza y entendimiento para comprender toda la sabiduría de la universidad.

Agradezco especialmente a mis padres y hermanos ya que fueron el motor principal para poder lograr esta hazaña que sin su apoyo, comprensión y fortaleza todo esto no hubiera sido posible además de mis mejores amigas que siempre estuvieron para darme ánimos en los momentos más difíciles de la carrera y en particular a todas las personas que formaron parte de mi proceso de aprendizaje tanto docentes como alumnos de la Facultad de Economía y en especial de la Escuela de Economía que muchos de ellos se convirtieron en muy grandes amigos y no solamente compañeros.

Por último, agradezco a todo aquel que lea esta investigación por permitir que los conocimientos que hemos puesto en práctica con mis compañeros les permita nutrir un poco lo amplio y vasto del tema que hemos tratado, sin nada más que decir... ¡Gracias Totales!

*“No temo a fracasar siempre he sido el de atrás, el único fracaso es no tratar”
(José Madero, 2016)*

Irving Alexander Saravia Guevara

Resumen Ejecutivo

La generación de energía eléctrica en el país ha tenido distintos matices, por una parte, entre los años 1985-1995 tenía una participación alta de energías renovables representando alrededor del 90% en promedio durante dicho período, pero la implementación de medidas de carácter neoliberal incentivó a la producción con energías con base en fuentes fósiles o no renovables en la que los inversionistas vieron una oportunidad única al tener costos muy reducidos. La producción nacional era reducida y potenciada por las políticas que se implementaron en ese momento. Luego de no tener una regulación y darle poca importancia a temas de carácter energético surge la política energética nacional, la cual en términos generales tiene como objetivo la promoción de energías renovables para la distribución en la red eléctrica nacional, además de brindar este servicio de manera oportuna y de calidad, la mayoría de la población tanto rural como urbana a precios accesibles al alcance de todos; diversificando la matriz energética nacional para dar distintas soluciones a la demanda energética de los salvadoreños para no depender únicamente de fuentes no renovables de generación de energía que deterioran y ponen en riesgo la sostenibilidad ambiental de El Salvador creando un futuro incierto para nuevas generaciones, ya que según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo(PNUD) (PNUMA, 2010), la reducción y deterioro de ecosistemas naturales y la pérdida de biodiversidad se traducen en disminución de la calidad de aire, agua y suelo, dando como resultado el desmejoramiento en la calidad de vida humana. Seguir ejemplos de otros países de la región como Costa Rica y Uruguay los cuales han destacado por fomentar políticas públicas que abogan por el equilibrio económico, social y ambiental; logrando mayor generación de energía eléctrica proviene de fuentes renovables como energía hidroeléctrica, eólica,

fotovoltaica, biogás entre otras, es de vital importancia para cumplir los objetivos planteados en la Política Nacional Energética de El Salvador.

Para determinar la influencia de las energías renovables y no renovables en la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero se utiliza un modelo econométrico doble logarítmico el cual arroja como resultado que tanto el ingreso y las energías no renovables son las principales variables que explican la trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que como se esperaba, al surgir un aumento en la actividad económica las energías no renovables aumentan la emisión de gases de efecto invernadero en 1.4% y en contra parte las energías renovables reducen la emisión en un 0.44%. De no ser corregido esto, representaría una restricción importante para lograr una matriz diversificada y en la cual se potencie la generación de energías renovables.

Como conclusión general, la política energética nacional ha generado impactos importantes, ha creado un marco normativo jurídico a seguir para lograr las transformaciones necesarias y así conducir a una matriz energética diversificada, centrandose en la generación de energías renovables tal como se demuestra en el modelo econométrico replicado, disminuyen las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generando impacto positivo a la sostenibilidad ambiental en el país que asimismo es crucial para que futuras generaciones puedan disfrutar una mejor calidad de vida que la proyectada hasta ahora de seguir con iguales patrones en procesos de producción que son poco amigables con los ecosistemas, y aunque el trabajo y la voluntad política continúa siendo obstáculo, los resultados de tener una producción energética sustentada en fuentes renovables beneficiará enormemente a la población salvadoreña.

Introducción

La presente investigación denominada “Impacto de la Política Energética en la sostenibilidad ambiental en El Salvador, 2010-2020” tiene por objetivo identificar los impactos que tiene la implementación de la Política Nacional Energética en la sostenibilidad ambiental del país, abordado desde el punto de vista de los incentivos que dicha política proporciona para la reconversión de la matriz de producción de energía eléctrica, el periodo de análisis es entre el 2010 y el 2020.

La investigación está dividida en tres capítulos, el primero presenta el marco referencial en el cual aparecen los aspectos generales de la investigación, a través de los objetivos y las hipótesis, posteriormente se denota la metodología de abordaje de la investigación.

En el capítulo uno concerniente al Marco Referencial, se emplea el enfoque descriptivo, para cual se consultó fuentes de información secundaria, que permitieron describir características y comportamiento de las variables que forman parte del análisis de esta investigación; por lo anterior, en este capítulo se muestra cómo se componen las variables objeto de estudio distribuido de la siguiente manera: objetivos generales y específicos; hipótesis de la investigación; la metodología utilizada que es de carácter mixto, este abarca tanto el enfoque cuantitativo como cualitativo, en uno se hace una interpretación de datos sin medición numérica y en el otro se ha incurrido a datos estadísticos del sector energético, como la producción de energía eléctrica y su distribución a la red eléctrica nacional entre otros, los componentes del marco teórico-conceptual haciendo una definición de los conceptos que se utilizan en la investigación así como la línea de pensamiento que se adapta a la temática, marco legal detallando las leyes, piezas legislativas y sus respectivos reglamentos y marco contextual para tener un acercamiento a la evolución que ha

tenido la generación eléctrica en el país, investigaciones previas que desarrollan una temática similar y casos de países de Latinoamérica con una matriz de energía eléctrica diversificada.

En el capítulo dos, referente al Impacto de la Política Nacional Energética en la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador, se utiliza la metodología basada en la investigación descriptiva, explicativa y correlacional. Es descriptiva debido a que se detallan la características más relevantes del funcionamiento del mercado energético y lo referido al medio ambiente en El Salvador, es explicativa porque se estudia la interacción entre las variables de estudio, en específico para esta investigación se explica la relación que existe entre la Política Energética, las formas de producción de energía eléctrica y la sostenibilidad ambiental, y finalmente se incorpora la medición del impacto a través del modelo econométrico que se diseñó bajo el enfoque correlacional.

Para finalizar se realiza un modelo econométrico doble logarítmico basándose en un estudio de Horacio Alonso del “Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases de efecto invernadero en México” para la realidad salvadoreña lo cual explica en qué porcentaje influyen las variables en estudio (PIB, Energías no Renovables y Energías Renovables) sobre las emisiones de CO₂t dando como principales resultados que si la actividad económica (PIB) crece en 2.5% (crecimiento promedio del PIB para el periodo (2010-2020)), las emisiones de CO₂ se incrementan en 1.4%, en igual forma, si la generación de energía no renovable (ENR) se incrementa en 2.5%, las emisiones de CO₂ se incrementan en 0.25%, así mismo, si la producción de energía renovable (ER) se incrementa en 2.5%, las emisiones de CO₂ disminuyen en un 0.44%. Denotando que la generación de energías renovables, favorecen a la preservación del medio ambiente.

Por último, en el capítulo tres, las conclusiones y recomendaciones se utilizó el método deductivo e inductivo para concluir los resultados de la investigación, en este capítulo se plantean las conclusiones y recomendaciones resultados del proceso de la investigación. Concluyendo de manera general que la política energética ha tenido un impacto significativo ya que se ha dado una diversificación importante de la matriz energética y aunque aún existe generación de energías de fuentes fósiles sí se han dados pasos importantes para volver la matriz más amigable con el medio ambiente que beneficiaran a la sostenibilidad ambiental en el país, recomendando de manera general, enfocar las políticas en materia energética a que nuevas fuentes de generación energéticas renovables puedan abastecer a la red eléctrica nacional ya que actualmente solo la generación térmica, geotermia, hidroeléctrica, solar y biomasa son las que abastecen a dicha red, mientras otras formas de generación como el biogás o eólica es mínima y no representativa para llegar a propiciar un suministro constante a la red nacional que además reduzca las emisiones de CO₂.

CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL

1.1. Objetivo General y Específico

1.1.1. General

Identificar los impactos de la Política Energética en la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador para el periodo 2010 - 2020.

1.1.2. Específicos

- Identificar los componentes de la Política Energética que están relacionados con la Sostenibilidad Ambiental.
- Medir los impactos de la Política Energética en la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador.
- Sugerir medidas de Políticas Públicas que continúen mejorando la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador.

1.2. Hipótesis General y Específicas

1.2.1. General

- La Política Nacional Energética ha tenido débil impacto en la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador en el periodo 2010 – 2020.

1.2.2. Específicas

- Los componentes de la Política Energética no contienen incentivos para mejorar la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador en el período 2010 - 2020.

- La implementación de la Política Energética no refleja impactos positivos en la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador.

1.3. Metodología de abordaje de la investigación

El enfoque metodológico presentado en esta investigación es de carácter mixto, por un lado abarca el enfoque cualitativo en el cual se realiza un análisis interpretativo de datos sin medición numérica, para este enfoque se dispone del marco normativo que regula el sector energético, como la Ley General de Electricidad, Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de Energías Renovables, Ley de Medio Ambiente, entre otras. Es a partir de éstas, que se lleva a cabo el análisis del efecto que tiene el marco normativo del Sector Energético, en el que además de regular actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica también se fomenta la generación de energías limpias, y aspectos relacionados con la protección del medio ambiente.

Asimismo se utiliza el enfoque cuantitativo, debido a que se ha recurrido a datos estadísticos del sector energético, como datos de la producción de energía eléctrica medida en megavatios por hora (MWh), obtenida a través de datos de las estadísticas de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), las emisiones totales de CO₂, medidas en kilotonnes, obtenidas a través de boletines estadísticos ambientales del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y datos del Banco Mundial (BM), y el Producto Interno Bruto (PIB) medido en millones de US\$ obtenido a través del Banco Mundial (BM), que sirven de base para la elaboración del modelo que sustenta los resultados de la presente investigación, mediante el cual se busca medir el impacto de la generación de los tipos de

energía eléctrica en las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂), variable que se utiliza para realizar una aproximación de medición de efectos positivos o negativos sobre la Sostenibilidad Ambiental del país, considerando únicamente las emisiones de CO₂ como variable representativa de Sostenibilidad Ambiental.

En relación con el tipo, esta investigación es descriptiva, explicativa y correlacional. En primer lugar, es descriptiva debido a que se detallan los componentes de la Política Energética que están relacionados con el objetivo de transformar la matriz de generación de energía eléctrica pasando de tipos de energía contaminantes hacia formas de generación más limpias, además de la caracterización del sector energético en el periodo de estudio 2010-2020, esto con el objetivo de presentar el contexto de la investigación.

Es correlacional dado que se elaboró un modelo econométrico utilizando el software estadístico Eviews, que mide el impacto de los distintos tipos de generación de energía eléctrica, incentivados por la Política Nacional Energética, definidos como variable independiente, en las emisiones de CO₂ en el país, incorporada como variable representativa de ganancias o pérdidas de sostenibilidad ambiental, definida como la variable dependiente.

Y es explicativa, debido a que los resultados se centran en explicar la relación que existe entre la Política Energética y la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador en el periodo 2010-2020.

Los métodos analíticos utilizados son, el inductivo y el deductivo. El método inductivo utiliza premisas particulares para llegar a conclusiones generales, como resultado de este método se identificó de forma particular los diferentes tipos de energía que conforman la matriz energética del país, que está compuesta en mayor proporción de generación de energía no

renovable, provocando aumento en las emisiones de CO₂, lo que a manera general ocasiona un debilitamiento en elementos relacionados con la sostenibilidad ambiental de El Salvador.

De igual forma, se utilizó el método deductivo que parte, de principios generales para determinar una conclusión específica, basado en este método en la investigación se determina que la sostenibilidad ambiental se ve impactada por actividades propias de la producción en la economía y particularmente de la generación de energía que está relacionada tanto con el PIB y las emisiones de CO₂.

Por otro lado, las técnicas de investigación utilizadas fueron el análisis documental que sirvió para obtener información en documentos relacionados al estudio, es decir fuentes secundarias del conocimiento como libros, boletines, revistas, estadísticas, entre otros. Se llevó a cabo una revisión histórica de la generación de energías desde los años 1985-2019, también los cambios que ha tenido la Ley Energética Nacional y cómo ésta influye en la Sostenibilidad Ambiental.

En relación al procesamiento de la información, se llevó a cabo mediante bases de datos previamente construidas por la recopilación estadística pertinentes al tema de investigación obtenidos de los boletines estadísticos del Banco Mundial (BM), Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Consejo Nacional de Energía (CNE) y el Banco Central de Reserva (BCR), a partir de esto se utilizó tanto el paquete estadístico Eviews versión 10 y las hojas de cálculo de Microsoft Excel, que facilitó el manejo de la información, y permitió elaborar un modelo econométrico que midió el impacto establecido en el objetivo general de esta investigación, además que permitió trabajar con series de tiempo y realizar gráficos, indicadores, tablas entre otras formas que presenten de mejor manera la información.

El instrumento que se utilizó son las fichas de registro documental, con las cuales se realizó un análisis tanto cualitativo como cuantitativo de la información recolectada de fuentes documentales, para así tener un control detallado y ordenado de la información utilizada y su procesamiento para la comprobación de hipótesis y la propuesta de mejora de Políticas Públicas, encaminadas a mejorar la sostenibilidad ambiental en el país. Para el estudio se utilizaron estadísticas ambientales, estadísticas de generación y capacidad eléctrica, emisiones de CO₂ entre otras.

Dentro del análisis, el objeto de estudio es la Política Nacional Energética que sirve de guía para evaluar los antecedentes del sector energético e identificar las premisas que orientaron a la creación de ésta, para plantear la diversificación de la matriz energética, y brindar mayor relevancia a temas como ampliación, cobertura y tarifas, promoción de la cultura de eficiencia y ahorro energético que favorece la preservación del medio ambiente.

En cuanto a la unidad de análisis, primeramente, se evalúan los tipos de energía, tanto renovable como no renovable de las empresas generadoras y cogeneradoras de energía eléctrica, siendo estas del mercado mayorista y minorista, dado que permiten medir los niveles de energía generados en el país. Por su parte en la segunda unidad de análisis referente a la sostenibilidad ambiental se evalúan los niveles de CO₂ en el medio ambiente del Salvador, generados por el sector energético.

1.4. Desarrollo Sostenible, Sostenibilidad Ambiental y Política Pública

Desde la década de los setenta ha tomado relevancia el concepto de desarrollo sostenible, desde entonces ha existido diferentes discusiones y aportes de las escuelas de pensamiento al concepto de desarrollo sostenible y sostenibilidad ambiental; las líneas heterodoxas abogan por una mayor relevancia de la naturaleza para su posterior conservación y perpetuación en el

tiempo, en contraposición, los enfoques ortodoxos intentan darle importancia a la naturaleza a través de la internalización de las externalidades.

En los apartados siguientes se explica la definición de Desarrollo Sostenible y Sostenibilidad Ambiental, además, se retoma la Economía Ambiental y la Economía Ecológica como las herramientas de la economía que utiliza Desarrollo Sostenible para el funcionamiento y se concluye con la definición de Política Pública.

1.4.1. Desarrollo Sostenible y Sostenibilidad Ambiental

En la década de los setenta la economía mundial tiene como objetivo principal el crecimiento económico, entendiendo que, entre mayor crecimiento, mayor desarrollo y bienestar. Sin embargo, los indicadores económicos, la degradación ambiental y los problemas sociales van en crecimiento, evidenciando la desigualdad económica y social, así como el daño de los recursos naturales.

Este modelo económico antropocéntrico, donde el ser humano es el único en decidir qué tiene valor o no, en función de la utilidad (Ázqueta, 2002; citado en Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014), implicó que los movimientos ambientalistas promovieran un nuevo modelo de desarrollo.

Durante el año 1987 con la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD), propone la integración de la conservación del medio ambiente a los objetivos de desarrollo social y económico.

El concepto de Desarrollo Sostenible surge con el *“Informe de Brundtland”* y marcó el punto de partida; en este informe la CMMAD define el desarrollo sostenible como: el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las

generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (citado en Aguado Moralejo et al., 2009).

De acuerdo con Nijkamp (citado en Zarta, 2018) el Desarrollo Sostenible se alcanza cuando se cumplen simultáneamente la relación entre el crecimiento económico, la sustentabilidad y la equidad; entendiendo la sustentabilidad ambiental como el eje central de la teoría.

Dentro de este contexto, surge el concepto de Sostenibilidad Ambiental como parte del concepto Desarrollo Sostenible. En este periodo toma relevancia el tema de medio ambiente; organismos internacionales y ambientalistas proponen cambios importantes a nivel político, social, cultural y ambiental.

Para Zarta (2018) la Sostenibilidad Ambiental se puede obtener: “cuando la explotación de los recursos naturales se mantenga dentro de los límites de la regeneración y el crecimiento natural, a partir de planear la explotación de los recursos y de precisar los efectos que la explotación tendrá.

Autores como Camino y Muller (citados en Miranda Tymer et al., 2007), proponen que la Sostenibilidad Ecológica se da cuando se realiza un bajo uso de recursos naturales, y que mantienen con el tiempo las características fundamentales de la naturaleza. Ambos conceptos se enfocan en la utilización de los recursos naturales sin comprometer los recursos en el futuro.

Para efectos de la investigación la Sostenibilidad Ambiental se entenderá como: el uso eficiente de los recursos proporcionados por el Medio Ambiente sin comprometer los recursos futuros, es decir, la preservación del Medio Ambiente de forma indefinida.

- **Economía Ambiental**

En la década de los setenta surge el debate sobre el Desarrollo Sostenible, a consecuencia de los efectos negativos que genera la producción de bienes y servicios sobre el medio ambiente, impulsado por las políticas de crecimiento económico ilimitado. El debate gira en torno a que la degradación ambiental puede generar una restricción para el crecimiento económico, por tanto, surge la necesidad de incorporar la naturaleza a los modelos económicos; a partir de esto que surge la Economía Ambiental como una extensión de la teoría neoclásica.

Sin embargo, al mantenerse bajo la teoría neoclásica prima que los recursos naturales son inagotables y los residuos generados no tienen mayor relevancia. De acuerdo con Van Dyke (2008; citado en Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014), la idea anterior propicia que los servicios proporcionados por el medio ambiente no cuenten con un precio, debido a que no existen mercados específicos para su intercambio.

La idea principal es que los recursos naturales al ser bienes comunes, es decir son de libre acceso y disfrute para las personas, no tienen coste alguno, y su agotamiento o degradación es posible por la rivalidad de consumo y la falta de regulación. Al no contar con un mercado, estos recursos no poseen valor, por tanto, el costo de apropiación de los recursos por las empresas se monetiza a través del pago de subsidios ocultos, pagos realizados por la sociedad en general; en consecuencia, implica ocultar la importancia de la conservación de los recursos naturales (Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014).

En Economía Ambiental, la idea de subsidiar los efectos sobre la naturaleza se le conoce como externalidades, estas pueden ser tanto negativas como positivas. La Economía Ambiental propone incorporar el capital natural a los modelos económicos (internalización de las externalidades), a través de la creación de técnicas que permitan asignar precios a los bienes y

servicios ambientales, estas técnicas son instrumentos que se reflejan en subsidios e impuestos, o bien una integración directa sobre el precio de los bienes y servicios.

De esta manera, la Economía Ambiental intenta detener las actividades de degradación ambiental. Sin embargo, la crítica principal recae en que esta es una extensión de la teoría neoclásica, ya que no hace un análisis profundo de la crisis ambiental, solo intenta incorporar el capital natural a los modelos económicos neoclásicos.

En consecuencia, la Economía Ambiental contabiliza los recursos naturales, evalúa los efectos contaminantes, internaliza las externalidades, e incluso propone la privatización de los recursos naturales a través de los derechos de propiedad (Aguado Moralejo et al., 2009).

- **Economía Ecológica**

En la década de los ochenta nace la Economía Ecológica como una crítica a la Economía Ambiental por la incapacidad de solventar los efectos irreversibles sobre la naturaleza. La Economía Ecológica marca la pauta para la creación de una nueva corriente teórica, que integra elementos de la ecología, biología, termodinámica, la ética, entre otras, con la economía (Aguado Moralejo et al., 2009).

La Economía Ecológica sentó las bases con la obra de Geogeoscu-Roegen (1971) denominada: “Ley de la entropía y el proceso económico”, en la que se señala que la degradación energética, se da a través de la entropía y es irreversible (Herrmann-Pillath, 2011; citado en Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014).

