



Vigilada Mineducación

**“EL IMPACTO DE FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍAS RENOVABLES
POR MEDIO DE INDICADORES COMO EMISIONES DE CO₂ Y POBREZA
ENERGÉTICA EN COMUNIDADES PERTENECIENTES A ZONAS NO
INTERCONECTADAS: EVIDENCIA PARA SIPÍ - CHOCÓ”**

JUAN JOSÉ FLÓREZ HENAO & SIMÓN MONTOYA ARBELAEZ

Trabajo de Grado

Asesor:

JOHN JAIRO GARCÍA RENDÓN, PHD

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE FINANZAS, ECONOMÍA Y GOBIERNO
ECONOMÍA
MEDELLÍN
2023

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	7
OBJETIVOS.....	8
GENERAL	8
ESPECÍFICOS	8
MARCO TEÓRICO	9
ASPECTOS CONCEPTUALES DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	9
PANORAMA INTERNACIONAL.....	11
CONTEXTO COLOMBIANO.....	14
SIPÍ.....	18
METODOLOGÍA	19
DATOS.....	22
EMISIONES CO ₂	22
ÍNDICE MULTIDIMENSIONAL DE POBREZA ENERGÉTICA - IMPE.....	23
RESULTADOS.....	27
EMISIONES CO ₂	29
IMPE.....	30
CONCLUSIONES.....	33
REFERENCIAS	35

RESUMEN

Este trabajo analiza el impacto de la implementación de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables, FNCE, por medio de indicadores como Emisiones de CO₂ y el Índice Multidimensional Pobreza Energética que ayudan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en el acceso de energía limpia en poblaciones pertenecientes a Zonas No Interconectadas (ZNI) – específicamente en Sipí - Chocó. Por medio de metodologías del DANE, ONU y Promigas, se estiman indicadores claves de emisiones de dióxido de carbono y de pobreza energética. Teniendo como población objetivo en el municipio chocono, Sipí, con la estimación de diferentes escenarios se encontró que la instalación de proyectos FNCE – Solares Fotovoltaicos y Micro Centrales Hidroeléctricas – reduce significativamente las emisiones de CO₂ en un 89% y 92%, respectivamente y disminuye tanto la intensidad de pobreza energética en un 38%; como la pobreza energética en un 20.9%.

ABSTRACT

This paper analyzes the impact of the implementation of Non-Conventional Renewable Energy sources, NCRE, through indicators such as CO₂ emissions and the Multidimensional Energy Poverty Index that helps to meet the Sustainable Development Goals, in the access to clean energy in populations belonging to Non-Interconnected Zones - specifically in Sipí - Chocó. Using DANE, UN and Promigas methodologies, key indicators of carbon dioxide emissions and energy poverty are estimated. Focused on the Chocó municipality of Sipí, with the estimation of different scenarios, it was found that the installation of NCRE projects - Solar Photovoltaic and Hydroelectric - significantly reduces CO₂ emissions by 89% and 92% respectively and reduces both the intensity of energy poverty by 38% and energy poverty as such by 20.9%.

Palabras Clave: Zonas No Interconectadas (ZNI); Fuentes No Convencionales de Energías Renovables (FNCE); Pobreza Energética; Emisiones; Bienestar; Hidroeléctricas; Paneles Solares.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor John García Rendón por su dedicación y orientación durante el desarrollo de este trabajo. A Simón Escobar y Agustín Jaramillo por su colaboración.

INTRODUCCIÓN

Cocinar de manera limpia, poder refrigerar bebidas y alimentos, lavar la ropa con electrodomésticos, transportarse, comunicarse, tener luz en las noches oscuras y entretenerse por medio de dispositivos electrónicos, son algunas de las acciones que se pueden realizar por medio de la energía. Sin este recurso, muchas de las cosas que se utilizan en la sociedad serían casi que imposible hacerlas. Desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible es necesario el acceso a la electricidad por medio de fuentes renovables de energía para tener mejores condiciones de vida.

En general, los países desarrollados cuentan con un índice de cobertura eléctrica del 100%. Caso España, cuyo territorio está totalmente cubierto en términos energéticos. Para Colombia, el caso no es del todo opuesto, pero le falta poco para llegar a la tan anhelada totalidad en cobertura. Es ahí, donde surge la idea del desarrollo de este trabajo para mostrar la disparidad entre zonas del país y cómo algunas de las zonas no interconectadas no han logrado la meta de brindar acceso a la conexión de energía eléctrica a sus habitantes.