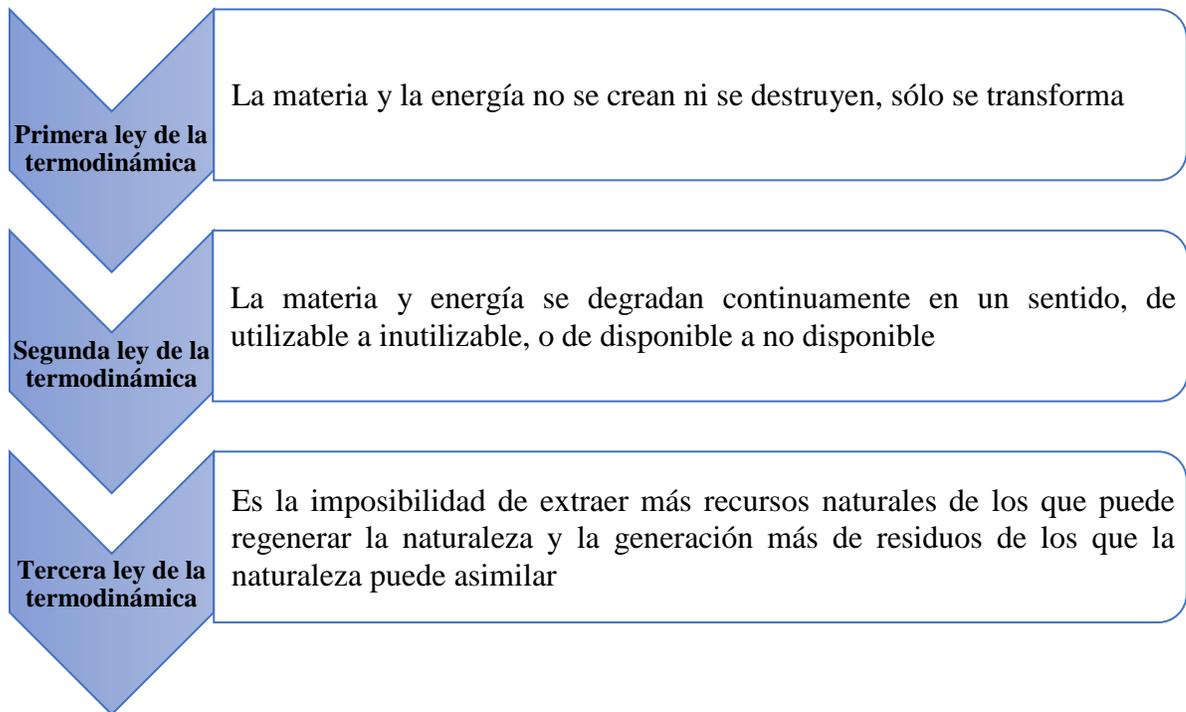
Los postulados fundamentales de la economía ecológica parten de la dependencia que tiene la economía de la naturaleza para su existencia, esto implica que los procesos físicos y biológicos están por encima de la rentabilidad económica. Tiene como objeto de estudio todos

los componentes de la biosfera y los recursos naturales que, incluso no tienen utilidad alguna sobre la sociedad (Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014).

La Economía Ecológica parte de un ecosistema global, y que este sistema es finito y tienen capacidades limitadas de asimilación y regeneración. El ecosistema global está compuesto por subsistemas que interactúan en un marco de equidad, distribución, ética y cultura. La economía es un subsistema abierto al intercambio de energía, materia e información y está sujeta a las leyes de la naturaleza. La Economía Ecológica se rige por los principios básicos biofísicos de la Ley de la termodinámica, como se observa en la ilustración No. 1. (Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014).

En consecuencia, la economía ecológica hace una crítica a la economía ambiental en la medida que ésta busca la monetización de la naturaleza, la economía ecológica postula que existe una diferencia entre tiempo económico y tiempo biológico (regeneración de la naturaleza y absorción de residuos). La monetización de los recursos naturales implica un mayor deterioro del medio ambiente, por tanto, triunfa el tiempo económico sobre el tiempo ecológico (Martínez Alier, 1996; citado en Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014).

Ilustración 1. Ley de la termodinámica



Fuente: Con base en Haro Martínez & Taddei Bringas (2014).

El problema fundamental radica en el ritmo del consumo, y aunque las necesidades sean finitas deberían ser iguales, sin embargo, ha existido una modificación histórico cultural (Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014), esto implica que se han creado sociedades de consumo, que han incrementado el ritmo de la producción y de degeneración de la naturaleza. Sin embargo, autores como Kallis (2012; citado en Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014) que se contraponen a estas ideas, debido a que una disminución del consumo crearía un decrecimiento de la economía llevando a un colapso del sistema.

Por su parte, Constanza (2014; citado en Haro Martínez & Taddei Bringas, 2014) propone explorar modelos donde la planeación económica, ecológica, social y política sean eje central, asimismo, que la sustitución de bienes no sea un estilo de vida, sino que debe haber una reconfiguración de éstos, además, la sustentabilidad debe ser indispensable para la subsistencia.

En conclusión, la Economía Ecológica tiene un enfoque holístico interrelacionado, que incluye aspectos sociales, políticos, económicos y como eje central la ecología. Inicia con una crítica a la economía ambiental en la medida que ésta es incapaz de dar solución a la problemática ambiental, ante los postulados simplistas o economicistas de la economía ambiental, la economía ecológica se basa de la equidad, la ética y la justicia, que se comprenden en el término sustentabilidad o sostenibilidad, a partir de una medición biofísica que se puede complementar con la monetización de la naturaleza.

- **Papel del Gobierno en el Desarrollo Económico**

El debate sobre la posición del gobierno en la intervención de la economía ha sido variado y así como denota Stiglitz (1999) *“la actividad económica debe dejarse exclusivamente a la interacción de las fuerzas del mercado eliminando la intervención del Estado o al contrario, que el control supremo de la economía debe ser ejercido por el Estado y propone una nueva perspectiva, en la que el gobierno y los mercados son complementarios y no excluyentes”*. Para casos prácticos en el país el estado tiene que desempeñar varias funciones que son indispensables como: la promoción de la educación para una mejora en las capacidades humanas de la población, fomento de las tecnologías, apoyo al sector financiero, inversión en infraestructuras, mantenimiento en la red de seguridad y social y por último el control ambiental para poder lograr un desarrollo sostenible que es lo que apremia la investigación.

Para lograr dichos objetivos se tiene que tomar en cuenta la gobernanza y la ejecución de Políticas Públicas y como menciona Stiglitz (1999) *“las acciones del gobierno bien diseñadas pueden mejorar los estándares de vida cuando hay imperfecciones de información o de competencia o mercados incompletos, problemas que se presentan en todas las economías, pero especialmente en las economías en desarrollo”*. Y si bien es cierto muchas veces el papel del

estado se ha visto en tela de juicio por su baja capacidad de respuesta e incapacidad frente al sector privado es importante saber que se tiene que dar un equilibrio entre ambas para poder llegar a consensos que busquen un objetivo en común, y brindar mejores condiciones para el desarrollo.

Stiglitz, (1999) denota seis funciones importantes del rol del estado:

- Promover la educación. Las economías del Este asiático también enfatizaron el papel del gobierno en la provisión de educación universal, la cual era un componente necesario de su transformación de economías agrarias a economías en rápida industrialización. La educación universal también creó una sociedad más equitativa en Asia, facilitando la estabilidad política, la cual es una precondition para el desarrollo económico exitoso a largo plazo. (P.352)
- Promover la tecnología. A partir de este punto se pueden lograr avances importantes y que van de la mano con la conservación del medio ambiente ya que la implementación de tecnologías adecuadas puede ayudar a mejorar y a que se reduzca la producción de residuos o contaminantes en los procesos productivos.
- Apoyar al sector financiero. A veces descrito como el ‘cerebro’ de la economía, el sector financiero es responsable de distribuir los recursos escasos de capital de la forma más eficiente. Se ocupa de recoger, procesar y difundir la información, justamente las áreas en que las fallas del mercado suelen ser más notorias.
- Invertir en infraestructura. En este ítem se incluyen las instituciones, las vías, los ferrocarriles y los sistemas de comunicación. Tanto en los Estados Unidos como en las economías exitosas del Este asiático, los gobiernos crearon la infraestructura institucional dentro de la cual pueden prosperar los mercados competitivos.

- Prevenir la degradación ambiental. Aunque los economistas han analizado la necesidad de la acción del gobierno para corregir las fallas del mercado al menos desde Edgeworth, ese concepto sólo ha llegado a ser ampliamente aceptado durante los últimos veinticinco años. Unas buenas políticas ambientales no deben considerarse como lujos que van a ser disfrutados únicamente por quienes se encuentran en buena situación.
- Crear y mantener la red de seguridad social, incluidos los servicios de salud esenciales. En algunos casos, esas actividades pueden justificarse en términos utilitarios: incrementan la productividad de la fuerza de trabajo y promueven la estabilidad política reduciendo la oposición al cambio. Pero también pueden justificarse en términos de valores básicos.

Con relación al tema que compete a esta investigación, la Constitución de la República de El Salvador en su artículo 117, dispone que *“es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente para garantizar el desarrollo sostenible”* y declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional y restauración de los recursos naturales. Por lo mismo es de suma importancia, dado que el estado debe tener la soberanía permanente de los recursos naturales, tanto renovables y no renovables para así poder asegurar la conservación en el tiempo del medio ambiente y poder lograr un desarrollo sostenible ya que los seres humanos somos los únicos, con poder de garantizar recursos naturales en condiciones favorables a nuevas generaciones.

1.4.2. Definición de políticas públicas

- **Política pública**

De acuerdo con Arias Torres y Herrera Torres (2012), las políticas públicas se pueden definir desde el punto de vista de la toma de un conjunto de decisiones y no decisiones que puede tomar el gobierno para la resolución de conflictos sociales.

Para Thoening (1985; citado en Arias Torres & Herrera Torres, 2012), la política pública se define como:

“Decisiones de los gobiernos para realizar algo o no. No actuar no es una política pública. Decidir no actuar ante un determinado problema sí es una política pública”

Por su parte, Valles (2002; citado en Arias Torres & Herrera Torres, 2012) define una política pública como:

“Conjunto de interrelacionado de decisiones y no decisiones que tienen como foco de gestión un área determinada de conflicto o tensión social. Dicho conjunto de decisiones incorpora cierta dosis de coerción y obligatoriedad”

Para Nieto y Maldonado (1998; citado en Arias Torres & Herrera Torres, 2012), la política pública es:

“Curso de acciones del gobierno que propone adecuar continuar o generar nuevas realidades, deseadas en el nivel territorial e institucional, contrastando intereses sociales, políticos, económicos y articulando esfuerzos de los actores y organizaciones que ejercen presión en defensa de dichos intereses”

Las definiciones anteriores tienen en común que las políticas públicas son un conjunto de decisiones y acciones; además de poseer como objetivo en común la resolución de conflictos o problemas sociales. Para efectos de la investigación y tomando en cuenta las definiciones anteriores la política pública se define como el conjunto de decisiones, acciones que tienen como

objetivo la resolución de un conflicto o problema social y son aplicadas con coerción por el gobierno en turno.

1.5. Marco Legal

El marco legal pertinente al sector eléctrico en El Salvador y que está relacionado al presente estudio, está compuesto por las siguientes piezas legislativas y sus respectivos reglamentos:

- Ley General de Electricidad (LGE), Decreto Legislativo No. 843-1996 y sus cinco reformas legislativas, que tiene por objeto regular las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
- Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), Decreto Legislativo No. 808-1996. La cual tiene como competencia aplicar las normas contenidas en tratados internacionales sobre electricidad y telecomunicaciones vigentes en El Salvador; en las leyes que rigen los sectores de Electricidad y de Telecomunicaciones; y sus reglamentos; así como para conocer del incumplimiento de las mismas.
- Ley de Creación del Fondo de Inversión en Electricidad y Telefonía (FINET), Decreto Legislativo No. 354-1997, con el objeto de facilitar el acceso de los sectores rurales y los de menores ingresos de la población a los servicios de electricidad y telefonía.
- Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía (CNE), Decreto Legislativo 404-2007 que tiene la finalidad de establecer la política y estrategia para promover el desarrollo eficiente del sector energético y así recuperar, entre otras, la función de planificación de largo plazo del Estado.

- Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad, Decreto Legislativo 462-2007 que tiene por objeto promover la realización de inversiones en proyectos a partir del uso de fuentes renovables de energía, mediante el aprovechamiento de recursos tales como el hidráulico, Geotérmico, Eólico, Solar, Marino, Biogás y la Biomasa; así como cualquier otra fuente que a futuro sea identificada como renovable para la generación de energía eléctrica.
- Ley de Competencia, Decreto Legislativo 436-2007, que tiene por objeto la prevención y sanción de prácticas anticompetitivas que se verifiquen en el mercado, para tal caso también regula las prácticas que susciten en el mercado eléctrico
- Ley de Medio Ambiente, Decreto Legislativo 579-2016, que tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República relativas a la protección, conservación y recuperación ambiental; busca, además, asegurar el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; así como asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales suscritos por El Salvador en esta materia y, es el Ministerio de medio ambiente y Recursos Naturales la autoridad ambiental y ejecutor de programas vinculados con la promoción de las energías renovables y la eficiencia energética.

Con la creación del CNE “como autoridad política a cargo del establecimiento de la política y estrategia que promueva el desarrollo eficiente del sector energético” (Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica, 2011), se crea la Política Energética Nacional de El

Salvador (2010-2024) con base a toda la regulación pertinente hasta la fecha y las incorporadas en posteriores años con sus reformas y reglamentos.

1.6. Marco Contextual

La investigación se llevó a cabo en el país de El Salvador ubicado en la región central de América, en el período comprendido entre los años 2010 - 2020, período de vigencia de la Política Nacional Energética, que es el objeto de estudio de la investigación, desarrollándose con el apoyo de distintas áreas del conocimiento, especialmente el económico, estadístico, ambiental y los relacionados con el ámbito legal de las instituciones y las leyes que rigen la soberanía del país.

En el contexto cercano se denota que, en El Salvador, tradicionalmente la generación de energía eléctrica ha sido mediante la explotación de recursos fósiles, lo que implica agotamiento de recursos, contaminación del medio ambiente y en algunas situaciones presiones financieras para los países que son importadores de derivados de petróleo

Desde las reformas de la década de los 90's se promovió la reestructuración de empresas estatales que incluyeron el sector energético, es así, como en 1996 se creó la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), y la Ley General de Electricidad, además se realizó la reestructuración de las empresas estatales del sector eléctrico a efecto que las actividades de mantenimiento del sistema de transmisión y operación del sistema de potencia sean realizados por entidades independientes y que fue respaldado en el artículo 119 de la misma Ley, facilitando la entrada de nuevas empresas generadoras de energía térmica, las cuales presentan bajos costo de instalación, lo que ocasionó que la producción de este tipo creciera un

71.4% , por su parte el consumo de energía de esta fuente aumentó en 70.1% y las emisiones de CO₂ del sector incrementaron en 119.8% respecto a la década de los 80's (Ver anexo 1).

Como complemento a los cambios implementados en la década anterior, en el año 2007 se creó el Consejo Nacional de Energía que a la fecha tiene como función, ser la institución rectora y normativa de la Política Energética del país. Es importante mencionar que para el año 2008 El Salvador contaba con 12 centrales térmicas, indicando una importante participación de generación de energía eléctrica a través de fuentes fósiles. De acuerdo a la Política de Energía (2010), desde 1993 a 2008 la mayor parte de la generación de energía eléctrica se realizaba con petróleo (30.0%), leña (27.0%) y vapor (27.0%), seguida por los residuos vegetales (9.0%) y el resto a través de la hidroeléctricas. En el período 1990-2010 la generación de energía térmica aumentó en 273.2% respecto a los 80's, crecimiento impulsado principalmente por la instalación de empresas como Nejapa Power y Duke Energy con producción de energía térmica, el consumo de la misma se incrementó en 232.3% y las emisiones de CO₂ en 340.2% para el mismo período (Ver anexo 1).

1.6.1. Otras investigaciones realizadas sobre este tema

Desde la perspectiva de la Política Energética existen cuatro investigaciones que tienen en una de sus variables la Política Energética, cabe destacar que todas las investigaciones son temas diferentes al tema expuesto en esta investigación.

La primera presentada por López Alfaro et al., 2009, denominada “Análisis de la propuesta de la Política Energética del Gobierno de El Salvador”; su objetivo principal es proponer un conjunto de políticas que el país debe implementar en materia energética, y parte de la crítica principal a la Política Energética presentada por el Gobierno.

La segunda presentada por Herrera Fuentes et al., 2013, denominada “Propuesta de Desarrollo Sostenible para el Sector Eléctrico de El Salvador”, la investigación tiene como objeto de estudio el elaborar un diagnóstico del sector eléctrico salvadoreño, analizando los impactos, económicos, social, ambiental y político, si bien uno de sus ejes es el tema medio ambiental, esto tiene un enfoque diferente al tema tratado en la investigación.

El estudio “Hacia la revolución energética en el Salvador: bases para una política de electricidad sustentable” presentado por Unidad Ecológica de El Salvador (UNES), s.f.; hace propuestas para la creación de una política alternativa; además, impulsa una revolución en el modelo energético nacional que priorice la transición hacia energías limpias.

Por su parte, Molina Escalante et al., 2016, en el estudio “Brechas y puentes entre la Política Fiscal y las energías renovables”; realiza la investigación con el objetivo de evaluar los avances de El Salvador en la adopción y promoción de energías renovables a través de instrumentos fiscales, en especial la Inversión Pública.

Desde la perspectiva de Política Energética y Sostenibilidad Ambiental se concluye que no existe un trabajo como tal; por tanto, se trata de una investigación novedosa que tiene como objetivo central identificar el impacto de la Política Nacional Energética en la Sostenibilidad Ambiental en El Salvador.

1.6.2. Casos de países con generación de Energía Renovable

- **Costa Rica**

Desde la creación del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) bajo la Ley 449 de fecha 8 de abril de 1949 se encomienda a éste el desarrollo racional de las fuentes productoras de energía física que la Nación posee, en especial los recursos hidráulicos, la producción sostenible e innovación orientados siempre hacia los beneficios sociales y en consecuencia Costa Rica se ha empeñado a través de los años en mostrar que un futuro bajo en carbono es posible.

Costa Rica fue uno de los firmantes del Protocolo de Kioto del 2007, y lanza la iniciativa “Paz con la Naturaleza” que buscaba fortalecer la acción política para revertir las “alarmantes tendencias de los impactos humanos sobre los ecosistemas a nivel global, nacional y local”.

La actual Política Energética de Costa Rica fue implementada en el año 2015, y está sustentada en el Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, a la vez es parte del VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 (MIDEPLAN, 2014,). Las orientaciones de dicho Plan establecen los lineamientos para la política energética basada en dos objetivos: Fomentar las acciones frente al cambio climático global mediante la participación ciudadana y cambios tecnológicos y, suplir la demanda de energía del país mediante una matriz energética que asegure el suministro óptimo y continuo de electricidad y combustible promoviendo el uso eficiente de energía (VII Plan Nacional de Energía, 2015)

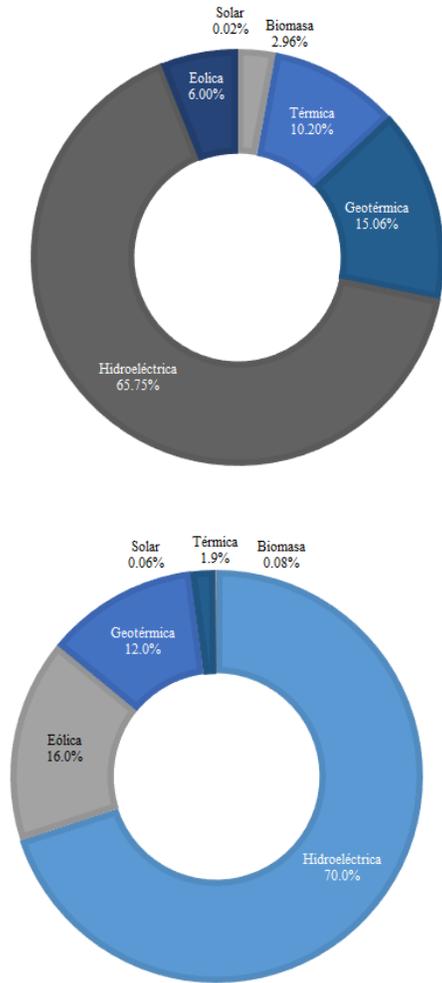
En 2016 Costa Rica ratifica el Acuerdo de París que consiste en evitar un cambio climático peligroso manteniendo el calentamiento global por debajo de los 2C° y la INDC (NDC, por sus siglas en inglés), convirtiéndose en Ley de la República. La NDC de Costa Rica reafirma la aspiración de orientar su economía hacia la carbono-neutralidad para el año 2021, comprende 10 ejes para la descarbonización y ocho estrategias transversales relacionadas con los sectores de

transporte y movilidad sostenible: energía, construcción sostenible e industria; gestión integral de residuos; y agricultura, cambio de suelo y soluciones basadas en la naturaleza, en la cual el uso de energía renovable es fundamental, no obstante, fue en 2019 que el país oficializó dicho plan de Descarbonización 2018-2050, el cual busca plasmar un enfoque de la política climática centrado en la descarbonización de la economía y la generación de resiliencia de los sistemas humanos, productivos y ecosistemas (UNA, 2020,). En materia de mitigación, el país se compromete a limitar sus emisiones a un máximo absoluto de 9.4 millones kilo toneladas de CO₂ al 2030. Además, establece las metas per cápita de CO₂ de 1.7, 1.2 y -0.3 toneladas para 2030, 2050 y 2100, respectivamente (MINAE, 2015).

El modelo eléctrico de Costa Rica se ha desarrollado a través de casi un siglo, y actualmente cerca del 100.0% de su electricidad proviene de energía renovable. Las fuentes de energía renovable alternativas, como solar y eólica, fueron introducidas a mediados de los noventa, pero su penetración se mantuvo limitada debido a consideraciones técnicas por parte de la dirección de planificación de energía. A continuación se muestra la evolución en la composición de la matriz energética de Costa Rica correspondiente al año 2014 y 2019, en las que se puede apreciar que solo en el último lustro la matriz energética ha aumentado la generación de energías de fuente hidroeléctrica (Ver gráfico No. 1) aumentando en 4.3 puntos porcentuales mientras que la energía de fuente Eólica ha aumentado en 10.0 puntos porcentuales, por otro lado la Energía de fuente Geotérmica y Térmica han disminuido en 3.1 y 8.3 puntos porcentuales respectivamente.

Para la difusión de consumo y ahorro de energía se ha desarrollado la cultura de uso de energía que permite dotar de hábitos y prácticas de uso de la energía, así como a las decisiones a la hora de adquirir los equipos consumidores, que afectan en gran medida el consumo energético.

Gráfico No. 1. Composición de la Matriz Energética, Costa Rica 2014 y 2019 (% del total de generación de energía)



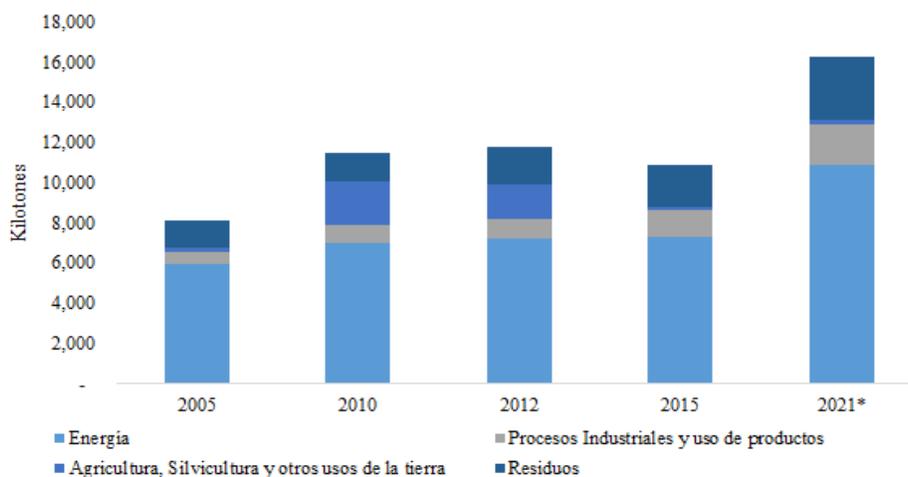
Fuente: Con base en datos de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) 2020.

La cultura de uso se refiere al nivel de sensibilidad de la sociedad respecto de la incidencia de sus decisiones cotidianas en el consumo de energía y los impactos ambientales, sociales y económicos asociados. En este sentido la educación pasa a ser fundamental para el posicionamiento de los valores culturales requeridos, tanto así que en Costa Rica se ha

establecido el tema energético y eficiencia energética como parte de los programas de educación básica.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la principal fuente de gases contaminantes en el país continúa siendo el sector energético. El sector energético produce cerca del 80.0% de los GEI del país. Los resultados de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero para los años 2005, 2010, 2012 y 2015 (Ver gráfico No.2) muestran un aumento en los sectores energía, procesos industriales y uso de productos. Tanto el sector energético como el industrial son los mayores contribuyentes de CO₂, no obstante, ante la ratificación del Acuerdo de París Costa Rica prevé emisiones de CO₂ reducidas, cantidades que no serían posibles si la matriz energética del país no contara con más de 90.0% de generación de energía renovable.

Gráfico No. 2. Evolución de las emisiones de CO₂ Costa Rica por sectores del 2005 al 2019 (kilotones)



Fuente: Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), 2019.

Nota*: Datos del MINAE, resultado de la extrapolación lineal con base a inventario de Gases de efecto invernadero 2012, como parte del Informe Bienal de actualización 2019 para las Naciones Unidas sobre el cambio climático, y como parte del Plan de descarbonización y del NDC.

- Uruguay

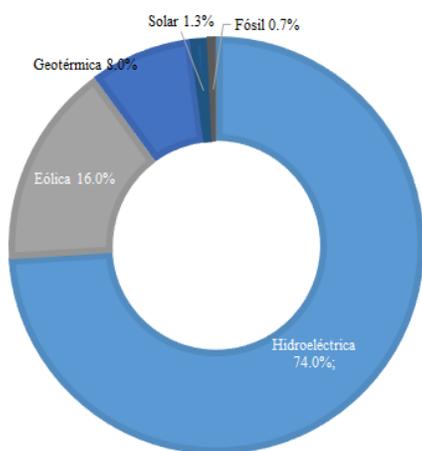
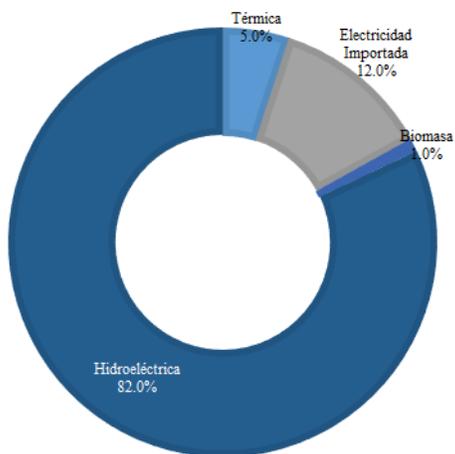
De acuerdo al índice del Foro Económico Mundial, Uruguay ocupa la primera posición en América por su exitosa apuesta a las energías renovables en el índice de Transición Energética 2020 y además ocupa la posición 11 a nivel global. El modelo uruguayo de colaboración público-privada ha logrado la transición energética a uso de fuentes renovables para la generación de energía, para el 2020 el 98.0% de su producción a partir de energías limpias; en aras de su compromiso con el cuidado del medio ambiente y la producción sostenible. Dicho índice puntúa a los países de acuerdo a su sistema de energía y su preparación para un futuro energético “seguro, sostenible, asequible y confiable” ponderando más de 40 indicadores ordenando a los estados con puntajes de 0.0% a 100.0%, obteniendo así, Uruguay una puntuación de 67.0% con un desempeño de su sistema energético evaluado en 75.0%, solo por debajo de Suecia y Noruega (Transición energética, 2020).

Cabe destacar que el país uruguayo ha realizado esfuerzos para transformar su matriz energética, que lo llevó a invertir más de US\$7,800.0 millones en infraestructura energética entre 2010 y 2016, aunado a ello el marco normativo moderno en el cual las empresas que invierten en energías renovables gozan de exoneraciones tributarias, atractivas oportunidades de desarrollo, destacando también en el compromiso político hacia este sector, acceso a capital y el desarrollo y la adopción de nuevas tecnologías (Promoción de Inversiones y Exportaciones, 2020).

La Política Energética de Uruguay se enmarca en los años 2005-2030, el objetivo central de esta es la satisfacción de todas las necesidades energéticas nacionales, a costos adecuados para todos los sectores sociales y que aporten competitividad al país, promoviendo hábitos saludables de consumo energético, procurando la independencia energética del país en un marco de integración regional, mediante políticas sustentables tanto desde el punto de vista económico como medioambiental (Política Energética, 2008)

La Política Energética alude a diferentes aspectos y se plantea objetivos, metas y líneas de acción a partir de estos, posee objetivos desde la oferta y demanda de energía, así como objetivos sociales. El objetivo a largo plazo (2030) propuesto en dicha política sostiene que el modelo energético uruguayo debe ser modelo a nivel mundial, para ello las líneas de acción van enfocadas a Diseñar los instrumentos adecuados para alcanzar el 100.0% de electrificación del país, mediante una combinación del tradicional tendido de redes y la utilización de sistemas de generación aislados de la red, mediante sistemas híbridos basados esencialmente en energías renovables (eólico, solar fotovoltaico, diésel o biocombustibles) y Mejorar la información ciudadana en temas energéticos, como base para la toma de decisiones adecuadas. También prioriza diferentes factores en función de las energías renovables, en este el de más relevancia es el cambio climático. La Matriz Energética de Uruguay se compone de la siguiente manera:

Gráfico No. 3. Composición de la Matriz Energética de Uruguay 2005 y 2017 (% del total de generación de energía)



Fuente: Dirección Nacional de Energía y Ministerio de Industria, Energía y Minería 2017.

Si bien para el año 2005 (Ver gráfico No.3) la generación de energía era en promedio 83.0% de fuente renovable prevaleciendo la energía de fuente hidroeléctrica, la matriz energética no estaba tan diversificada como se puede ver para el año 2017 (Ver gráfica No.3) mientras que para el 2005 el 12.0% de energía era importada de otros países, y el 5.0% de la generación era de fuente fósil, en el 2017 sólo el 0.7% era de esta origen, y aunque la generación de energía de fuente hidroeléctrica fue de 74.0%, toma cierta relevancia la generación de energía de fuente eólica y la geotérmica con 16.0% y 8.0% de generación de energía respectivamente, diversificando la matriz energética dando paso a nuevas fuentes de generación de energía

renovables. La generación de energía eléctrica de Uruguay para el año 2017 según la DNE fue de un promedio de 454.0 MWh mensuales.

En cuanto a las emisiones de CO₂, estas en su mayoría son procedentes de los bunkers internacionales (combustible consumido en el transporte internacional, tanto marítimo como aéreo) y a las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de biomasa para generación de energía. El sector transporte es históricamente la principal categoría responsable de emisiones de CO₂.

Gráfico No. 4. Emisiones de CO₂ y N₂O Uruguay para el periodo 1990-2017 (kilotones)



Fuente: Con base en datos Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) 2017.

En el año 2012 (Ver Gráfico 4) las emisiones registraron un nuevo aumento (37.5% respecto a 2010) y representaron el máximo de emisiones de todo el período en estudio. Si bien las emisiones de CO₂ provenientes de los sectores de consumo aumentaron entre 2010 y 2012, el mayor crecimiento se debió a las Industrias de la energía, por mayor consumo de combustibles fósiles para generación, al igual que lo ocurrido en el año 2008.

En 2016 las emisiones de CO₂ crecieron levemente respecto a 2014 (1.7%) mientras que en 2017 decrecieron en un 7.4%, debido principalmente a la reducción de emisiones en el sector

Industrias de la energía por los efectos de la introducción de parques eólicos para generación eléctrica y de la parada de mantenimiento de la refinería. En tanto las emisiones de otros GEI como es el Óxido nitroso (N_2O) varían en menores proporciones presentando variaciones de en promedio 0.4 puntos porcentuales desde 1990 hasta el 2017 y además su participación dentro del total de GEI es inferior a las emisiones de CO_2 .

Evidenciando lo anterior se puede notar cómo los países de América Latina están optando por la generación de energías más amigables con el planeta, que si bien es cierto no eliminan las emisiones de CO_2 sí las disminuye, además de tener claro que el crecimiento económico y en general las actividades propias de cada economía generan emisiones de GEI, lo importante es tener la conciencia que la calidad del medio ambiente se ha debilitado y por ello es ineludible optar por procesos más limpios y al ser la energía un elemento primordial para este proceso y crecimiento es de suma relevancia la creación de nuevas políticas que mantenga una sostenibilidad ambiental.

CAPÍTULO II. IMPACTO DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DE EL SALVADOR

En el presente capítulo se realiza el análisis del impacto de la Política Nacional Energética en la sostenibilidad ambiental en El Salvador, se efectúa un diagnóstico de los componentes que posee dicha política que repercuten en la sostenibilidad ambiental del país, haciendo énfasis en el desarrollo energético sustentable, el cual abre paso a una relación e interacción con la sociedad y el medio ambiente, potencializando las condiciones para la protección y preservación de los recursos naturales, para ello se han planteado objetivos que están enfocados en reducir la dependencia energética del petróleo y sus productos derivados por una parte; y por otra parte la minimización de los impactos ambientales y sociales.

Seguidamente se hace una caracterización del mercado energético salvadoreño detallando el número de empresas en el mercado donde se denota las que se dedican a la generación de energía por fuentes renovables y no renovables y las empresas dedicadas a la distribución de dicha energía a través de la red eléctrica nacional.

Posteriormente se muestra con mayor detalle la composición de la matriz energética con las diferentes formas de generación que existen en el país y la forma en que han ido evolucionando y dejando de depender exclusivamente de fuentes hidroeléctricas, geotérmicas y fósiles, incorporando la generación de energía por medio de biomasa y la energía fotovoltaica o solar, las cuales se clasifican por su impacto que tienen sobre el medio ambiente y para casos prácticos en energías renovables (hidroeléctricas, geotérmicas, biomasa y solar), por su parte las energías no renovables que son únicamente las provenientes de fuentes fósiles o térmicas. Además, se presenta la relación existente entre el consumo de energía eléctrica y el PIB que sin lugar a dudas están vinculados, en la medida que ante una mayor producción o dinamización en

el sector real de la economía se requiere una mayor demanda de energía eléctrica para poder llevar a cabo los procesos productivos.

Por otro lado, se plantea la situación actual de la sostenibilidad ambiental en general, tomando en cuenta elementos como riesgos, contaminación y energías, haciendo mayor énfasis en la contaminación del medio ambiente, a través de emisiones de CO₂ como aproximación de los efectos de la sostenibilidad ambiental que repercute en la calidad de aire y el deterioro de la atmósfera, en consecuencia se realiza una medición de la generación de energía eléctrica y de las emisiones de CO₂ en El Salvador

Por último, se realiza un modelo econométrico doble logarítmico basándose en un estudio de Horacio Alonso (2020) del “Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases de efecto invernadero en México” para la realidad salvadoreña el cual explica en qué porcentaje influyen las variables en estudio (PIB, ENG Y ER) sobre las emisiones de dióxido de carbono (CO₂t).

2.1. Diagnóstico

2.1.1. Componentes de la Política Energética relacionados con la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador

En la actualidad, el fenómeno del cambio climático toma mayor relevancia debido a que es una problemática mundial, evidenciando así, la necesidad de modificar prácticas de producción tradicionales en la que los recursos naturales son posicionados en última instancia, y así optar por prácticas productivas amigables con el medio ambiente, que además de generar equilibrio entre el ámbito económico y ambiental, que permita equilibrio social.

Dicho lo anterior, El Salvador toma medidas que promueven y se orientan a generar un cambio en el medio ambiente del país. En el año 2010, el Consejo Nacional de Electricidad en El Salvador crea la Política Nacional Energética, que desempeña un rol de especial significado dentro de las políticas de desarrollo, debido a la importancia de la energía como un factor determinante de la calidad de vida de la población salvadoreña, como factor imprescindible de todo el aparato productivo, y como destino de inversiones para su generación. En la Política Nacional Energética se encuentran los lineamientos, objetivos y líneas estratégicas, para la implementación de un marco de acciones y proyectos a corto, mediano y largo plazo.

En términos generales los elementos que más se pueden destacar en la Política Nacional Energética relacionado con una aproximación de efectos en la Sostenibilidad Ambiental del país, es el énfasis en el desarrollo energético sustentable, el cual abre paso a una relación e interacción con la sociedad y el medio ambiente, potenciando las condiciones para la protección y preservación de los recursos naturales.

Lo anterior indica explícitamente la preocupación por el cambio climático del país, cabe destacar que si bien es cierto El Salvador no es un generador de gases de efecto invernadero de peso mundial, ya que según el ranking Mundial de Emisiones de CO₂ de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge, (2014), posiciona al país en el puesto No. 118 de 187, en un ranking que va de 1 a 187; en el que 1 es el país con mayores emisiones de CO₂ (en este caso China) y 187 el país que menos emisiones de CO₂ genera, en este sentido El Salvador no ocupa una posición alarmante, aunque el análisis cambia si se toma en cuenta la población, y el tamaño del territorio nacional. No obstante, las actividades productivas del país y más específicamente el sector energético influye en el medio ambiente, por lo cual el desafío más significativo es la reducción de demanda de

combustibles, procedente del sector energético que a diferencia de otros países en El Salvador es 100.0% importado.

Por lo mismo es de suma importancia propiciar el aprovechamiento de energía provenientes de centrales hidroeléctricas, geotérmicas, entre otras de naturaleza renovable.

Los objetivos de la Política Nacional Energética (Ver anexo No. 2) orientados a la preservación del medio ambiente del país, que se utilizan para realizar el estudio y por tanto una aproximación de los efectos en la Sostenibilidad Ambiental, se detallan a continuación (Política Nacional Energética, 2010):

- Reducir la dependencia energética del petróleo y sus productos derivados, fomentando las fuentes de energía renovables, la cultura de uso racional de la energía y la innovación tecnológica.
- Minimizar los impactos ambientales y sociales de los proyectos energéticos, así como aquellos que propician el cambio climático.

Como resultado, las líneas estratégicas a seguir para poder cumplir los objetivos de la Política Energética, orientados a reducir los impactos del sector energético en el medio ambiente, son los siguientes:

- Diversificación de la matriz energética y fomento a las fuentes renovables de energía.
- Promoción de eficiencia y ahorro energético.
- Innovación y desarrollo tecnológico.

Ahora que se ha visto todo lo anterior, se puede decir que algunos de los elementos incorporados en la Política Nacional Energética del CNE, sí tienen impacto en la Sostenibilidad Ambiental, debido a que sus metas y objetivos están trazados en línea a contribuir con minimizar los efectos negativos provocados por las emisiones de GEI generados por la producción de

energías de fuentes fósiles, identificando que es necesario no solo la diversificación de la matriz energética sino que también es necesario promover una cultura de eficiencia energética y ahorro energético, que a la vez vayan de la mano con la implementación de nuevas tecnologías que reduzcan las prácticas tradicionales de generación de energías, que deterioran la calidad del medio ambiente y que explotan los recursos naturales.

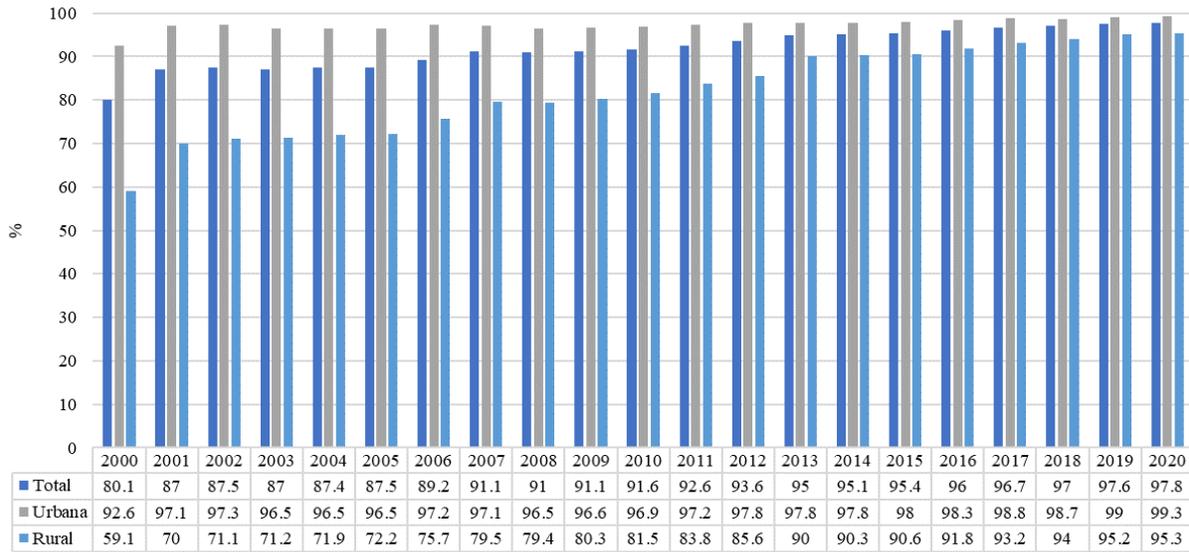
2.1.2. Mercado Energético en El Salvador

A Partir de las reformas impulsadas en la década de los noventa, El Salvador se ha caracterizado por una alta tasa de cobertura eléctrica, además, El Salvador se ha caracterizado por tener un sector energético dividido en cuatro rubros; es decir: empresas generadoras, empresas comercializadoras, empresas distribuidoras y una empresa transmisora. En el siguiente apartado se detallan la cobertura eléctrica del país, la tarifa eléctrica, así mismo, las principales empresas generadoras de energía eléctrica, la producción y consumo de energía.

❖ Cobertura y tarifa eléctrica

En relación con la cobertura, El Salvador se caracteriza por tener una cobertura eléctrica amplia a nivel nacional, con un promedio de 87.9% durante el periodo 2000-2009, mientras que para el periodo 2010-2020, esta se ha incrementado en 7.4%, siendo esta de 95.3%. A nivel urbano la cobertura eléctrica es mayor que el nivel nacional, con un promedio de 96.4% para el periodo 2000-2009, mientras que en el área rural es de 73.0%, en ese mismo orden de ideas, para el periodo 2010-2020, la cobertura a nivel urbano es de 98.1%, y a nivel rural es de 90.1% como se observa en el gráfico No. 5. Esto coincide con la línea estratégica de ampliación y cobertura eléctrica y tarifas preferentes de la política energética, en este sentido, durante el periodo 2010-2020 la cobertura eléctrica total se ha incrementado en 6.2%, por su parte, la cobertura urbana y rural se han incrementado en 2.4% y 13.8% respectivamente.

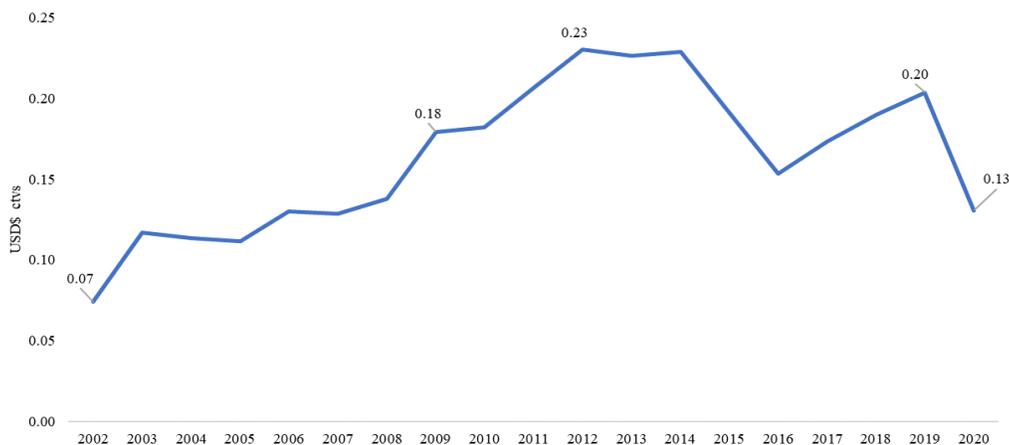
Gráfico No. 5. Cobertura eléctrica total, urbana y rural de El Salvador (2000-2020)



Fuente: Con base en Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM) (varios años).

En la misma línea estratégica de tarifas preferentes, la tarifa se ha incrementado para el periodo 2002-2020 en 76.5%, sin embargo, cabe destacar que con las reformas realizadas en la década de los noventa que permitió la entrada de empresas generadoras de energía a partir de petróleo, concluyó con el incremento de generación de energía eléctrica de fuentes no renovables, que para el periodo 2002-2009 se incrementó en 40%, debido a esta dependencia las tarifas se han incrementado, por ejemplo, la crisis inmobiliaria y el incremento del petróleo del año 2009, culminó en un incremento del precio del petróleo, contrariamente lo ocurrido en el año 2020, donde la crisis sanitaria COVID-19, provocó que el precio del petróleo se desplomara, con ello la tarifa de energía, como se observa en el gráfico No. 6.