Para dar un poco de contexto a la problemática que se encuentra, en términos de conexión energética, Colombia está energéticamente dividido en dos. Entre el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las Zonas No Interconectadas (ZNI). De acuerdo con el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No interconectadas, IPSE, el 53% del territorio nacional hace parte de las ZNI. Es importante resaltar y aclarar que aquel 53% del territorio colombiano no es lo mismo que el 53% de la población. De acuerdo con el último Diagnóstico Base para la Transición Energética Justa del Ministerio de Minas y Energía (2023) el país cuenta con 818.119 viviendas sin acceso al servicio de energía eléctrica.

Este trabajo pretende estudiar e indagar en como la ausencia de energía en estas ZNI del país – específicamente en Sipí - Chocó – afecta en la calidad de vida, bienestar y desarrollo de sus habitantes. Además, pretende observar cómo los actuales proveedores de energía en estas zonas – como lo son las plantas de energía combustionadas por Diesel – contaminan el medio ambiente, por medio de emisiones de Dióxido de Carbono, CO₂.

El Chocó es quizá uno de los 32 departamentos del país que cuenta con mayor territorio en las ZNI. Uno de sus vecinos es el departamento de Antioquia, cuyo panorama es muy distinto, ya que cuenta con apenas dos municipios en ZNI y es quizá uno de los departamentos con mayor cobertura eléctrica. Es claro que, al compararse, Antioquia es más desarrollado, en términos económicos, y donde es originaria una de las empresas energéticas más grandes del país, como es el caso de EPM. Para ello, la **Tabla 1**, la cual no solo compara estos departamentos, sino también la situación de países como España y Colombia.

Tabla 1: Cuadro Comparativo, Situaciones Socioeconómicas y Energéticas.

	España		Colombia	Antioquia	Chocó
PIB (2022)	\$ 1.397.509.270.000		COP 1.462.522.439.529.690	14,53%	0,41%
PIB per Cápita (2022)	\$ 29.350		COP 28.298.109	COP 31.308.158	COP 10.267.971
Pobreza Energética (2022)	Gasto desproporcionado 2M (% hogares - 2021)	16,40%	18,50%	7,90%	57,70%
	Pobreza energética escondida HEP (% hogares - 2021)	9,30%			
	Temperatura inadecuada en la vivienda en invierno (% población - 2021)	14,30%			
	Retraso en pago de facturas de suministros de la vivienda (% población - 2021)	9,50%			
Cobertura Eléctrica (2022)	100%		98,58%	99,96%	91,48%
Emisiones de CO ₂ per Cápita (Toneladas)	5,48		1,74	3,58	5,6

Nota: El PIB y PIB per Cápita entre España, está representado en dólares americanos y Colombia en pesos colombianos.

La **Tabla 1**, compara el PIB y PIB per Cápita entre España, Colombia, Antioquia y Chocó – los cuales se muestran en el PIB como la representación porcentual del PIB colombiano. La pobreza energética es distinta ya que, entre países las condiciones climáticas y socioeconómicas son muy distintas; la cobertura y el acceso a servicios también; se muestra principalmente para mostrar la disparidad energética. El caso Antioquia es muy curioso ya que este cuenta con un índice y una cobertura mucho menor que el de Colombia, caso que no aplica para el Chocó, ya que este es el séptimo departamento con mayor pobreza energética.

Por ende, este trabajo plantea examinar, ¿Cuál es el impacto de la implementación de Energías Renovables No Convencionales, por medio de indicadores como Emisiones de CO₂ y Pobreza Energética que ayuden al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en el acceso de energía limpia en poblaciones pertenecientes a Zonas No Interconectadas (ZNI) – específicamente en Sipí - Chocó?

Este trabajo comienza introduciendo la problemática energética por la cual un pequeño porcentaje de colombianos sigue atravesando en la actualidad; la cual conlleva al desarrollo de este proyecto. La segunda sección presenta el Marco Teórico, en el cual se indaga los aspectos conceptuales, como una contextualización del problema a nivel mundial, el entorno colombiano y por último pasa a especializarse en Sipí - Chocó. La Metodología, está dividida en tres: Datos, Emisiones de CO₂ y el Índice Multidimensional de Pobreza Energética. Esta, presenta la fuente de los datos utilizados para las estimaciones, y las herramientas metodológicas usadas para el cálculo de estos indicadores. En la sección de Resultados se muestran las tablas con los escenarios y los cálculos, para dar mayor entendimiento de que fue lo que se encontró y se analizan los resultados obtenidos para cada uno de los escenarios. Por último, se hace alusión a las conclusiones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque Colombia tenga una cobertura del servicio eléctrico de casi el 100%, aún hay más de 800.000 viviendas sin acceso a la energía. La ausencia de servicios de electricidad y gas son los principales responsables de la presencia de cocinas de leña en Colombia. A razón de ello, el Departamento Nacional de Planeación de Colombia, DNP, informo que:

El 66,8% de las personas usaba gas natural en 2021 como fuente de energía para cocinar, el 20,6% Gas Licuado de Petróleo (GLP), y el 10,6% leña carbón o desechos, es decir, que cerca de 5,4 millones de personas, equivalente a 1,6 millones de hogares, cocinan con combustibles altamente contaminantes (*Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2023*).

En el mismo informe, se aseguró que las personas que cocinan bajo este tipo de fuentes, “usan cerca de 2 horas al día para cocinar con este tipo de elementos, lo que constituye un riesgo para su salud, mayor contaminación ambiental e, incluso, mayores costos.” (DNP, 2023). Es un grave problema el que representa cocinar con leña, ya que el humo emitido por la madera puede ser nocivo para la salud.

En Sipí, la electricidad es un lujo, puesto que su disponibilidad dura aproximadamente 5 horas diarias. Pocos son los hogares que tienen acceso a internet. Hay una gran brecha energética, y es por ello que surge la necesidad de sembrar una semilla que muestre el cómo la implementación de proyectos FNCER puede aumentar la calidad de vida y preservar el medio ambiente al no emitir CO₂ a la atmósfera.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la alta relevancia que representa el acceso al sistema eléctrico para los hogares del país, es clave que el gobierno realice un máximo esfuerzo con el fin de que las comunidades cada vez tengan mayor disponibilidad del servicio eléctrico, con el fin de que este se vea reflejado en el incremento del bienestar de los hogares colombianos. En un país como Colombia donde el 53% de la extensión del territorio nacional hace parte de las ZNI, la dificultad de conseguir energía cableada para los hogares pertenecientes a este grupo es muy alta.

Por tanto, es notable la necesidad que tienen todavía muchas comunidades en el país de acceder a una fuente confiable de electricidad. Ante esta clara necesidad en el territorio y el auge de las energías renovables no convencionales alrededor del mundo, el gobierno de Colombia promulga dos leyes que incentivan el uso de las FNCER en las ZNI del país. Las leyes son la Ley 1715 de 2014, la Ley 2099 del 2021 y la Ley 2294 del 2023, las cuales tienen como objeto en el Artículo 1:

Dictar otras disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación económica del país y, en general dictar normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible.

Estas leyes que promueven e incentivan la implementación de proyectos de energías renovables, como las MCH o Paneles Solares Fotovoltaicos, justifica la investigación del impacto en el bienestar de los hogares cuando tienen acceso al recurso de la energía por medio de estas fuentes de energía renovable.

OBJETIVOS

GENERAL

Analizar el impacto de la implementación de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables, FNCER, por medio de indicadores como Emisiones de CO₂ y el Índice Multidimensional Pobreza Energética que ayuden al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en el acceso de energía limpia en poblaciones pertenecientes a Zonas No Interconectadas (ZNI) – específicamente en Sipí - Chocó.

ESPECÍFICOS

1. Comprender el incremento del bienestar de las comunidades colombianas tras la implementación de proyectos FNCER que abastecen de energía a los hogares, a través de una revisión de literatura. Con el fin de conocer el efecto positivo que trae la energía eléctrica en los individuos.
2. Medir el efecto de la incorporación de energía eléctrica en Sipí - Chocó a través de un indicador clave como la Disminución de Emisiones de CO₂, por medio de diversos escenarios donde se aumentan las horas de energía disponibles.
3. Construir el Índice Multidimensional de Pobreza Energética para Sipí - Chocó y estimar el impacto que tendrían las FNCER en el índice de este municipio colombiano.

1. MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL

1.1. ASPECTOS CONCEPTUALES DEL OBJETO DE ESTUDIO

Para el buen desarrollo de este trabajo, se pretende contextualizar y profundizar en los aspectos claves de esta investigación, tal como está planteado en el objetivo general. Se pretende indagar acerca del bienestar, la sostenibilidad – medida por los Objetivos de Desarrollo Sostenible – y la disminución de emisiones de dióxido de carbono, CO₂.

Dicho esto, se plantea la siguiente pregunta, ¿qué es el bienestar? Según la Real Academia Española, RAE, al buscar la definición de bienestar la primera respuesta es, “conjunto de las cosas necesarias para vivir bien”, aunque el segundo significado aplica mejor a la definición que se le quiere brindar en este trabajo, la cual es, “vida holgada o abastecida de cuanto conduce a pasarlo bien y con tranquilidad”. Si se hablase de una vida abastecida, en especial por sus servicios públicos, hoy por hoy el mundo tiene alrededor de 770 millones de habitantes sin acceso a la energía, siendo África y Asia, los lugares más predominantes (*International Energy Agency [IEA]*, 2023); por lo cual acorde a la definición de bienestar esos seres humanos carecerían de este “estado”. He ahí la motivación de este trabajo; ¿cómo puede tener bienestar una persona, una familia o un hogar si no tiene acceso a una casa electrificada? ¿Cómo cocina una madre cabeza de hogar en una ZNI, sin acceso a la energía por 24 horas? ¿Con leña? ¿Qué tan perjudicial puede ser para la salud de esta y de sus convivientes si están recibiendo humo a menudo? ¿Cómo puede ser eso bienestar?

La ausencia de servicios de electricidad y gas son los principales responsables de la presencia de cocinas de leña en el mundo. A razón de ello, (*International Renewable Energy Agency [IRENA]*, 2022, p. 27) informa que hay alrededor de 2.600 millones de personas que al no tener acceso directo a energía, les toca recurrir al uso de combustibles de biomasa, gas de petróleo licuado, queroseno, carbón, entre otros. De acuerdo con la *Clean Cooking Alliance*, (CCA, 2023), cocinar bajo estas condiciones afecta directamente a la salud de quienes cocinan y los acompañantes del hogar, principalmente mujeres y niños; y al medio ambiente, generando polución. La CCA, enfatiza en la urgente necesidad de poder cocinar limpiamente, ya que “4 millones de personas mueren cada año por enfermedades asociadas al humo de la cocina.” (CCA, 2023). Por otra parte, el hecho de cocinar con leña contribuye al deterioro del medio ambiente, ya que este método de preparación de alimentos produce anualmente “1 gigatonelada de dióxido de carbono equivalente a partir de la quema de combustibles de madera, lo que equivale aproximadamente al 2% de las emisiones mundiales de CO₂.” (CCA, 2023).

Desde un punto de vista sanitario, el cocinar bajo estas condiciones puede desencadenar en afectaciones en la salud de quienes están más expuestos. Lo que sucede cuando se cocina con elementos no limpios, es lo que explica la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, “partículas microscópicas pueden entrar en los ojos o sistema respiratorio, y provocar ardor en los ojos, goteo nasal, y enfermedades, como bronquitis.” (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2023, parr. 2). De acuerdo con la misma *Environmental Protection Agency de los Estados Unidos*, EPA, las partículas generadas por el humo de la leña, pueden desencadenar en afectaciones pulmonares de quien cocine, “las partículas finas pueden empeorar los síntomas del asma y desencadenar ataques de asma.” (EPA, 2023, parr. 2).

En el reporte de la quinta Conferencia Y Exposición Internacional Sobre Energías Renovables Fuera De La Red, IOREC por sus siglas en inglés, el cual es propiciado por IRENA, se evidenció

la urgencia de minimizar el uso de cocina bajo leña, con el ejemplo de la capital de Kenia, Nairobi. En esta, el profesor de la Universidad de Loughborough, Ed Brown dijo, que existe un gran desafío urbano en materia de cocinar limpiamente, como, por ejemplo, en el caso de Nairobi; donde el 70% de la población de Nairobi todavía utiliza en gran medida biomasa para cocinar. Por lo tanto, en ese caso, también sabemos que a medida que la población crezca, van a haber 2.000 millones de personas más para 2050... el uso de dispositivos de cocina limpios como dispositivos eléctricos es a menudo una alternativa más económica en esas áreas, incluso con altos costos de la electricidad (IRENA, 2022, p.28).