Gráfico No. 6. Tarifa de energía eléctrica de El Salvador por KWh 2002-2020 (US\$)



Fuente: con base a SIGET (varios años).

❖ **Número de Empresas en el Mercado**

En el año 2020 El Salvador cuenta con 19 empresas generadoras en el mercado mayorista: Acajutla Energía Solar I, Capella Solar, Holcim El Salvador, Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), Compañía Azucarera Salvadoreña (CASSA), Borealis Energía Borealis, Generadora Eléctrica Central, Hilcasa Energy, Ingenio Central Azucarero Jiboa, Ingenio El Ángel, Ingenio La Cabaña, Inversiones Energéticas (INE), LaGeo, Nejapa Power, Orazul Energy El Salvador, Providencia Solar, Proyecto La Trinidad, Termopuerto, Textufile: Textufile.

Desde la introducción de la Política Energética, se ha incrementado el número de empresas con generación renovable, para el año 2020, el número de empresas con generación renovable son 34, la mayor parte se encuentran en el mercado minorista y, éstas se dividen en empresas con generación de energía solar, biogás y pequeñas centrales hidroeléctricas. (Ver anexo No. 3)

Por su parte las empresas comercializadoras son 36 en el mercado, dentro de estas podemos mencionar, ABRUZZO COM, AES Nejapa Gas, AES Unión de Negocios, Comisión

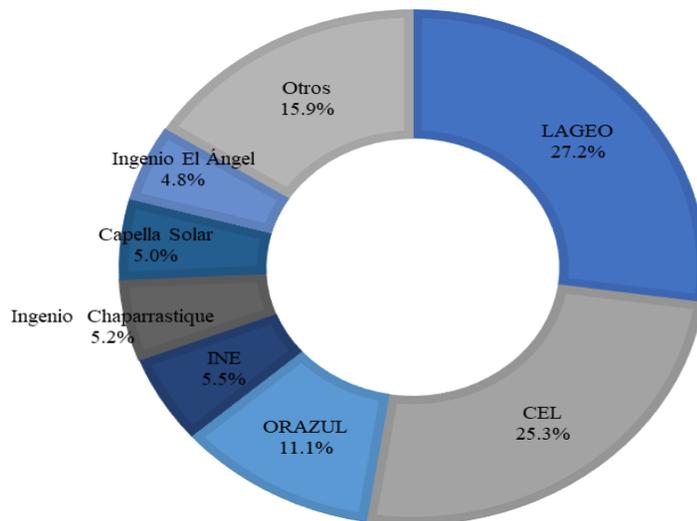
Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa Comercializadora (CEL COM), Compañía de Energía de Centroamérica (CENERGICA), Energía Borealis, Inversiones Energéticas Comercializadora, Textufile.

En el mercado de las empresas distribuidoras se encuentran un total de ocho empresas: Grupo ABRUZZO Compañía de Luz Eléctrica de Santa Ana (AES-CLESA), B&D Servicios Técnicos (B&D), Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador (CAESS), Distribuidora de Electricidad del Sur (DELSUR), Distribuidora Eléctrica de Usulután (DEUSEM), Empresa Distribuidora Eléctrica Salvadoreña (EDESAL) y Empresa Eléctrica de Oriente (EEO).

Y en última instancia se encuentra la empresa transmisora de energía de El Salvador (ETESAL) y la Unidad de Transmisora de El Salvador (UT), esta última es la administradora del mercado mayorista de energía eléctrica.

❖ Empresas Generadoras de Energía

Gráfico No. 7. Inyección de Energía Eléctrica por empresa en el Mercado Mayorista, 2020 (Porcentaje)



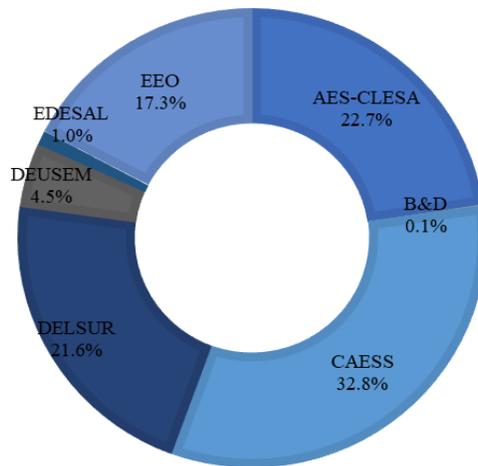
Fuente: Con base en boletín de estadísticas energéticas, 2020 (SIGET).

En el gráfico No.7 Se muestra la participación de cada una de estas en el mercado, donde LAGEO (24.6%), CEL (22.9%) y ORAZUL (10.0%) tienen el 57.4% de inyecciones de energía eléctrica en el mercado mayorista, el resto de empresas tienen 42.6%. Cabe destacar que empresas como LAGEO y CEL son fuentes de generación de energía renovable, mientras que ORAZUL de generación térmica.

❖ **Empresas Distribuidoras**

Respecto al mercado de empresas distribuidoras, de las ocho empresas distribuidoras, cuatro poseen la mayor parte del mercado, siendo estas CAESS (32.8%), AES-CLESA (22.7%), DELSUR (21.6%) y EEO (17.3%), como se observa en el gráfico No.8 donde DEUSEM, EDESAL y B&D tienen solo el 5.6% en conjunto.

Gráfico No. 8. Participación de mercado de las empresas distribuidoras, 2020 (porcentaje del total de generación)



Fuente: Con base en boletín de estadísticas energéticas, 2020 (SIGET).

2.1.3. Generación y Consumo de Energía eléctrica

❖ **Generación de Energía Eléctrica en El Salvador**

En décadas anteriores a los noventa la generación de energía en el país se caracterizó por ser predominantemente renovable, dando como resultado una mayor participación de estas fuentes, generando aproximadamente el 80.0% provenientes de fuente hidroeléctrica y geotérmica, en consecuencia, una participación muy baja para la generación de energía por medio de combustibles fósiles.

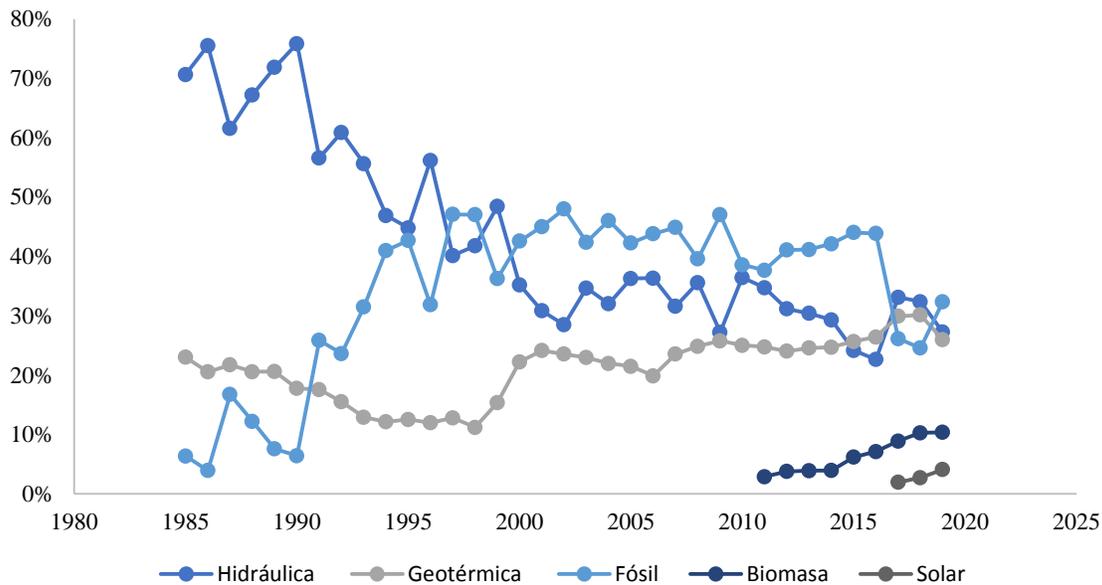
La generación de energía en el país se había caracterizado por ser predominantemente renovable para las décadas anteriores a los noventa ya que tenían una participación mayor del 80.0% (hidroeléctrica y geotérmica) y una participación muy baja para la generación eléctrica por medio de combustibles fósiles.

A principios de la década de los noventa muchos países se sumaron a la iniciativa de reformar el sector energético, intentando propiciar una competencia entre los distintos sectores que normalmente se caracterizaban por ser monopolizados por empresas estatales.

A partir de lo anterior, la matriz energética empezó a cambiar, inclinándose por la generación de energía a partir de fuentes fósiles es decir, no renovables; éstas se caracterizan por no ser amigables con el medio ambiente impactando negativamente en la sostenibilidad ambiental, pero, ya que estas presentan un menor coste en términos de la instalación construcción y operación de la planta generadora de energía que en este caso es a través de fuentes fósiles (Ver anexo No. 4) debido a ello, se crean las condiciones para tener una participación más activa de generación de energías de fuentes fósiles en la generación total de energía en el país, lo que se vuelve evidente ya que la energía de fuente fósil ha tenido un rol dominante en la matriz energética nacional para los años de 1997 en adelante, como se muestra en el gráfico No. 9, en donde se evidencia la superioridad y preferencia hacia otras fuentes de energía además de ir aumentando la capacidad instalada por parte de las centrales y la creación

de nuevas plantas para la generación de energía térmica logrando aumentar la capacidad de 472.2 MW para el año 2002 a 952 MW para el año 2015. No obstante, para años posteriores ésta presenta una reducción a 757.1 MW (ver anexo No. 5) puesto que se retiraron motores que se encontraban en la central CASSA, ingenio el Ángel y la Cabaña; que posteriormente se reconvirtieron para poder generar energía a partir del bagazo de la caña de azúcar.

Gráfico No. 9. Generación neta de energía por tipo de central eléctrica 1985- 2020 (porcentaje)



Fuente: Con base en datos del boletín estadístico de la SIGET 2020.

La energía hidroeléctrica que había sido la principal fuente de generación de energía pasó de tener una representación del 71.0% - 76.0% en los años 1985-1990 a disminuir paulatinamente su relevancia y llegando a representar el 29.0% del total de energía generada para el año 2009; un año antes de la implementación de la Política Nacional Energética. Si bien es cierto, la política venía a fomentar el uso de energías renovables, la participación de esta no tuvo un mayor cambio puesto que en los años posteriores tuvo una participación entre el 27.0% y 35.0%. Uno de los hechos más relevantes es el mejoramiento de la represa 5 de noviembre que

pasó de tener una capacidad instalada de 99.9 MW para el año 2016 a 179.4 MW en 2017, reflejando una mejora inmediata ya que aumentó de 23.0% a 33.0%.

Por otro lado la energía geotérmica que era junto a la energía hidroeléctrica las fuentes renovables por excelencia ha mantenido una participación modesta oscilando entre el 18.0% y 30.0% de la producción total de energía, aunque esto se debe a que en el país solo se cuentan con dos centrales geotérmicas, una en Ahuachapán y la otra en Berlín, esta última funcionando desde el año 2006 la cual representó un aumento de la capacidad instalada del 151.2 MWh a 204.4 MWh la cual no ha variado a la fecha.

Posteriormente, en el 2011 se incorporaron nuevas formas de generación de energía esta vez la Biomasa, que ha tenido una participación del 6.0% en sus primeros años y para el año 2019 del 10.0% siendo las principales fuentes de energía las provenientes de desechos y residuos orgánicos que en su mayoría son obtenidos por el bagazo de la caña de azúcar la cual se genera en los ingenios azucarero, de modo que les permite suplir sus necesidades energéticas y el excedente es distribuido en la red eléctrica de El Salvador.

Estos ingenios son CASSA (central Izalco e Ingenio Chaparrastique), ingenio el Ángel, ingenio la Cabaña e Ingenio Jiboa. La generación se mantuvo a un ritmo constante, hasta que en el año 2015 se aumentó la capacidad instalada en 15.0 MW en el ingenio la cabaña y entre 2013 y 2014 se introdujo un aumento por parte de CASSA en el ingenio Chaparrastique de 30.0 MW (Consejo Nacional de Energía, 2012). Por último, a principios del 2018 el Ingenio Jiboa empezó a suministrar sus excedentes a la red eléctrica nacional pasando de tener una capacidad instalada de 263.5 MW para el año 2017 a 293.6 MW para el año 2018 capacidad que se ha mantenido hasta la fecha.

En cuanto a la Energía Solar, en el país la mayoría se genera con fines domésticos, es decir, para consumo propio ya sea de familias o empresas, en este sentido la única que suministra a la red eléctrica nacional es Providencia Solar PV Project que empezó operaciones en Marzo del año 2017 suministrando 94.7 GWh en su primer año y se espera que para años posteriores se aumente la capacidad para poder abastecer a un mayor número de hogares y aumentar su participación puesto que esta solo es del 4.0% en la generación total de energía nacional y fue solo hasta el año 2020 que aumento el número de empresas que inyectan energía al mercado mayorista siendo estas: Providencia, Proyecto de la Trinidad, Capella, Acajutla Solar y Nejapa pasando a representar el 9% de la generación total de energía nacional. Resulta una apuesta interesante ya que a diferencia de otras fuentes de energía; la fotovoltaica se puede aprovechar en la mayoría de regiones de El Salvador la irradiación solar es muy alta y en especial en los alrededores del área metropolitana del gran San Salvador (Consejo Nacional de Energía, 2012).

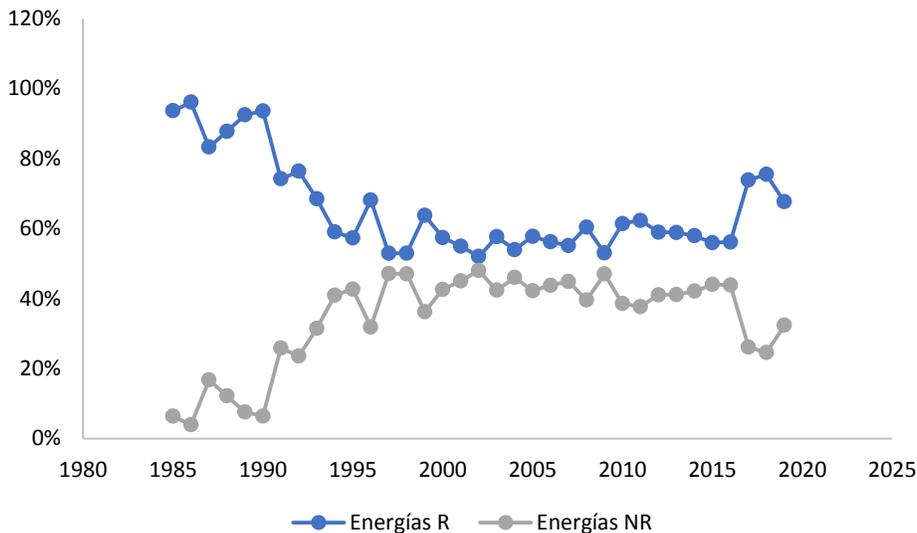
Generación de Energía por fuentes Renovables y No Renovable

La energía generada con fuentes renovables en El Salvador, están constituidas por la proveniente de centrales hidroeléctricas, geotérmicas, biomasa y solar; y como se puede apreciar en el gráfico No.10 han tenido una menor relevancia desde 1985, cuando la matriz energética en su mayoría estaba constituida por fuentes renovables llegando a representar un 94.0% de la producción total. Para el caso de las energías generadas por fuentes no renovables son las que se detallan como energía térmica o por recursos fósiles.

Entre los años 1985 y 1995 se puede apreciar cómo ha ido disminuyendo la predominancia de las energías renovables frente a las no renovables y la paulatina reducción de la brecha entre ambas al punto de tener casi una generación energética compartida del 50.0% entre ambas fuentes de energía. Se ha necesitado una mayor participación y mejoramiento de la

capacidad instalada de instalaciones hidroeléctricas, geotérmicas y la creación de nuevas plantas como lo fueron las de biomasa en el 2011 y la solar fotovoltaica para el año 2017 para lograr un cambio significativo en la matriz energética y por ende promover la utilización de energías renovables a través de incentivos y las medidas que incluye la ley, y es gracias a estos mecanismos que las energías renovables en su conjunto han logrado mantener una relevancia de más del 50.0% en toda la serie histórica que se ha analizado y con proyecciones optimistas de volver a tener una predominancia del 80.0%.

Gráfico No. 10. Generación de Energía Renovable y no Renovable 1985 - 2020 (Porcentaje)



Fuente: Con base en de datos del boletín estadístico de la SIGET 2020.

Fomentar el uso de energías renovables es la tarea principal de cualquier gobierno si busca contribuir a la sostenibilidad ambiental y es por ello que se vuelve importante promover las fuentes de energía renovable de las cuales se pueden obtener mayor provecho y es que según el Levelized Cost of Energy (LCOE) para el año 2016 el costo promedio o estandarizado de producción de energía que tiene una central energética desde su construcción, instalación y operación de la misma determinado a través de la vida útil de cada planta es el siguiente: solo la

energía eólica (0.07\$/kWh para la marina, 0.13\$/kWh para la terrestre) y la hidroeléctrica (0.10\$/kWh) son comparables a otras fuentes de energía como el carbón (0.07\$/kWh), el gas natural (0.15\$/kWh) o el petróleo (0.15\$/kWh), mientras que la energía solar fotovoltaica es todavía la más cara de todas, con una mediana de 0.29\$/kWh y un mínimo de 0.21\$/kWh (Ver anexo No. 4).

Dicho esto, es importante denotar que la energía eólica, aunque presenta un coste promedio muy bajo en comparación a las otras fuentes de generación renovables, no se ha implementado de manera generalizada en el país ya que los aerogeneradores que se encuentran no están conectados a la red eléctrica nacional de El Salvador y sería importante la promoción de este tipo de energías para tener una matriz más diversificada y amigable con el medio ambiente.

Es importante no quitar el dedo del renglón ya que estudios como el “*New Energy Outlook 2016*” publicado por Bloomberg New Energy Finance pronostica que las energías renovables serán la manera más barata de producir electricidad para el año 2040, con una reducción del 60.0% para la energía fotovoltaica y un 41.0% para la eólica, y que esta meta se alcanzará en muchos países antes y las medidas que se tomen de aquí en adelante por medio de políticas públicas serán cruciales para propiciar una sostenibilidad ambiental óptima en El Salvador. Del mismo modo, las estimaciones del Departamento de Energía de Estados Unidos para 2025 también muestran que el LCOE de las energías verdes será cada vez más inferior al de las fuentes de energía convencionales y contaminantes.

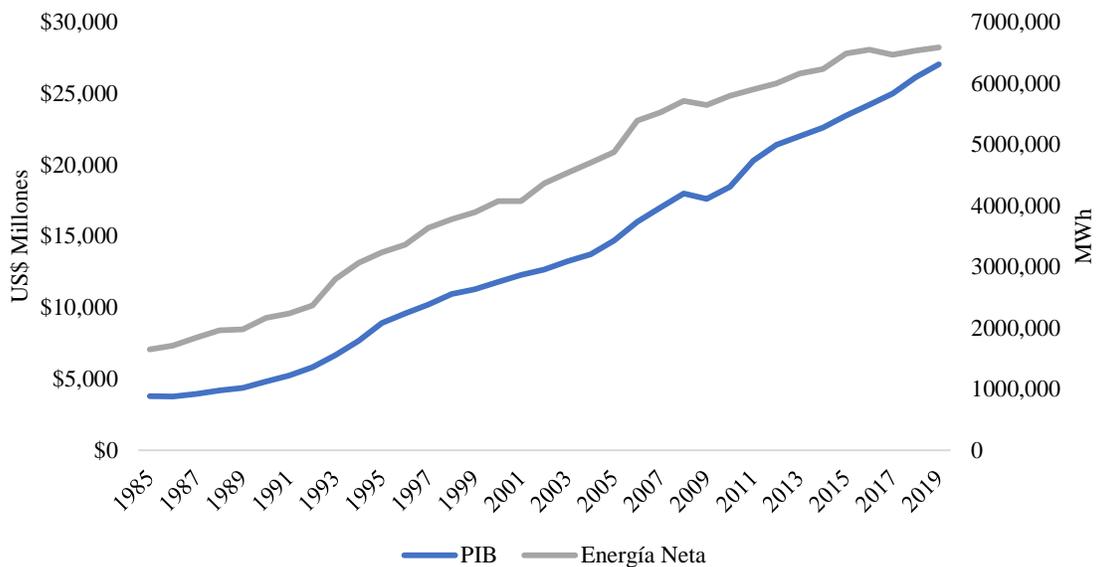
❖ **Consumo de Energía Eléctrica y el PIB**

En definitiva, el consumo de energía tiene una estrecha relación con el aumento del PIB en las distintas economías del mundo; El Salvador no es la excepción, como se muestra en el gráfico No.11 desde el año 1985 han presentado una tendencia creciente, esto debido a que ante

una mayor producción o dinamización en el sector real de la economía requiere una mayor demanda de energía eléctrica para llevar a cabo sus procesos productivos.

Esta relación también se ve influenciada en las crisis económicas que sufren las economías en vista de que para poner en contexto para la crisis inmobiliaria de 2008-2009 ambos presentaron una disminución, aunque no en la misma proporción en la medida en que la crisis afectó directamente al mercado financiero y no al sector real de la economía, por lo tanto este sector siguió demandando y llegando incluso a tener un excedente para el año 2008 en el cual se exportó más de lo que se importó para ese año (Ver anexo No. 7).

Gráfico No. 11. Consumo de energía eléctrica y el PIB 1985 – 2019 (MWh y US\$ millones)



Fuente: Con base en datos del boletín estadístico de la SIGET 2020 y del BCR.

2.1.4. Situación actual de la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador

Para la presente investigación se realiza un análisis de las emisiones de CO₂ como aproximación de efectos en la Sostenibilidad Ambiental del país que repercute en la calidad del aire y el deterioro de la atmósfera, por lo tanto, se hace mayor énfasis en esta variable, no

obstante, es de suma importancia realizar un análisis general de la situación actual del resto de factores que engloba la sostenibilidad ambiental.

❖ **Elementos para lograr una Sostenibilidad Ambiental**

Es importante destacar los diferentes factores antropogénicos como el cambio climático, los desastres naturales y en general la degradación ambiental que influyen en la vulnerabilidad del medio ambiente. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUMA, 2010), la reducción y deterioro de ecosistemas naturales y la pérdida de biodiversidad se traducen en disminución de la calidad de aire, agua y suelo, dando como resultado el desmejoramiento en la calidad de vida humana. En tal sentido, los esfuerzos por el mejoramiento en la preservación del medio ambiente, se encuentran en torno al Agua, Diversidad Biológica y Áreas Naturales Protegidas; Suelos, Aire y Atmósfera; Disposición de Desechos y Dispersión de sustancias Tóxicas y Peligrosas. (MARN, 2010). En tanto, los temas a los cuales se le deben poner énfasis son: Riesgos; Contaminación; Energía y Gobernanza territorial.

● **Riesgos**

Según informes de PNUD 2018, el 88.7% del territorio salvadoreño es susceptible geográficamente a graves impactos de desastres naturales; paralelo a las complejas condiciones geográficas, se tiene el fuerte deterioro ambiental que ha sufrido el país en las últimas décadas, por afectaciones como tormentas tropicales, incluyendo huracanes, sequías e inundaciones, y riesgos geológicos, como terremotos, volcanes y deslizamientos.

El Índice de Gestión de Riesgos para América Latina y el Caribe (INFORM-LAC) de las Naciones Unidas, 2020; mide tres dimensiones: peligro y exposición; vulnerabilidad y falta de capacidad de afrontamiento (ver anexo No. 8), este índice se mide de 0.0 a 10.0 puntos; donde 0.0 puntos es menor vulnerabilidad y 10.0 puntos representa mayor vulnerabilidad ante desastres

naturales. A la vez la dimensión “peligro y exposición” se compone de 2 categorías: “naturales” y “humanas”, dentro de la categoría “natural” se encuentra como elemento la degradación ambiental. En 2020 El Salvador obtuvo una nota global de 6.7 puntos, ubicándose en sexta posición del ranking; en sexta posición en cuanto a amenazas naturales con 8.1 puntos; en quinto lugar, con 7.2 puntos en cuanto a falta de capacidad para enfrentar desastres naturales; y una puntuación de 7.3 en cuanto a la degradación ambiental ubicando al país en la séptima posición, donde el riesgo sigue siendo categorizado como alto. La ilustración No.2 muestra el rango de notas para el ranking del índice de Riesgo 2020.

Ilustración 2. Índice de Riesgo 2020



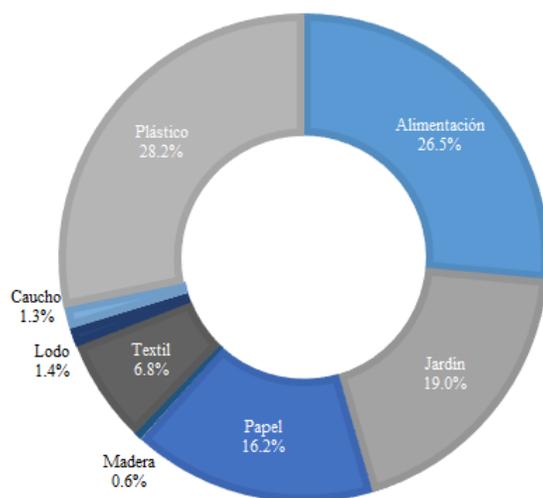
Fuente: Índice de la Gestión de Riesgos Para América Latina y el caribe de las Naciones Unidas (INFORM-LAC) 2020.

- **Contaminación**

En cuanto al recurso hídrico, en El Salvador sigue siendo uno de los recursos más sometidos a presión. Sin embargo, aún no existe una ley de Agua que finalmente complete el marco legal que permita hacer una gestión integral que proteja adecuadamente el recurso hídrico del país. Según el (MARN, 2020) el 73.3% de los cuerpos de agua presenta una calidad de agua “mala”, que restringe el desarrollo de vida acuática; el 23.3% de los cuerpos de agua presentan una calidad de agua “regular”, y un 7.4% de los sitios presentan una calidad de agua “pésima”, que imposibilita el desarrollo de la vida acuática; la falta de saneamiento y el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, suman cambios en el patrón de lluvias y de evapotranspiración.

En cuanto al tratamiento de desechos, en el país, la eliminación de estos se da de dos formas, de forma controlada y no controlada¹. Según el Anuario Estadístico del MARN, 2019; El Salvador contaba con 17 rellenos sanitarios y 2 plantas de tratamiento de desechos bio-infecciosos las cuales están asignadas a empresas privadas; de los 14 departamentos del país solo La Paz y San Vicente no cuenta con un relleno sanitario, por su parte las plantas de tratamiento de desechos bio-infecciosos se encuentran ubicados en San Miguel y San Salvador.

Gráfico No. 12. *Tipos de residuos generados por las municipalidades para el 2015 (% del total de desechos)*



Fuente: Datos Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) 2018.

Se estima que para 2019 un total de 1,237.2 millones de toneladas fueron depositadas en rellenos sanitarios, de estas 1,114.7 millones de toneladas provienen de las municipalidades y por tanto, de desechos proveniente de hogares (ver gráfico No. 12), 120.0 miles de toneladas eran parte de las empresas, y sólo 2.5 miles de toneladas provenían de desechos bio-infecciosos, cifras que sin lugar a dudas incrementan año con año por múltiples factores como el crecimiento poblacional, el crecimiento de la producción en la economía, y debido al actual contexto

¹ Botaderos clandestinos de los cuales no se poseen cifras oficiales.

mundial, referente a la pandemia por el SARS-CoV 2 las cifras por desechos bio-infecciosos han experimentado aumentos significativos, según datos MINSAL, 2020, el Hospital El Salvador reporta en promedio 14.0 toneladas de desechos bio-infecciosas por mes, lo que al permanecer constante, suma un total de 168.0 toneladas para el Hospital, reportando así el doble de volumen de desechos bio-infecciosos de las demás instituciones de la red hospitalaria, no obstante, tomando en cuenta hospitales como el Hospital San Rafael y Hospital Saldaña los cuales funcionaron como hospitales con tratamiento a COVID-19 desde el inicio de la pandemia, y muestran un aumento de aproximadamente el 94.0% de desechos bio-infecciosos a partir de junio de 2020.

- **Energía**

Asimismo, el tema de energía como recurso está relacionado a problemas tales como la contaminación atmosférica, la deforestación y el uso hídrico. El país ha realizado importantes esfuerzos para dar paso a la generación de energías más limpias. En consecuencia, en 2010 se crea la Política Nacional Energética que tiene como uno de sus objetivos principales la diversificación de la matriz energética y mejorar la eficiencia energética, y así dejar de lado la dependencia de energías no renovables como son las de fuentes de combustibles fósiles; dado también que El Salvador es un importador neto de combustibles. Otros factores que contribuyen a la disminución de la calidad del aire son: la inadecuada práctica del sector agrícola, los incendios forestales y el uso de la leña. Según datos del MARN en 2018 se registraron 54 incendios que afectaron 1,533.8 ha. Además, el uso de la leña para la cocción también sigue siendo un problema importante, según resultados de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM) para 2020, 1.8% hogares del área urbana y 16.1% de hogares del área rural cocinan con leña.

□ **Emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) en El Salvador**

A nivel mundial, el Dióxido de Carbono (CO₂) es el principal Gas de Efecto Invernadero (GEI) antropógeno de la atmósfera, que contribuye aproximadamente un 66.0% al forzamiento radiactivo total causado por el conjunto de GEI de larga duración, a causa principalmente de las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles. Del total de emisiones estas emisiones en promedio el 44.0% se acumulan en la atmósfera, el 23.0% en los océanos y el 29.0% en la tierra. A nivel mundial, en 2019 los niveles registrados de CO₂ en el aire eran de $407.8 \pm 0.1 \text{ ppm}^2$ en promedio, teniendo variaciones promedio de 2.26ppm desde 1999 a 2019 representando aproximadamente un aumento de 147.0% desde 1989 (OMM, 2019)

Anteriormente, en El Salvador el principal emisor neto de Gases de Efecto Invernadero era el sector energético, estos gases repercuten en el deterioro de la atmósfera y por tanto en la calidad del aire, la contribución de CO₂ era de en promedio 49.0% del total de emisiones de GEI de los 5 sectores³ que más contribuyen a los GEI en el año 2000 (CNE, 2010); teniendo en cuenta que para este año la generación de energía fue de 3,377.2 millones de MW (Ver anexo No. 7) de estos el 21.7% era generación de energía térmica y las emisiones de CO₂ totales del sector eran 22.4%, por su parte los UTCUTS⁴ ocupaban el segundo lugar en cuanto a emisiones de CO₂.

Debido a lo anterior, la Política Energética se enfoca en realizar una serie de acciones que buscaban reducir el consumo de energía mediante la aplicación de medidas de eficiencia energética y reducir o evitar el consumo de productos derivados del petróleo, que son

² Supone que trata de partes por volumen, así por ejemplo 1 ppm quiere decir que en una muestra gaseosa 1 de cada 10 moléculas es contaminante, (aunque a veces se indica explícitamente esto poniendo ppmv, ppbv, etc.) siendo el caso para el tema tratado en esta investigación que, 407.8 partículas de cada millón son contaminantes de la atmósfera. Estas unidades sólo tienen sentido para contaminantes gaseosos; en estos la fracción útil porque coincide con la fracción en moléculas.

³ Los cinco sectores son: sector energético, procesos industriales, la agricultura, UTCUTS y otros desechos.

⁴ UTCUTS: uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura

fuertemente utilizados en las plantas termoeléctricas, y como consecuencia las mayores emisoras de CO₂.

A pesar de los esfuerzos por la reducción de emisiones de GEI por parte del sector energético y los demás sectores del aparato económico, sigue prevaleciendo el peso del sector energético en las emisiones de CO₂, siendo que hasta el año 2019 es el segundo emisor de GEI.

Realizando un análisis de la evolución de las emisiones de CO₂ del sector energético, éstas han aumentado en 23.9% desde el 2000 hasta 2019, lo que equivale a un aumento de 1,393.0 kilotoneladas de CO₂; por su parte la generación de energía ha aumentado en 56.6% incrementando la generación de esta en 1,912.4 millones MWh, para el mismo periodo.

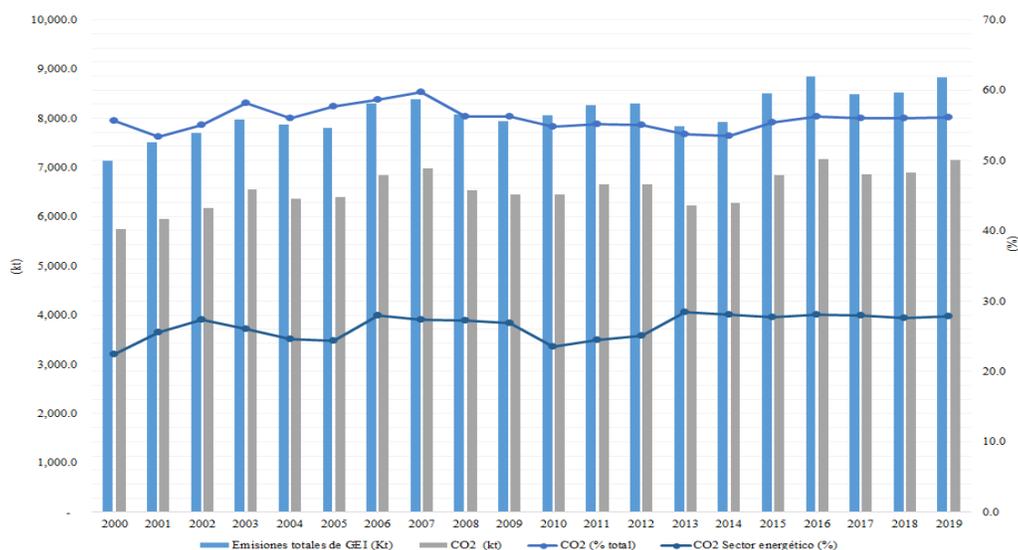
Según datos del MARN, en 2019 el sector energético fue el segundo sector con mayores emisiones de CO₂, siendo desplazado por el sector de la agricultura, silvicultura y usos de la tierra. No obstante, la participación del sector energético en las emisiones de CO₂ es en promedio 25.9% entre 2000-2009 y 26.9% entre 2010 y 2020, posterior a la implementación de la Política Nacional Energética.

En el gráfico No. 13, se muestran las emisiones totales de (GEI) el cual incluye, Dióxido de Carbono (CO₂); Metano (CH₄); Óxido Nitroso (N₂O) y halógenos menores como los hidrofluorocarbonos (HFC); el Hexafluoruro de azufre (SF₆) y los Perfluorocarbonos (PFC)⁵, que afectan el forzamiento radiactivo de la atmósfera, gases que en su mayoría son emitidos por la quema de combustibles fósiles, de la explotación de gas natural y petróleo, de la deposición de nitrógeno atmosférico como consecuencia de la contaminación del aire y de la quema de biomasa, y otros como los HFC liberados por el uso de sistemas de aire acondicionado y

⁵ GEI no se incluídos en esta investigación por falta de datos oficiales.

sistemas refrigerantes y el CH₄ utilizado como aislante eléctrico de equipos de distribución eléctrica en el cual incluye los cortacircuitos.

Gráfico No. 13. Emisiones totales GEI, emisiones totales de CO₂ y emisiones totales de CO₂ del sector energético de El Salvador 2000 - 2019 (en Kt/ %)



Fuente: Con base a datos del Banco Mundial 2021.

De acuerdo a datos obtenidos del MARN y el BM las emisiones totales de CO₂ en el país representan en promedio el 80.9% del total de GEI, y de estos en promedio. El gráfico No. 13, muestra que para el 2000 que es el año de inicio del análisis, las emisiones totales de GEI son de 7,131.8 kilotoneladas, de estas 5,754.0 kilotoneladas son emisiones de CO₂ equivalente a 80.7% del total de GEI en las cuales se incluyen las emisiones de CO₂ per capita, estas equivalentes a 0.9% del total de CO₂, mientras tanto el sector energético generaba el 22.4% del total de emisiones de CO₂; del total de emisiones generadas por el sector eléctrico el 90.7% eran emitidos por el consumo de combustible líquido. Previo a la implementación de la política energética el 2007 es el año de mayores emisiones de GEI generando 8,392.2 kilotoneladas, el 83.2% son emisiones de CO₂, y 27.3% de emisiones de CO₂ provienen del sector energético, año en el cual, la generación neta de energía en el país fue de 5,490.9 millones de MW siendo el 46.3% generación de energía térmica y el segundo año con mayor generación de energía de tipo térmica después del 2009 cuando esta fue de 47.7% del total de energía generada

En definitiva las emisiones de CO₂ son emitidas principalmente por la quema combustibles fósiles, que tienen impacto ambiental severo, y repercute en el cambio climático, situación que prevalece a pesar de la implementación de la Política Energética en 2010, alcanzando niveles máximos en 2013, con una participación de 28.4% con una generación neta de 5,871.9 MW mientras el 39.8% es generación de energía de tipo térmica, otro punto a destacar es el año 2017 año del inicio de generación de energía de fuente solar, reduciendo la participación de generación de fuente de energía fósil, a pesar de ello las emisiones de CO₂ fueron de y 27.9% kilotoneladas provenientes del sector energético, es decir, una reducción de 0.5 puntos porcentuales en comparación con el 2013, año que las emisiones de CO₂ presenta el mayor pico.

Gracias a lo anterior podemos identificar como los diferentes elementos que engloba la sostenibilidad ambiental están siendo deteriorados por múltiples factores, desde la cocción de alimentos y preparación de la tierra para la agricultura como actividades de la producción de la economía, haciendo mayor énfasis en el deterioro de la calidad del aire que exacerba el debilitamiento de la capa de la capa de ozono y que a la vez repercute en la calidad de vida de los seres bióticos.

2.2. Medición del Impacto de la política energética sobre las emisiones de CO₂

La medición del impacto de la política energética sobre la sostenibilidad ambiental es sumamente compleja, como se explicó en el apartado anterior, la sostenibilidad ambiental está sujeta a tres componentes de: 1) Agua, Diversidad Biológica y Áreas Naturales Protegidas; 2) Suelos, Aire y Atmósfera; 3) Disposición de Desechos y Dispersión de sustancias Tóxicas y Peligrosas, y en tanto, los componentes sobre los que se debe poner cuidado son: El riesgo, La contaminación, la energía y la Gobernanza Territorial. La complejidad está marcada por la falta

de información y/o por información incompleta, en concordancia, la medición se realiza sobre el componente aire y atmósfera, y para efectos de la investigación, se toman las emisiones de CO₂ como variable representativa de la sostenibilidad ambiental.

En los apartados siguientes se especifica el modelo teórico utilizado para la medición, la interpretación de los resultados y, la aplicación del modelo a la realidad de El Salvador.

2.2.1. Modelo teórico utilizado en la medición

Para la medición del impacto de la política energética sobre la sostenibilidad ambiental se utiliza el modelo aplicado por Horacio (2020), el cual plantea que los GEI tienen una relación directa con la generación de energía de fuentes de energía no renovable con el PIB, y tiene una relación inversa con la generación de energía de fuentes renovables. El modelo plantea la realización de un modelo econométrico de largo plazo, que asume que las emisiones de CO₂, está en función del PIB y de las fuentes de energías no renovables. De acuerdo con Horacio (2020), existen nuevas corrientes que incorporan generación de energías de fuentes renovables o limpias, como una manera de reducir o estabilizar los niveles de emisiones de CO₂.

❖ Técnica econométrica utilizada

El modelo que se ha utilizado para la investigación es el log-lineal o doble logarítmico el cual consiste en el uso de logaritmos naturales para la especificación de las variables en ambos lados con que se busca estimar las elasticidades de respuestas (como se citó en Horacio, 2020). Este modelo es útil cuando la relación no es lineal en los parámetros, dado que la transformación logarítmica genera la linealidad deseada en los parámetros.

Un modelo doble logarítmico está compuesto según muestra *Gujarati, D. & Porter, D. (2010)*:

$$\ln Y_i = \alpha + \beta_2 \ln X_i + v_i \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

ln = Logaritmo natural (es decir, logaritmo en base e y donde e = 2.718)

β = Son parámetros

Y_i= Variable dependiente

X_i= Variable independiente

U_i= Término de error

Como menciona Gujarati, D. & Porter, D. (2010), “una característica importante del modelo log-log, que lo ha hecho muy popular en el trabajo empírico, es que el coeficiente de la pendiente β_2 mide la elasticidad de Y respecto de X, es decir, el cambio porcentual en Y ante un pequeño cambio porcentual en X”. Y es por eso que se utilizó esta técnica econométrica debido a que permitirá medir el cambio porcentual de las emisiones de dióxido de carbono ante una variación porcentual ya sea del PIB o tanto de las energías renovables y no renovables.

- **Funciones matemáticas utilizadas para el modelo**

Al integrar las variables que se ocuparon para replicar el modelo que utiliza Horacio (2020) la ecuación (1) queda de la siguiente forma:

$$\ln CO2_t = \beta_0 + \beta_1 \ln PIB_t + \beta_2 \ln ENG_t + \beta_3 \ln ENGR_t + u_t \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

CO₂t : Emisiones de Dióxido de Carbono

PIBt : Producto Interno Bruto a Precios Corriente

ENGt : Energías Renovables

ENGRt : Energías no Renovables

Ut : Término de error estocástico

Donde las elasticidades de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂t) respecto al Producto Interno Bruto (PIBt) y respecto al consumo de energía de origen fósil (ENGt) reportan un signo positivo ($\beta > 0$) en vista que tienen una relación directa, en tanto que el consumo de energías renovables su elasticidad es negativa ($\beta < 0$), consistente con la hipótesis de que un mayor consumo de energía renovable se traduce en una reducción de emisiones de CO₂ en el largo plazo por su característica de ser más amigables con el medio ambiente.

Es importante aclarar: *“El concepto de elasticidad respuesta es utilizado en economía para medir o evaluar la respuesta de la variable dependiente, en este caso las emisiones de los GEI, ante un cambio en una de las variables explicativas. Es decir, el cambio porcentual de las emisiones de CO₂t ante una variación porcentual en 1.0%, por ejemplo, del PIB o del consumo de energía”* (Horacio, 2020)

Los resultados se analizan en razón de lo planteado anteriormente, de esta manera, se explica en qué porcentaje influyen las variables en estudio (PIB, ENG Y ER) sobre las emisiones de dióxido de carbono (CO₂t); a partir de esto, proponer las recomendaciones y conclusiones que ayuden a fortalecer y dirigir la Política Nacional Energética de tal manera que se puedan ejecutar los objetivos y líneas estratégicas propuestas en los objetivos de la Política Nacional Energética

en lo referente a la diversificación de la matriz energética, promoción de una cultura de eficiencia y ahorro energético, ampliación y cobertura de tarifas sociales e innovación y desarrollo tecnológico, lo cual se plasma en el capítulo tres de la presente investigación.

2.2.2. Resultados de la medición

En la elaboración del modelo econométrico la base de datos utilizada son series temporales anuales para el periodo 1985-2020. Las series de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) medida en kilotonnes (kt) cuya fuente es el Banco Mundial; el Producto Interno Bruto (PIB) a precios corrientes, medido en millones de dólares de los Estados Unidos de América, fuente Banco Mundial; la producción de energía eléctrica renovable (ER) y no renovable (ENR) medida en MWh, datos extraídos del Boletín de Estadísticas Eléctricas de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET) (ver anexo No. 8).

Teniendo en cuenta los datos anteriores se procede a la creación del modelo econométrico, utilizando la herramienta de Eviews 10 y a través de los mínimos cuadrados ordinarios se corre el modelo log-log expresado en la fórmula dos de Horacio (2020), que permite ver las elasticidades de la variable CO₂ ante los movimientos del PIB, ENR y ER, como se muestra en cuadro 1.

Como se observa en el cuadro 1 los resultados de los estimadores β son estadísticamente significativos (**prob<5.0%**), además, muestran los resultados esperados para cada variable, sin embargo, a primera vista el modelo presenta el problema de autocorrelación (Durbin-Watson (DW)).

Cuadro No. 1. Modelo $\text{LogCO2t} = C + \text{LogPIBt} + \text{LogENRt} + \text{LogERt}$

Variable dependiente LOGCO2				
Variable	Coefficiente	Error Estand	Estadístico t	Prob.
C	0.130606	1.306279	0.099983	0.9210
LOGPIB	0.553587	0.095912	5.771805	0.0000
LOGENR	0.148118	0.039041	3.793884	0.0006
LOGER	-0.442091	0.159368	-2.774031	0.0092
R-Cuadrada	0.936823			
R-Cuadrada Ajustadas	0.930901			
Suma de Cuadrados Residual	0.106721			
F-Estadístico	158.172300			
Estadístico Durbin-Watson(DW)	0.434259			

Nota: Para que no exista autocorrelación la DW, debe estar entre $1.85 > DW > 2.15$

Fuente: Elaboración propia

- **Test de Breusch-Godfrey y Test de White**

Para la detección de problemas en el modelo se ejecutó el Test de autocorrelación de Breusch-Godfrey y el Test de White (ver anexo No. 9). El test de Breusch-Godfrey muestra el grado de correlación que tienen las series de tiempo, para Tintner (citado en Gujarati, 2010) define la autocorrelación como:

“la correlación rezagada de una serie dada consigo misma, rezagada por un número de unidades de tiempo”

Así mismo, el efecto más tangible de la autocorrelación es que los estimadores de los MCO son sesgados, complicando la comprobación de hipótesis. Por su parte, el Test de White permite ver si el modelo tiene problemas de heterocedasticidad, por lo mismo implica que las perturbaciones no se distribuyen de la misma manera a lo largo de la recta de regresión.

En consecuencia, las pruebas se muestran en el cuadro 2, teniendo como resultado el problema de autocorrelación. Para Gujarati (2010), la corrección del modelo con autocorrelación más común es el esquema autorregresivo de primer orden, haciendo la prueba del correlograma en el modelo se encontró que tiene correlación serial de primer orden (ver anexo No. 10), para corregir la autocorrelación, se recurrió a los autorregresivos (AR) de primer y segundo orden, resultando estimadores insesgados, como se observa en cuadro No. 3

Cuadro No. 2. Test de autocorrelación y Heterocedasticidad

Test de correlación Breusch-Godfrey			
F-statistic	20.60258	Prob. F(2,30)	0.0000
Obs*R-squared	20.83256	Prob. Chi-Square(2)	0.0000
Test de heterocedasticidad de White			
F-statistic	2.113648	Prob. F(9,26)	0.0658
Obs*R-squared	15.21055	Prob. Chi-Square(9)	0.0853
Scaled explained SS	6.85575	Prob. Chi-Square(9)	0.6521

Nota: Para el Teste de Breusch-Godfrey la hipótesis nula ($p > 5.0\%$) no hay autocorrelación, si $p < 5.0\%$ existe autocorrelación. Para el Test de White, la hipótesis nula ($p > 5.0\%$) el modelo es homocedastico, mientras que la hipótesis alternativa ($p < 5.0\%$) se está ante el problema de heterocedasticidad.

Fuente: elaboración propia

El modelo mínimos cuadrados ordinarios (MCO) presentado en la tabla 3 muestra que todos los estimadores son estadísticamente significativos, con R-Cuadrada (0.986246) alta, esto implica la no existencia de multicolinealidad, por su parte, el estadístico DW presenta un valor cercano a dos, por tanto, es signo de no autocorrelación.

Los estimadores representados en la ecuación (3), son elasticidades de largo plazo. Así pues, las emisiones tienen una relación directa con el producto interno bruto (PIB) y con las

energías no renovables (ENR), y una relación inversa con las fuentes de energías renovables (ER). En esta medida, si la actividad económica (PIB) crece en 2.5% (crecimiento promedio del PIB para el periodo (2010-2020)), las emisiones de CO₂ se incrementan en 1.4%, en igual forma, si la generación de energía no renovable (ENR) se incrementa en 2.5%, las emisiones de CO₂ se incrementan en 0.25%, así mismo, si la producción de energía renovable (ER) se incrementa en 2.5%, las emisiones de CO₂ disminuyen en un 0.44%.

Cuadro No. 3. Modelo MCO corregido

Variable	Coefficiente	Error Estand	Estadístico t	Prob.
C	-3.65127	1.966063	-1.857148	0.0735
LOGPIB	0.574852	0.106785	5.383285	0.0000
LOGENR	0.101253	0.025659	3.946029	0.0005
LOGER	-0.175447	0.082936	-2.115434	0.0431
AR(1)	1.037885	0.23498	4.416911	0.0001
AR(2)	-0.148817	0.240058	-0.619922	0.5401
SIGMASQ	0.002204	0.000755	2.919632	0.0067
R-Cuadrada		0.986246		
R-Cuadrada Ajustada		0.983401		
Suma de Cuadrados Residual		0.052306		
F-Estadístico		346.5909		
Estadístico Durbin-Watson (DW)		1.927139		

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación de resultados**

La ecuación siguiente es la representación matemática del modelo econométrico:

$$\ln CO2_t = -3.651 + 0.575 \log PIB_t + 0.101 \log ENR_t - 0.175 \log ER_t \quad \text{Ecuación 3}$$

En otro orden de ideas, para el periodo 2010-2020, el crecimiento promedio del PIB es de 2.5%, mientras que la generación de energía no renovable ha crecido en promedio de 0.2%, y la producción de energía renovable ha tenido un crecimiento promedio de 1.9%, en esta medida, aplicando el modelo a estas tasas de crecimiento, se observa que, si el PIB crece a una tasa de 2.5% (sin contar el año 2020, debido a la crisis sanitaria COVID-19), las emisiones de CO₂, se han incrementado en 1.4% en promedio, mientras que, las fuentes de energías no renovables se ha incrementado en un promedio de 0.2%, esto representa un incremento de las emisiones de CO₂ en 0.3%, por su parte, el incremento promedio de la producción de energías renovables de 1.9%, ha permitido una disminución de las emisiones de CO₂ en un 0.4%.

Finalmente, si se hace un contraste entre los años anteriores a la implementación de la Política Energética y durante el periodo de ejecución 2010-2020, los resultados marcan una diferencia importante de la política energética, en el periodo 2000-2009, con un crecimiento promedio del PIB de 1.5%, las emisiones de CO₂ se incrementan en 0.9%, el crecimiento promedio de las ENR en 27.4%, las emisiones de CO₂ se incrementan en 2.8%, mientras que con un crecimiento promedio de las ER de 3.2%, las emisiones de CO₂ se reducen en 0.6%, como se observa el cuadro 4. Sin embargo, hay que destacar que durante el periodo 2000-2009, el crecimiento de las fuentes de energía no renovable se explica por la liberación de las actividades de generación de energía que fueron impulsadas en la década de los noventa, con la implementación del modelo neoliberal, que tenía un objetivo de privatizar las empresas estatales.

Así mismo, desde la implementación de la política energética, el crecimiento promedio de las fuentes de energía no renovable ha tendido a la baja, y con ello las reducciones de CO₂, sin embargo, cabe destacar que las reducciones de CO₂ son menores que los incrementos de CO₂ que

se dan por el crecimiento del PIB, esto implica movilizar esfuerzos en otras aristas que permitan la reducción de emisiones de CO₂, como se observa a continuación.

Cuadro No. 4. Comparación de resultados

<i>Variable</i>	Estimadores	Crecimiento promedio PIB, ENR, ER (supuesto 2.5%)	variación
<i>PIB</i>	0.575	2.5%	1.44%
<i>ENR</i>	0.101	2.5%	0.25%
<i>ER</i>	-0.175	2.5%	-0.44%
<i>Variable</i>	Estimadores	Crecimiento promedio PIB, ENR, ER (2010-2020)	variación
<i>PIB</i>	0.575	2.5%	1.4%
<i>ENR</i>	0.101	0.2%	0.02%
<i>ER</i>	-0.175	1.9%	-0.3%
<i>Variable</i>	Estimadores	Crecimiento promedio PIB, ENR, ER (2000-2009)	variación
<i>PIB</i>	0.575	1.5%	0.9%
<i>ENR</i>	0.101	27.4%	2.8%
<i>ER</i>	-0.175	3.2%	-0.6%
<i>Variable</i>	Estimadores	Crecimiento promedio PIB, ENR, ER (1990-1999)	variación
<i>PIB</i>	0.575	3.7%	2.1%
<i>ENR</i>	0.101	37.3%	3.8%
<i>ER</i>	-0.175	3.2%	-0.6%

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Según los resultados obtenidos en el capítulo 2 de este documento y con base en la construcción teórica y empírica presentada en el capítulo 1, se presentan a continuación las principales conclusiones ordenadas según los objetivos de esta investigación:

- 1) Componentes de la Política Energética que están relacionados con la Sostenibilidad Ambiental.

Al analizar los objetivos de la Política Nacional Energética, se observa que contiene unas partes que generan mejores condiciones para la construcción de la Sostenibilidad Ambiental del país desde el punto de vista de la generación de energía eléctrica, no obstante, al ser una política pública, ésta abarca más sectores y más líneas de trabajo que no compete propiamente al bienestar del medio ambiente, sino más bien se trata y hace mayor relevancia sobre temas sociales; el principio fundamental está enmarcado sobre la característica de que la energía es un bien de utilidad pública y que por lo tanto es el Estado el que debe garantizar que toda la población tenga acceso y pueda hacer uso de ésta, mientras el objetivo general al que hacen mayor énfasis es a garantizar el abastecimiento de energía oportuno, continuo, de calidad.

Es de destacar que un principio de la política Energética es que constituye una especificación particular de la política nacional de desarrollo, que se ha definido conscientemente como “sustentable” que se refleja en diferentes planos: social, económico, ambiental y político y de igual forma dos objetivos reflejan la importancia del medio ambiente en esta política al pretender con esta reducir la dependencia energética del petróleo y sus derivados que como lo menciona la política y como se ha podido identificar después de recabar

información el sector energético es uno de los principales emisores de CO₂ al depender del petróleo por lo cual la política hace énfasis en fomentar las fuentes de energía renovables y la cultura de uso racional de la energía ya que la generación de energía es inevitable para el avance de la economía de un país por lo cual se puede aludir más bien un ahorro energético de la mano con la innovación de la tecnología, otro objetivo trata sobre minimizar los impactos ambientales y sociales de los proyectos energéticos, así como aquellos que propician el cambio climático.

Aunque finalmente la hipótesis se rechaza ya que, sí, se cuenta con una ley de incentivos fiscales orientados a beneficiar a las inversiones en centrales eléctricas de generación con energía renovables, esta no es mencionada en la Política Energética y no surge posterior a esta. Es decir, éstas leyes no habían tomado la importancia que debían en cuanto al fomento de generación de energías limpias. La Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad por Decreto Legislativo 462-2007 la cual tienen por objetivo promover la realización de inversiones en proyectos a partir del uso de fuentes de energía renovables mediante el aprovechamiento de recursos hidráulicos, geotérmico, Eólico, Solar, Marino, Biogás y Biomasa con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente que sigue vigente en la actualidad, y que mediante está gozaran de beneficios como la exención de pago de los Derechos Arancelarios de Importación de Maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados para la inversión en obras de las centrales de energía, exención del pago del Impuesto sobre la Renta para proyecto de entre 20 y 10 MW y menos de 10MW siendo esto para período de 5 años y 10 años de exención respectivamente, y también de exención total del pago de todo tipo de impuestos sobre la los ingresos provenientes directamente de la venta de las “Reducciones certificadas de Emisiones” (Ley de Incentivos fiscales para el fomento de la energías renovable, 2007). Sobre esto desde la creación de la Política Energética se ha invertido

en nuevas formas de generación de energía en El Salvador como la de biomasa en el 2016 y la fotovoltaica en 2017, ya que previo al año de la implementación de la política energética sólo se contabilizaba la Hidráulica, Geotérmica y Térmica, también se esperaba que para el año 2020 se inaugurara el primer parque eólico en el país, ubicado en Metapán el cual contaría con 15 turbinas la cual generaría alrededor de 54 MW, y evitaría aproximadamente 200.0 miles de toneladas de CO₂ por año sin embargo, por la situación global de la pandemia por Covid-19 esta se pospuso para el año 2021 la cual para febrero del mismo año tenía un avance del 95.0% y se esperaba que para marzo estuviese terminado. No obstante, para la misma fecha el parque eólico ya contaba con 10 de 15 aerogeneradores inyectando energía eléctrica a la red nacional, pero no fue hasta julio del presente año que se activó el parque en su totalidad.

2) Medir los impactos de la Política Energética en la Sostenibilidad Ambiental de El Salvador.

Por otro lado, el impacto de la política energética sobre las emisiones de CO₂ son prácticamente nulos, esto se puede explicar por qué la política está basada en la economía ambiental, con propuestas meramente superficiales, en las que se ataca solo un componente el cual es la promoción de generación de fuentes de energía renovables a través de incentivos fiscales (que ya se estaba ejecutando con anterioridad), para empresas que ingresen al país con generación de energía renovable.

Los resultados muestran una relación directa entre emisiones de CO₂, PIB (0.575) y ENR (0.101), mientras que con las fuentes de energía renovable una relación inversa, ER (-0.175). Para que las emisiones se reduzcan en un 1%, las fuentes de energía renovable tienen que crecer en 5.7% anual; sin embargo, la producción promedio de generación de energía renovable en la

última década ha crecido en promedio 1.9%. Si bien la producción de fuentes de energía no renovable se ha reducido en 25.9% durante la última década, esta sigue siendo una fuente importante de producción energética representado en promedio para el periodo 2010-2019 el 36.2%. Sin embargo, los efectos de la generación de energía no renovable (ENR), tienen menos incidencia en las emisiones de CO₂, por cada punto porcentual que se incremente la producción de energía no renovable, las emisiones de CO₂ se incrementan en 0.1%, esto se explica porque la generación de energía eléctrica ocupa el segundo lugar de generación de emisiones de CO₂ con 30.7%, después del sector agrícola (57.8%) de acuerdo con el Informe Bienal del MARN (2018)

De acuerdo al BM (2014) por cada USD\$1000.00 de PIB (precios constantes), se utilizan 80.8 kg equivalentes de petróleo; en esta misma línea, por cada dólar que se produce en la economía, se producen 0.30 kg de emisiones de CO₂ en promedio para el periodo 2010-2020. Por su parte, los datos arrojados por el modelo econométrico, muestran que por cada punto porcentual que se incrementa el PIB, las emisiones se incrementan en 0.58%, es importante destacar que para el periodo 2010-2020, las emisiones de CO₂ han crecido en promedio en 1.7%. Por otro lado, si El Salvador crece a una tasa de 5% anual, las emisiones crecen 2.8% anual, una importante tasa de emisiones. Además, destacar que esto es impulsado por la cantidad de derivados del petróleo que utiliza El Salvador, para el período 2001-2010, la factura petrolera se incrementó en 263% (US\$988.5 millones) respecto al periodo 1991-2000 que fue una factura petrolera de US\$217.7 millones en promedio. Para el periodo 2011-2020, la factura petrolera es en promedio de US\$1,518 millones, representando un incremento de 53.6% respecto al periodo 2001-2010, esto refleja la dependencia que todavía se tiene con el petróleo y que contribuye a las emisiones de CO₂.

Para finalizar, las emisiones de CO₂ tienen una fuerte dependencia del sector agrícola y del sector eléctrico, un proceso impulsado por el incremento de la producción, y es que las teorías basadas en la economía ambiental tratan de mitigar de una manera simplista la regulación y protección del medio ambiente, siguen siendo teorías que se basan en internalizar externalidades a partir de incentivos, incluso de incentivar a través de reducir la cantidad de requisitos para construcción de plantas energéticas amigables con el medio ambiente, por ejemplo: hacer excepciones en la presentación de estudios de impacto ambiental; esto como una manera de generar propuestas que solo se tratan de solucionar problemas ya establecidos, es decir son medidas que tratan los problemas que están en boga, no se trata de generar una prevención como tal. Así pues, las propuestas son un espejismo que provoca un mayor problema en el futuro. Por ejemplo, los instrumentos de bonos de carbono o bonos verdes que son utilizados como una manera de incentivar a los países a absorber emisiones de CO₂ por una cierta cantidad de dinero, sin embargo, no se toma en cuenta la cantidad de bosque que se deforestan cada año, para el caso de El Salvador en el periodo 1998-2008, perdió 44 mil hectáreas de bosque naturales (bosques naturales que son sumideros naturales de GEI), con una tasa promedio anual de 1.5% (Banco mundial, 2012; citado en informe bienal, 2008), esto crea un círculo, ya que en la medida que se deforesta, se incrementa la degradación y erosión de los suelos, llevando a un problema mayor de vulnerabilidad ambiental. Los bonos de carbono y bonos verdes son herramientas y utilizadas por la economía ambiental para internalizar las externalidades, en la medida que se intenta remediar el daño de las emisiones de CO₂ (bonos de carbono) o financiar proyectos verdes (bonos verdes).

La política energética nacional no ha generado impactos importantes sobre la sostenibilidad ambiental, como se observa en los resultados de la medición; sin embargo, si lo ha

hecho de manera indirecta, creando un marco normativo jurídico a seguir para poder lograr las transformaciones necesarias para conducir a una matriz energética más diversificada, centrandó el esfuerzo en la generación de energías renovables, que cómo se demostró en el modelo econométrico estas disminuyen las emisiones de CO₂ generando un impacto positivo a la sostenibilidad ambiental en el país que es crucial para que las futuras generaciones puedan disfrutar de una calidad de vida más digna, aunque el trabajo y la voluntad política es un enorme obstáculo, los resultados de tener una producción energética sustentada en fuentes renovables beneficiara enormemente a la población salvadoreña.

3.2. Recomendaciones

Una vez concluida la investigación se considera interesante continuar profundizando sobre temas relacionados con la sostenibilidad ambiental del país, por tanto, se propone:

Continuar elaborando Políticas Públicas que propicien el cuidado del medio ambiente de El Salvador, ya que actualmente estas son limitadas, por ejemplo, sería de suma importancia dedicar una política relacionada con el tratamiento de desechos sólidos que fomente el tratamiento de desechos desde los hogares, para que el esfuerzo en conjunto de la sociedad obtenga mejores resultados, para esto desarrollar actividades en las que se informe a la sociedad sobre el adecuado tratamiento de desechos podría ser de mucha relevancia, además de poner mayor énfasis en botaderos a cielo abierto y limitar las operaciones de estos.

Propiciar el fomento de una matriz energética más diversificada y que sea capaz de abastecer a la red eléctrica nacional ya que actualmente solo la generación térmica, geotermia, hidroeléctrica, solar y biomasa son las que abastecen a dicha red y otras formas como el biogás o

eólica su producción es mínima y no representativa para llegar a producir un suministro constante a la red nacional.

En vista que la presente investigación solo se centra en las emisiones de CO₂ como aproximación a efectos en la sostenibilidad ambiental a través de la contaminación del aire y atmósfera, se sugiere que se continúen realizando investigaciones que refleje efectos en las condiciones del medio ambiente y los elementos sobre los que se debe hacer énfasis, como el riesgo y la contaminación que si bien es cierto es un tema que sobre el cual se ha puesto importancia en los últimos años no deja de ser preocupante, no así en el caso del elemento riesgo sobre el cual existen pocos estudios en cuanto a su relación con la sostenibilidad ambiental.

Al igual que como se mencionó anteriormente, la investigación se centró en las emisiones de CO₂ como variable de aproximación a efectos positivos o negativos en la sostenibilidad ambiental, es importante recalcar que el país no cuenta con un anuario estadístico actualizado lo cual es necesario para medir el impacto que han tenido los esfuerzos realizados por diferentes instancias para mitigar la frágil situación del medio ambiente, y en consecuencia realizar una expansión en la medición de demás gases de efecto invernadero que contribuyen al forzamiento radiactivo total causados por los GEI

Cabe destacar, que las investigaciones y las propuestas de políticas deben enfocarse en una metodología holística que permita la planeación de políticas públicas de largo plazo que, además, tengan un enfoque multidisciplinar. Además, partir de premisas de mejora ambiental, sociales, culturales y económicas. En esta medida se puede generar una política ambiental integral, que permita el mejoramiento de las condiciones socioambientales del país. Así, por ejemplo, trabajar una política ambiental que tenga como eje central el medio ambiente, partiendo por el respeto del medio ambiente en los procesos productivos, a través de transformar la

sociedad y, hacer conciencia de una cultura ambiental, con un consumo consciente de la importancia del medio ambiente, no como recursos para la producción, sino como el recurso agotable, que permite tener espacios para el esparcimiento y al mismo tiempo espacio para vivir.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguado Moralejo, I., Echebarria Miguel, C., & Barrutia Legarreta, J. (2009). *El desarrollo sostenible a lo largo de la historia del pensamiento económico*. Revista de Economía Mundial, 21, 87-110.
- Alianza en Energía y Ambiente en Centroamérica. (2011) *Estudio y propuesta del marco regulatorio para la promoción de energías renovables en El Salvador*.
- Arias Torres, D., & Herrera Torres, H. A. (2012). *Entre políticas gubernamentales y políticas públicas: Análisis del ciclo de las políticas de desarrollo del gobierno del Estado de Michoacán*. México, 2003-2010 (Primera edición). INAP, Instituto Nacional de Administración Pública.
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). (2018). 1. Recuperado en 26 de agosto de 2021, de <https://aresep.go.cr/transparencia/datos-abiertos/precios-medios>
- Banco Mundial. (2021). Base de Datos Económica. [bancomundial.org. https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?locations=SV](https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?locations=SV)
- Centro internacional de Política Económica y Desarrollo Sostenible (2020) *La energía renovable como motor de una economía descarbonizada e inclusiva hacia el 2050: consideraciones de política pública en Costa Rica*
- Consejo Nacional de Energía (CNE). (2015). *Estadísticas de Energía Eléctrica*.
- Consejo Nacional de Energía (CNE). (s. f.). *Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024*.
- Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC). (2020). *Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples. (EHPM)*. San Salvador.

- Dirección Nacional de Energía (DNE). (2008). *Política Energética y Solar 2005 -2030*. Montevideo.
- Dirección Nacional de Energía (DNE). (2020). *Transición energética 2020*. Montevideo
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría (5a.ed.--)*. México: McGraw Hill.
- Hernández Sampieri, R (2006). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill/ Interamericana editores, S.A. de C.V.: México.
- Herrera Fuentes, L. A., Ramírez Araujo, L. G., & Rivera Urrutia, D. L. (2013). *Propuesta de Desarrollo Sostenible para el Sector Eléctrico de El Salvador*. Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (1999). *Impactos Ambientales de la Producción de Electricidad. Estudio comparativo de ocho tecnologías de generación eléctrica*. Cataluña.
- *Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables en la Generación de Electricidad*, pub. l. no. decreto n°462, tomo n°377 d.o. n°238 (2007).
- *Ley General de Electricidad*, pub. l. no. decreto 843, tomo 333 d.o. 201 (1996).
- López Alfaro, J. C., Magaña Jerónimo, R. M., & Vásquez Ramírez, O. E. (2009). *Análisis de la propuesta de política energética del Gobierno de El Salvador [PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA]*. Universidad de El Salvador.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015 – 2030*. San José.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2019). *Plan Nacional de descarbonización*. San José.

- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). (2017). *Emisiones de Gases de efecto invernadero del sector Energía.*: Montevideo.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2021). *Anuario estadístico 2019*, (1ra.ed.--). San Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2018). *Primer Informe Bienal de Actualización El Salvador*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2020) *Informe de la Calidad de los Ríos de El Salvador 2020* (2da.ed.--). San Salvador.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2014). *Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018 “Alberto Cañas Escalante”*. San José.
- Ministerio de Salud (MINSAL). (2020). *Proyecto de Respuesta al Covid-19- El Salvador*
- Miranda, Taymer, Suset, A, Cruz, Aida, Machado, Hilda, & Campos, Maybe. (2007). *El Desarrollo sostenible: Perspectivas y enfoques en una nueva época. Pastos y Forrajes*, 30(2), 1. Recuperado en 31 de mayo de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864¿03942007000200001&lng=es&tl=s
- Molina Escalante, L., Castaneda Ancheta, R., Melgar, C., Cabrera, J., & Instituto Centroamericano de Estudios Fiscales. (2016). *Brechas y puentes entre la política fiscal y las energías renovables: El Salvador*.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI). (2019). *Informe Anual*. Viena.
- Organización de las Naciones Unidas (2020) *Índice de Gestión de Riesgos Para América Latina y el Caribe (INFORM-LAC)*.

- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2019). *Boletín de la OMM Sobre los Gases de Efecto Invernadero*. Laboratorio de Investigación del Sistema Terrestre de la NOAA. Nueva York.
- Probst Oleszewski, Oliver M (2018). *Energías Convencionales, Limpias y su Tecnología: Impactos ambientales y sociales*. Tecnológico de Monterrey. 1. Recuperado en 31 de mayo de 2021, de <http://hdl.handle.net/11285/631099>
- Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo. (PNUMA). (2010). *Resumen Ambiental Nacional, El Salvador*.
- Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo. (PNUD). (2018). *Resumen Anual PNUD.: El Salvador*.
- Ríos Ramírez, R. R. (2007). *Metodología para la investigación y redacción* (Primera edición). <http://www.eumed.net/libros/libro.php?id=1662>
- Stiglitz, Joseph E. (1999) "*El papel del gobierno en el desarrollo económico*". *Cuadernos de Economía*, v. XVIII, n. 30, Bogotá.
- Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). (2015). *Boletín de Estadísticas Eléctricas* (N.o 17).
- Unidad Ecológica de El Salvador (UNES). (s. f.). *Hacia la revolución energética en El Salvador: Bases para una Política de Electricidad Sustentable*.
- U.S Energy Information Administration. (2022). *Levelized Costs of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2022*. Abril 17, 2022, de EIA Sitio web: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf
- Zarta Avila, P. (2018). *La sustentabilidad o Sostenibilidad: Un concepto poderoso para la humanidad*. *Tabula Rasa*, 28, 409-423. <https://doi.org/10.25058/201>

ANEXOS

Índice de Anexos

- | | |
|---------------|--|
| Anexo No.1. | Producción, Consumo y Emisiones de CO ₂ en El Salvador (1980-2015) |
| Anexo No. 2. | Objetivos de la política energética 2010 |
| Anexo No. 3. | Empresas generadoras de energía renovable |
| Anexo No. 4. | Costo teórico de Generar Energía Eléctrica |
| Anexo No. 5. | Capacidad Instalada por tipo de recurso 2002 – 2020 en MW y porcentaje |
| Anexo No. 6. | Capacidad Instalada por tipo de recursos 2002 – 2020 en MW |
| Anexo No. 7. | Generación neta de Energía Eléctrica por tipo de Recursos 1985 – 2019 en MW y porcentaje |
| Anexo No. 8. | Índice de Gestión de Riesgo para América Latina y El Caribe (INFORM-LAC) 2019 |
| Anexo No. 9. | Datos Utilizados para el modelo econométrico |
| Anexo No. 10. | Modelo MCO sin correcciones |
| Anexo No. 11. | Modelo MCO con correcciones |

ANEXOS

Anexo No. 1: Producción, Consumo y Emisiones de CO₂ en El Salvador (1980-2015)

Años	Producción de electricidad a partir de petróleo, gas y carbón (% del total) Producción	Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total)	Emisiones de CO ₂ por producción de energía (% del total)
	Producción	Consumo	Emisiones de CO ₂
1980	1.5	24.1	6.9
1981	4.3	21.1	9.3
1982	5.7	20.0	9.5
1983	4.3	20.8	8.7
1984	4.0	20.8	8.6
1985	6.6	23.5	11.6
1986	4.0	27.2	9.3
1987	17.1	29.2	19.0
1988	12.6	30.7	14.8
1989	8.1	32.0	9.8
1990	6.8	31.4	8.1
1991	26.3	36.7	24.2
1992	24.1	38.1	20.2
1993	31.8	41.6	23.4
1994	41.1	44.5	29.3
1995	42.2	46.7	29.8
1996	31.5	43.1	23.1
1997	46.6	47.7	28.5

1998	46.6	49.2	27.6
1999	35.8	46.5	21.1
2000	41.9	44.9	22.4
2001	45.8	44.2	25.6
2002	48.6	44.2	27.3
2003	42.7	45.0	26.1
2004	45.4	44.5	24.6
2005	41.8	44.1	24.3
2006	42.6	44.3	27.9
2007	43.8	47.8	27.3
2008	37.5	44.6	27.2
2009	43.7	47.2	26.9
2010	35.0	46.5	23.5
2011	37.1	47.4	24.5
2012	39.8	48.5	25.1
2013	39.6	47.9	28.4
2014	40.3	48.4	28.1
2015	42.2		

Fuente: con base a datos Banco Mundial y BCR

Anexo No. 2: Objetivos de la Política Energética Nacional 2010

Línea estratégica	Objetivo
1) Diversificación de la matriz energética y fomento a las fuentes renovables de energía.	Impulsar la diversificación de la matriz energética nacional, promoviendo e incentivando el uso de fuentes de energía renovables y la incorporación de nuevos combustibles en los subsectores de electricidad e hidrocarburos, reduciendo progresivamente la dependencia del petróleo y sus derivados
2) Fortalecimiento de la institucionalidad del sector energético y protección al usuario.	i) Recuperar el papel del Estado en el desarrollo del sector energético, fortaleciendo el marco institucional y legal que promueva, oriente y regule el desarrollo del mismo, superando los vacíos y debilidades existentes que impiden la protección legal de las personas usuarias de estos servicios. ii) Fortalecer el funcionamiento del Consejo Nacional de Energía y desarrollar el papel estratégico que debe cumplir en función del desarrollo energético del país.
3) Promoción de una cultura de eficiencia y ahorro energético.	Promover el ahorro y uso adecuado de los recursos energéticos, incentivando el uso de tecnologías más eficientes en el sector público, el comercio, la industria, los servicios y el hogar, así como en el sector transporte, a través de normativas, incentivos y promoción educativa del ahorro energético, buscando disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

<p>4) Ampliación y cobertura y tarifas sociales preferentes.</p>	<p>i) Propiciar el acceso a las diferentes formas de energía a toda la población, priorizando en las zonas rurales de difícil acceso y de menores Índices de Desarrollo Humano con la inversión en sistemas alternativos y renovables.</p>
	<p>ii) Garantizar la focalización de los subsidios, particularmente los dirigidos al consumo doméstico de las familias de escasos recursos.</p>
<p>5) Innovación y desarrollo tecnológico</p>	<p>Impulsar la investigación y desarrollo (I+D) de tecnologías energéticas, especialmente las tecnologías limpias, con participación de universidades, centros de investigación, la empresa privada, organismos Internacionales y otros grupos, fomentando el intercambio y la transferencia de tecnología y conocimiento con diferentes países de América Latina y el Mundo, con el fin de proporcionar soluciones reales e innovadoras a la problemática del sector energético y contribuir con el desarrollo sostenible del país en dicho sector.</p>
<p>6) Integración energética regional</p>	<p>Impulsar y apoyar la integración de los mercados energéticos a fin de disponer de fuentes energéticas diversificadas y a menor costo.</p>

Fuente: Con base en Política Nacional Energética de El Salvador 2010-2024

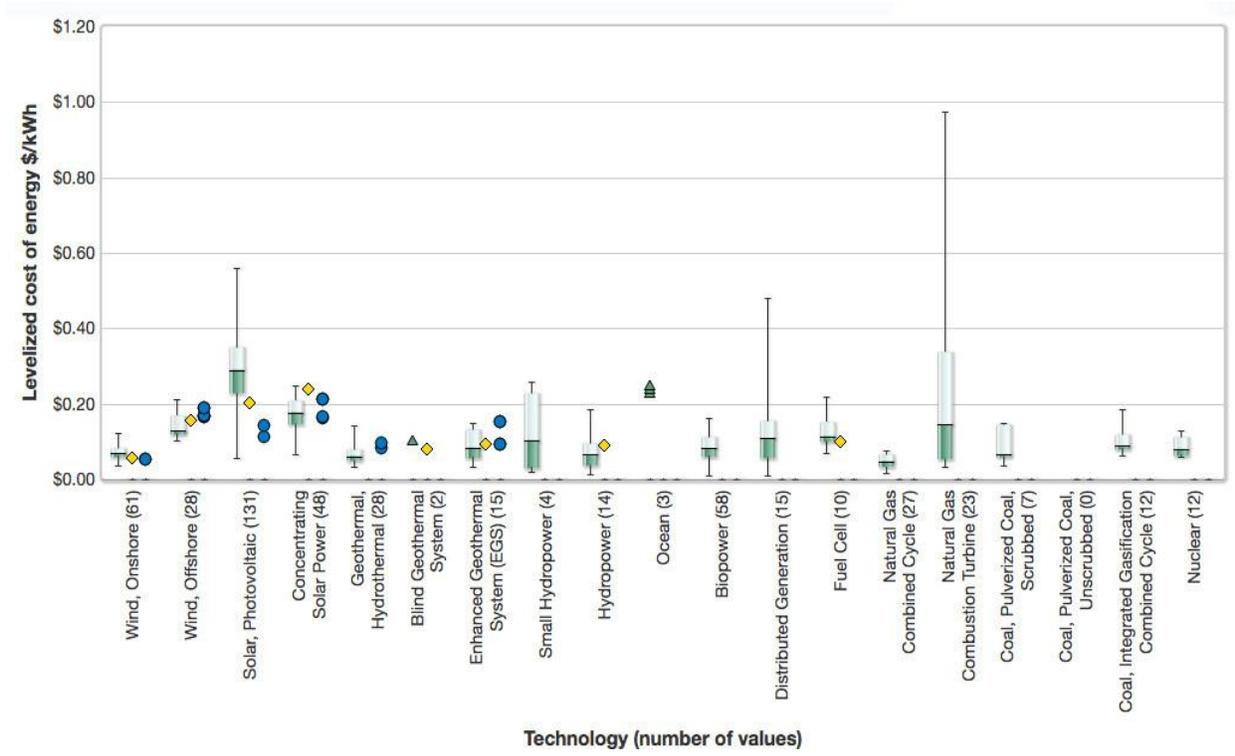
Anexo No. 3: Empresas generadoras de energía renovable

Generación Solar Fotovoltaica	Generación Biogás	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas
AES Nejapa Gas, LTDA. DE C.V.	AES NEJAPA GAS, LTDA. DE C.V.	COMPAÑÍA ELECTRICA CUCUMACAYÁN, S.A. DE C.V.
American Industrial PARK, S.A. DE C.V.	AGRICOLA GANADERÍA ONZA, S.A. DE C.V.	DE MATHEU Y CIA, S.A. DE C.V.
Asocio Grupo Arquero-Delfos, S.A. DE C.V.	AGROINDUSTRIAS SAN JULIAN, S.A. DE C.V.	HIDRO JUAYÚA
Bósforo LTDA. De C.V.		HIDROELECTRICA PAPALOATE, S.A. DE C.V.
CERSA S.A. DE C.V.		INDUSTRIAS AGRICOLAS VENECIA Y PRUSIA, S.A. DE C.V.
DISTRIBUIDORA DE AZUCAR Y DERIVADOS S.A. DE C.V.		SANEAMIENTO BÁSICO, EDUCACIÓN SANITARIA Y ENERGIAS ALTERNATIVAS (SABES)
ECTROPA, S.A. DE C.V.		SENSUNAPÁN, S.A. DE C.V.
EPOCACI, S.A. DE C.V.		VELESA ENERGY, S.A. DE C.V.
F. PEÑA DE MORENO, S.A. DE C.V.		
HILCASA ENERGY, S.A. DE C.V.		
HILOSA POWER SOLUTIONS, S.A. DE C.V.		
IELOU, S.A. DE C.V.		
INDUFOAM ENERGY SUPPLU, S.A DE C.V.		

INVERSIONES Y DESARROLLOS ENERGÉTICOS, S.A. DE C.V.		
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA		
POTENZA, S.A. DE C.V.		
PROVIDENCIA SOLAR, S.A. DE C.V.		
PROYECTO LA TRINIDAD, LTDA. DE C.V.		
SOLAR INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.		
SOLARIS ENERGY, S.A. DE C.V.		
THREE ENERGY CORP.		
TUSCANIA CORPORATE AND BUSINESS PARK, S.A. DE C.V.		
ZONA FRANCA SAN BARTOLO, S.A. DE C.V.		

Fuente: con base a SIGET (2019)

Anexo No 4. Costo teórico de generar energía eléctrica (LCOE)



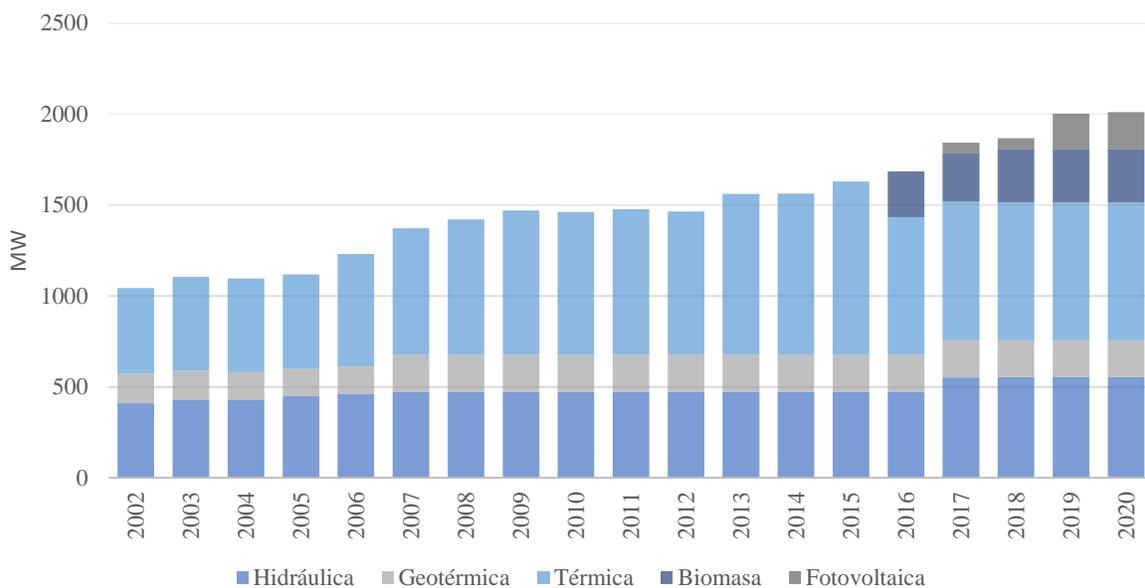
Fuente: Tomado de OpenEI, Transparent Cost Database, *Grafico Interactivo*

Anexo No. 5: Capacidad Instalada por tipo de recursos 2002 – 2020 en MW y porcentaje

AÑOS	HIDRÁULICA		GEOTÉRMICA		TÉRMICA		BIOMASA		FOTOVOLTAICO		TOTAL
	MW	%	MW	%	MW	%	MW	%	MW	%	
2002	410.8	39.3	161.2	15.4	472.2	45.2					1,044.2
2003	429.7	38.87	161.2	14.58	514.6	46.5					1,105.5
2004	429.7	39.22	151.2	13.81	514.6	47.00					1,095.5
2005	448.6	40.07	151.2	13.51	519.6	46.4					1,119.4
2006	460.3	37.41	151.2	12.29	618.9	42.6					1,230.5
2007	472.00	34.41	204.4	14.9	695.4	50.69					1,371.9
2008	472.00	33.19	204.4	13.37	745.8	52.4					1,422.2
2009	472.00	32.08	204.4	13.9	794.7	54.00					1,471.2
2010	472.00	32.3	204.4	13.99	784.7	53.7					1,462.2
2011	472.00	31.95	204.4	13.84	800.7	54.2					1,477.2
2012	472.6	32.34	204.4	13.95	789.0	53.8					1,446.0
2013	472.6	30.25	204.4	13.09	885.2	56.7					1,562.3
2014	472.6	30.23	204.4	13.08	886.1	56.7					1,563.1
2015	472.6	29.01	204.4	12.55	952.0	58.4					1,629.0
2016	472.55	28.00	204.4	12.10	756.6	44.9	252.2	15.00			1,658.8
2017	552.00	30.00	204.4	11.00	763.8	41.00	263.5	14.00	60.00	3.00	1,843.6
2018	552.7	30.00	204.1	11.00	757.1	41.00	293.6	16.00	60.00	3.00	1,867.8
2019	552.69	28.00	204.4	10.00	757.1	38.00	293.6	15.00	194.00	10.00	2,001.8
2020	552.69	27.00	204.4	10.00	757.1	38.00	293.6	15.00	204.00	10.00	2,011.8

Fuente: Con base a datos del SIGET

Anexo No. 6: Capacidad Instalada por tipo de recursos 2002-2020 en MW



Fuente: Con base a datos del SIGET

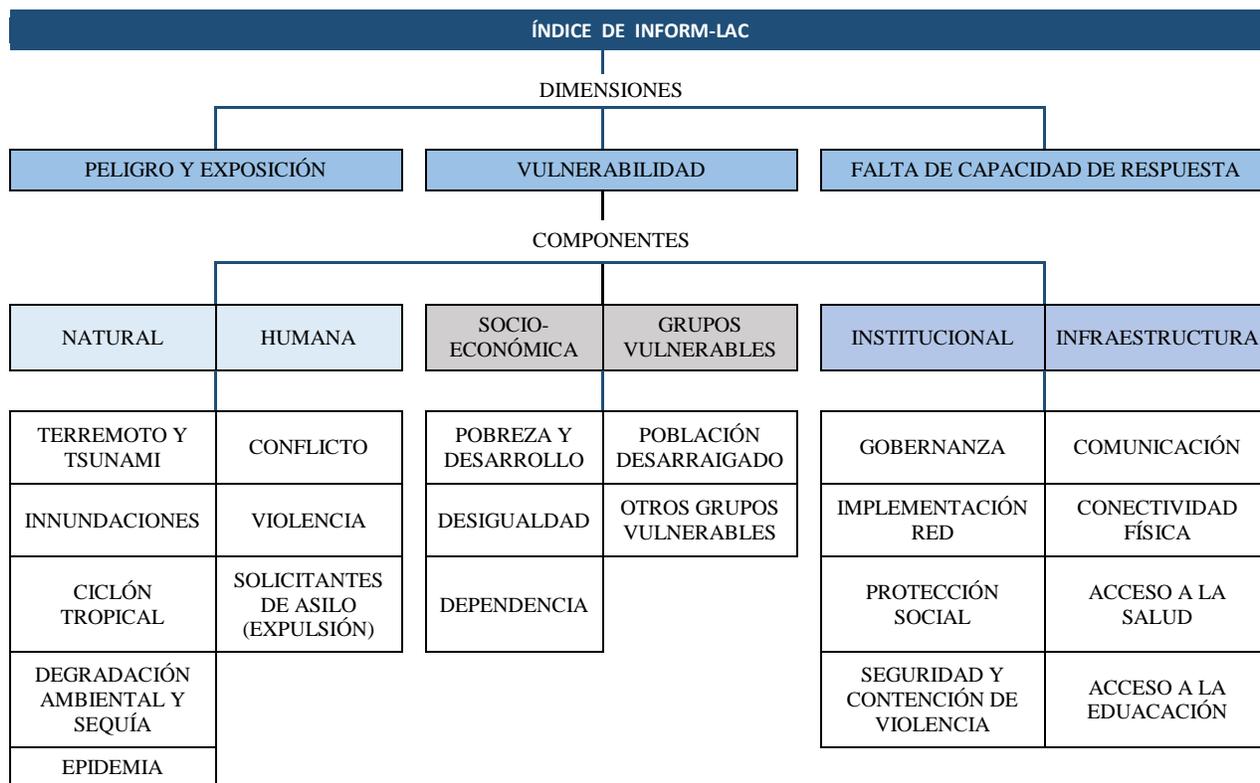
Anexo No. 7: Generación neta de Energía Eléctrica por tipo de Recursos de 1985-2019 y transacciones internacionales con su respectiva demanda neta nacional en MWh y porcentaje

Año	Hidráulica		Geotérmica		Fósil		Biomasa		Solar		Total		Transacciones Internacionales			Demanda
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	M	X	X-N	
1985	1,165,848.30	0.7	379,644.20	0.2	105,051.20	0.1					1,650,543.70	100			-	1,650,543.70
1986	1,226,257.10	0.8	333,700.10	0.2	63,795.00	0					1,623,752.20	100	88,537.90	816	87,722.40	1,711,474.60
1987	1,128,962.40	0.6	398,488.10	0.2	306,794.20	0.2					1,834,244.70	100	18,368.30	9561	8,807.80	1,843,052.50
1988	1,296,914.10	0.7	397,107.00	0.2	235,619.50	0.1					1,929,640.60	100	38,779.50	4081	34,698.40	1,964,339.00
1989	1,419,464.70	0.7	406,564.70	0.2	149,392.90	0.1					1,975,422.30	100	5,892.40	1925	3,967.70	1,979,390.00
1990	1,641,520.10	0.8	384,266.90	0.2	138,510.80	0.1					2,164,297.80	100	10,830.00	9454	1,376.20	2,165,674.00
1991	1,262,536.50	0.6	391,628.80	0.2	576,337.90	0.3					2,230,503.20	100	6,886.30	1742	5,144.30	2,235,647.50
1992	1,410,243.80	0.6	359,247.30	0.2	547,031.40	0.2					2,316,522.50	100	98,454.60	45851	52,603.30	2,369,125.80
1993	1,512,004.70	0.6	350,512.30	0.1	855,846.90	0.3					2,718,363.90	100	90,094.20	11067	79,026.80	2,797,390.70
1994	1,441,902.60	0.5	373,118.40	0.1	1,260,248.20	0.4					3,075,269.20	100	32,005.80	43260	-11,254.00	3,064,015.20
1995	1,464,934.20	0.5	410,068.30	0.1	1,395,732.00	0.4					3,270,734.50	100	29,733.90	64947	-35,213.30	3,235,521.20
1996	1,876,727.20	0.6	399,834.50	0.1	1,064,106.00	0.3					3,340,667.70	100	41,691.00	21028	20,663.50	3,361,331.20
1997	1,424,059.20	0.4	453,463.50	0.1	1,670,725.00	0.5					3,548,247.70	100	106,323.30	18232	88,091.00	3,636,338.70
1998	1,561,134.10	0.4	418,393.10	0.1	1,757,672.00	0.5					3,737,199.20	100	60,681.90	22726	37,955.80	3,775,155.00
1999	1,761,552.40	0.5	557,847.50	0.2	1,318,707.00	0.4					3,638,106.90	100	458,200.00	207800	250,400.00	3,888,506.90
2000	1,170,416.50	0.4	738,851.40	0.2	1,415,797.60	0.4					3,325,065.50	100	807,700.00	111700	696,000.00	4,073,165.50
2001	1,158,486.90	0.3	906,857.00	0.2	1,691,268.00	0.5					3,756,611.90	100	352,800.00	43800	309,000.00	4,071,211.90
2002	1,133,500.40	0.3	936,378.70	0.2	1,909,402.20	0.5					3,979,281.30	100	434,600.00	50700	383,900.00	4,365,281.40
2003	1,460,383.90	0.4	966,209.00	0.2	1,784,918.70	0.4					4,211,511.60	100	427,600.00	102500	325,100.00	4,537,016.60
2004	1,382,447.60	0.3	948,084.50	0.2	1,987,401.60	0.5					4,317,933.70	100	465,970.20	83618	382,352.40	4,700,586.10

2005	1,664,425.90	0.4	985,184.40	0.2	1,938,070.10	0.4					4,587,680.40	100	322,083.60	37797	284,286.20	4,871,970.50
2006	1,956,609.50	0.4	1,069,579.60	0.2	2,358,410.40	0.4					5,384,599.50	100	11,076.60	8641	2,435.60	5,387,036.00
2007	1,734,190.20	0.3	1,293,037.70	0.2	2,463,648.10	0.5					5,490,876.00	100	38,370.70	6718	31,653.20	5,522,529.90
2008	2,033,376.60	0.4	1,420,940.30	0.3	2,262,194.80	0.4					5,716,511.70	100	83,000.20	89000	-6,000.10	5,710,511.60
2009	1,500,382.90	0.3	1,420,860.40	0.3	2,592,311.50	0.5					5,513,554.80	100	208,369.40	78677	129,692.20	5,643,300.70
2010	2,078,980.30	0.4	1,427,457.90	0.3	2,201,357.00	0.4					5,707,795.20	100	174,198.20	88981	85,217.40	5,793,084.90
2011	2,006,126.40	0.4	1,429,973.10	0.3	2,177,781.50	0.4	166,017.80	0			5,779,898.80	100	215,765.40	101611	114,154.50	5,894,053.70
2012	1,841,883.30	0.3	1,420,423.40	0.2	2,427,586.20	0.4	222,050.00	0			5,911,942.90	100	163,440.10	78041	85,399.10	5,997,348.50
2013	1,784,903.10	0.3	1,442,379.90	0.3	2,416,064.10	0.4	228,594.60	0			5,871,941.70	100	373,800.00	90800	283,000.00	6,154,941.70
2014	1,713,028.90	0.3	1,443,861.00	0.3	2,462,208.10	0.4	228,630.40	0			5,847,728.40	100	588,500.00	207800	380,700.00	6,228,428.40
2015	1,348,868.60	0.2	1,432,417.70	0.3	2,458,508.30	0.4	344,921.80	0.1			5,584,716.40	100	963,439.50	64224	899,215.90	6,483,932.30
2016	1,257,476.30	0.2	1,467,156.10	0.3	2,437,300.30	0.4	394,825.90	0.1			5,556,758.60	100	1,065,660.60	77442	988,218.70	6,544,977.30
2017	1,615,006.40	0.3	1,459,935.40	0.3	1,275,752.20	0.3	432,957.50	0.1	94,783.40	0	4,878,434.90	100	1,674,864.70	89610	1,585,254.30	6,463,956.70
2018	1,543,694.90	0.3	1,437,252.70	0.3	1,171,511.10	0.3	489,882.10	0.1	128,831.30	0	4,771,172.10	100	1,824,096.40	64832	1,759,264.50	6,531,350.50
2019	1,441,596.10	0.3	1,372,792.00	0.3	1,711,568.80	0.3	548,194.30	0.1	215,317.60	0	5,289,468.80	100	1,449,736.30	157687	1,292,049.70	6,581,617.70

Fuente: Con base en datos del SIGET

Anexo No. 8: Índice de Gestión de Riesgo para América Latina y el Caribe (INFORM-LAC)



Fuente: Índice de Gestión de Riesgo para América Latina y el Caribe (INFORM-LAC) de las Naciones Unidas, 2019.

Anexo No 9: Datos Utilizados para el modelo econométrico.

AÑO	CO₂	ENR	ER	PIB A PRECIOS CORRIENTES
1985	1987.5	113027.7	1593110.0	3800368600.0
1986	1991.2	67478.3	1603760.0	3771663200.0
1987	2449.6	324266.6	1568891.0	3958045800.0
1988	2471.6	249066.8	1732363.0	4189880000.0
1989	2588.9	163958.9	1866362.0	4372215300.0
1990	2519.2	150740.6	2066527.0	4817542204.0
1991	3201.3	604068.0	1693026.6	5252342400.0
1992	3348.0	575335.3	1806607.7	5813399300.0
1993	4037.4	884946.3	1897731.6	6680269200.0
1994	4576.4	1291682.2	1854260.8	7679384000.0
1995	5064.1	1223979.1	1913959.0	8921947100.0
1996	4484.7	423797.2	2313193.6	9586327800.0
1997	5493.2	773823.9	1915146.4	10221705900.0
1998	5812.2	856411.5	2016985.9	10936669900.0
1999	5665.5	536042.3	2364256.4	11284197000.0
2000	5753.5	543100.9	1961414.0	11784927700.0
2001	5951.5	1747349.6	2130189.4	12282533600.0
2002	6182.6	1968159.9	2132193.8	12664190300.0
2003	6552.9	1878551.3	2491829.7	13243892200.0
2004	6365.9	2049784.5	2398707.0	13724810900.0
2005	6402.6	2049665.3	2719803.8	14698001400.0
2006	6842.6	2494756.1	3102087.4	15999886400.0
2007	6978.3	2685831.3	3120437.9	17011750900.0

2008	6541.9	2402738.0	3557575.0	17986890000.0
2009	6442.9	2759277.7	3028953.1	17601620000.0
2010	6457.6	2370742.7	3608772.7	18447920000.0
2011	6648.3	2537980.5	3545534.0	20283790000.0
2012	6662.9	2865685.7	3381944.9	21386150000.0
2013	6230.2	2878376.1	3349160.2	21990970000.0
2014	6285.2	2913032.7	3275470.7	22593460000.0
2015	6850.0	3046507.9	2892416.0	23438240000.0
2016	7169.0	3105611.2	2836426.1	24191430000.0
2017	6380.0	2043018.8	3283136.4	24979200000.0
2018	6810.0	1909486.5	3222203.7	26020850000.0
2019	7507.3*	2552805.3	3134770.5	26896660000.0
2020	7634.6*	2422524.4*	3566214.8*	24638720000.0
FUENTE	BM	SIGET	SIGET	BM

Fuente: Con base en datos del BM (2020) y SIGET (2019)

Nota: *datos son proyectados debido a falta de información oficial.

Anexo No 10: Salidas modelo MCO sin correcciones

Dependent Variable: LOGCO2
 Method: Least Squares
 Date: 10/09/21 Time: 11:24
 Sample (adjusted): 1985 2020
 Included observations: 36 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.130606	1.306279	0.099983	0.9210
LOGPIB	0.553587	0.095912	5.771805	0.0000
LOGENR	0.148118	0.039041	3.793884	0.0006
LOGER	-0.442091	0.159368	-2.774031	0.0092

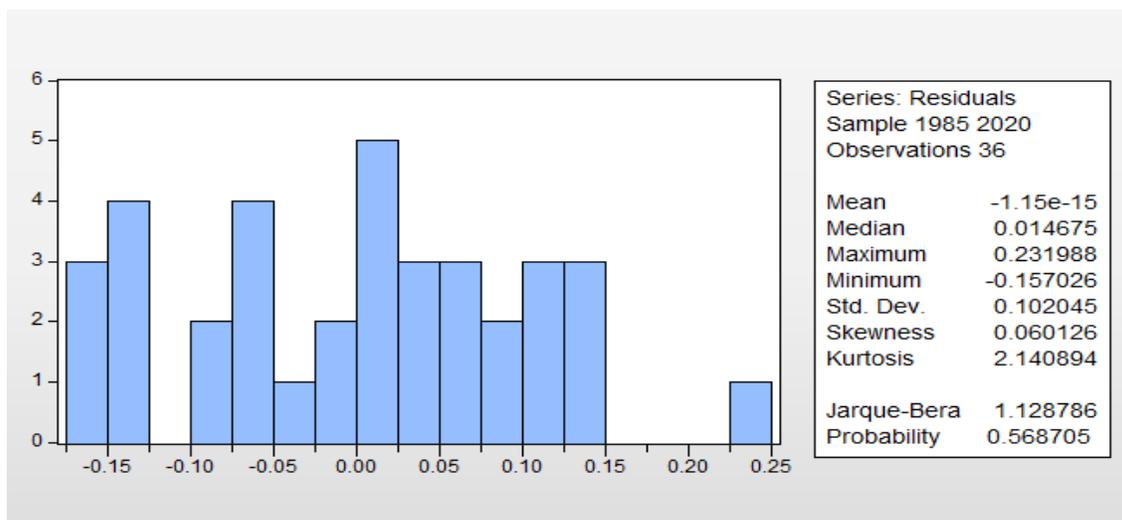
R-squared	0.936823	Mean dependent var	8.525771
Adjusted R-squared	0.930901	S.D. dependent var	0.405988
S.E. of regression	0.106721	Akaike info criterion	-1.532757
Sum squared resid	0.364460	Schwarz criterion	-1.356811
Log likelihood	31.58963	Hannan-Quinn criter.	-1.471347
F-statistic	158.1723	Durbin-Watson stat	0.434259
Prob(F-statistic)	0.000000		

a) Salida modelo log-log

Nota: $p < 5\%$ indican que los estimadores son significativos, la **DW** tiene que estar entre los valores $1.85 > DW > 2.15$ como parámetros de no autocorrelación

Fuente: programa econométrico Eviews

b) Test histograma sin correcciones



Fuente: programa econométrico Eviews

c) Test de Breusch-Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	20.60258	Prob. F(2,30)	0.0000
Obs*R-squared	20.83256	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 10/09/21 Time: 11:02

Sample: 1985 2020

Included observations: 36

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.901004	0.889933	-1.012440	0.3194
LOGPIB	0.005915	0.064637	0.091507	0.9277
LOGENR	-0.022567	0.026800	-0.842037	0.4064
LOGER	0.073366	0.107451	0.682788	0.5000
RESID(-1)	0.788614	0.186912	4.219178	0.0002
RESID(-2)	-0.015605	0.190414	-0.081953	0.9352
R-squared	0.578682	Mean dependent var	-1.15E-15	
Adjusted R-squared	0.508463	S.D. dependent var	0.102045	
S.E. of regression	0.071543	Akaike info criterion	-2.286014	
Sum squared resid	0.153554	Schwarz criterion	-2.022094	
Log likelihood	47.14825	Hannan-Quinn criter.	-2.193899	
F-statistic	8.241030	Durbin-Watson stat	1.523149	
Prob(F-statistic)	0.000054			

Nota: H_0 : $p > 5.0\%$ no existe autocorrelación

Ha: $p < 5.0\%$ existe autocorrelación

Fuente: programa econométrico Eviews

d) Test correlograma sin correcciones

Date: 10/09/21 Time: 11:01
 Sample: 1960 2020
 Included observations: 36

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.745	0.745	21.676	0.000
		2	0.551	-0.008	33.890	0.000
		3	0.452	0.099	42.349	0.000
		4	0.329	-0.088	46.978	0.000
		5	0.162	-0.168	48.129	0.000
		6	0.090	0.060	48.500	0.000
		7	0.036	-0.036	48.561	0.000
		8	-0.072	-0.132	48.814	0.000
		9	-0.114	0.037	49.474	0.000
		10	-0.148	-0.089	50.620	0.000
		11	-0.271	-0.234	54.632	0.000
		12	-0.329	0.001	60.790	0.000
		13	-0.333	-0.062	67.397	0.000
		14	-0.364	-0.081	75.616	0.000
		15	-0.379	-0.007	84.952	0.000
		16	-0.372	-0.136	94.411	0.000

Fuente: programa econométrico Eviews

e) Test Heterocedasticidad sin correcciones

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	2.113648	Prob. F(9,26)	0.0658
Obs*R-squared	15.21055	Prob. Chi-Square(9)	0.0853
Scaled explained SS	6.855750	Prob. Chi-Square(9)	0.6521

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 10/09/21 Time: 11:04
 Sample: 1985 2020
 Included observations: 36

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-24.37600	11.94164	-2.041260	0.0515
LOGPIB^2	-0.059372	0.057662	-1.029641	0.3127
LOGPIB*LOGENR	0.018935	0.040026	0.473068	0.6401
LOGPIB*LOGER	0.174191	0.136988	1.271581	0.2148
LOGPIB	-0.046483	0.844691	-0.055029	0.9565
LOGENR^2	-0.014110	0.010001	-1.410874	0.1701
LOGENR*LOGER	0.057397	0.045688	1.256290	0.2202
LOGENR	-0.905718	0.478035	-1.894671	0.0693
LOGER^2	-0.309212	0.130925	-2.361745	0.0260
LOGER	4.239761	2.195303	1.931287	0.0644
R-squared	0.422515	Mean dependent var	0.010124	
Adjusted R-squared	0.222617	S.D. dependent var	0.010967	
S.E. of regression	0.009670	Akaike info criterion	-6.209542	
Sum squared resid	0.002431	Schwarz criterion	-5.769675	
Log likelihood	121.7717	Hannan-Quinn criter.	-6.056016	
F-statistic	2.113648	Durbin-Watson stat	1.808727	
Prob(F-statistic)	0.065842			

Nota: Ho: Prob. F y Chi-cuadrada; si $p > 5.0\%$ el modelo es homocedástico

Ha: Prob. F y Chi-cuadrada; el modelo es heterocedástico $p < 5.0\%$

Fuente: programa econométrico Eviews

Anexo No. 11. Salidas modelo con correcciones

a) Modelo con correcciones

Dependent Variable: LOGCO2
 Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)
 Date: 10/08/21 Time: 19:13
 Sample: 1985 2020
 Included observations: 36
 Convergence achieved after 32 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.651270	1.966063	-1.857148	0.0735
LOGPIB	0.574852	0.106785	5.383285	0.0000
LOGENR	0.101253	0.025659	3.946029	0.0005
LOGER	-0.175447	0.082936	-2.115434	0.0431
AR(1)	1.037885	0.234980	4.416911	0.0001
AR(2)	-0.148817	0.240058	-0.619922	0.5401
SIGMASQ	0.002204	0.000755	2.919632	0.0067

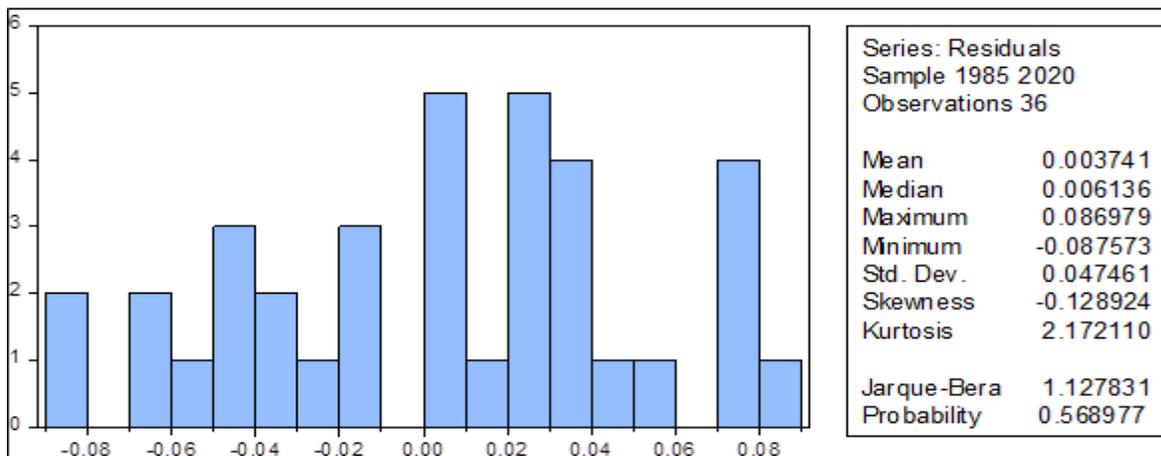
R-squared	0.986246	Mean dependent var	8.525771
Adjusted R-squared	0.983401	S.D. dependent var	0.405988
S.E. of regression	0.052306	Akaike info criterion	-2.842430
Sum squared resid	0.079343	Schwarz criterion	-2.534523
Log likelihood	58.16373	Hannan-Quinn criter.	-2.734962
F-statistic	346.5909	Durbin-Watson stat	1.927139
Prob(F-statistic)	0.000000		

Inverted AR Roots	.87	.17
-------------------	-----	-----

Nota: $p < 5\%$ indican que los estimadores son significativos, la **DW** tiene que estar entre los valores $1.85 > DW > 2.15$ como parámetros de no autocorrelación

Fuente: programa econométrico Eviews

b) Test histograma



Fuente: programa econométrico Eviews.

c) Test correlograma

Date: 10/09/21 Time: 11:08 Sample: 1960 2020 Included observations: 36 Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.019	-0.019	0.0149	
		2	-0.004	-0.004	0.0155	
		3	-0.038	-0.038	0.0759	0.783
		4	0.292	0.291	3.7262	0.155
		5	0.120	0.140	4.3601	0.225
		6	0.045	0.059	4.4512	0.348
		7	-0.188	-0.181	6.1188	0.295
		8	0.039	-0.064	6.1915	0.402
		9	0.014	-0.071	6.2014	0.516
		10	-0.020	-0.081	6.2215	0.622
		11	-0.078	0.013	6.5548	0.683
		12	-0.102	-0.060	7.1446	0.712
		13	0.061	0.105	7.3624	0.769
		14	-0.158	-0.174	8.9204	0.710
		15	-0.203	-0.226	11.611	0.560
		16	-0.056	-0.039	11.822	0.621

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Fuente: programa econométrico Eviews

d) Test de heterocedasticidad Breusch-Pagan-Godfrey

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey				
F-statistic	0.316500	Prob. F(3,32)	0.8133	
Obs*R-squared	1.037405	Prob. Chi-Square(3)	0.7922	
Scaled explained SS	0.384327	Prob. Chi-Square(3)	0.9435	
Test Equation: Dependent Variable: RESID^2 Method: Least Squares Date: 10/09/21 Time: 11:09 Sample: 1985 2020 Included observations: 36				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.024138	0.030131	-0.801082	0.4290
LOGPIB	0.000965	0.002212	0.436198	0.6656
LOGENR	-0.000758	0.000901	-0.842090	0.4060
LOGER	0.000987	0.003676	0.268387	0.7901
R-squared	0.028817	Mean dependent var		0.002204
Adjusted R-squared	-0.062232	S.D. dependent var		0.002388
S.E. of regression	0.002462	Akaike info criterion		-9.071516
Sum squared resid	0.000194	Schwarz criterion		-8.895569
Log likelihood	167.2873	Hannan-Quinn criter.		-9.010106
F-statistic	0.316500	Durbin-Watson stat		2.504836
Prob(F-statistic)	0.813328			

Nota: Ho: Prob. F y Chi-cuadrada; si $p > 5.0\%$ el modelo es homocedástico

Ha: Prob. F y Chi-cuadrada; el modelo es heterocedástico $p < 5.0\%$

Fuente: programa econométrico Eviews