Así el objetivo principal de este trabajo es analizar el cómo puede impactar o influenciar la implementación de Proyectos Energéticos Renovables, en el bienestar de una población perteneciente a las ZNI. Obviamente, la réplica de este tipo de proyectos será analizada bajo la normativa vigente, según las instituciones públicas indicadas. Por ende, se desea estudiar el cómo la presencia de energía, o electricidad en un hogar puede ser sinónimo de bienestar, o calidad de vida. No solo ello, sino que también al demostrar como la presencia de este tipo de energías renovables podría aportar a los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por la ONU, a la merma de la Pobreza Energética y a la descarbonización del medio ambiente.

Esto hace que sea importante explicar que son los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la ONU, y cuáles serían aplicables en este estudio. Para mayor entendimiento, en el 2015, la Organización de Naciones Unidas “aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás.” (Organización de Naciones Unidas, ONU, 2023a). Por medio de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que van desde la erradicación de la pobreza hasta el cambio climático, la ONU busca alcanzar estas metas para el 2030. Hay un objetivo en general que se enfoca en el tema energético, este sería el número siete, el cual esta denominado el objetivo de “Energía Asequible y No Contaminante”. Las metas para este objetivo están propuestas para el año 2030, en el cual pretenden, primero “garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.” (ONU, 2023a), segundo “aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.” (ONU, 2023a), y por último “duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.” (ONU, 2023a).

De la misma manera que es relevante contextualizar los ODS, es fundamental introducir de manera resumida la historia de la pobreza energética. En 1991, la investigadora de la Universidad de Oxford, Brenda Boardman introdujo el término de pobreza energética en el libro, *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth* (Green et al., 2016, p.29). En sus inicios, Boardman centro su investigación en pobreza, pero no enfocado hacia la energía, sino más bien hacia el combustible, y guió sus primeras investigaciones en la identificación de “el problema del “calor asequible”, es decir, la capacidad económica de los hogares británicos para asegurarse una temperatura adecuada en invierno.” (Arenas Pinilla et al., 2019, p.196). Con el transcurrir del tiempo, Boardman comenzaría a involucrar el término de pobreza energética, argumentando en su investigación que los hogares que gastaban más del 10% de sus ingresos en servicios energéticos eran considerados pobres energéticamente hablando. Con el transcurrir de los años y las investigaciones, se determinó que esto no era suficiente para medir o quizás definir este indicador.

En España, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, (2022, p.3), define la pobreza como la posición en la que se ubica “un hogar en el que las necesidades básicas de suministros de energía no pueden ser satisfechas, como consecuencia de un nivel de ingresos

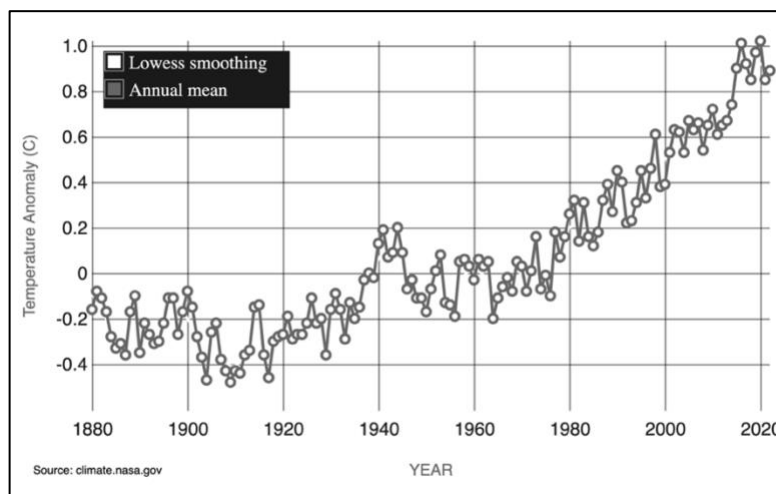
insuficiente, y que puede ser posiblemente agravada por disponer de una vivienda ineficiente en energía.”. De tal modo, el Observatorio Europeo de Pobreza Energética, EPOV por sus iniciales en inglés, utiliza cuatro indicadores para estimar los niveles de pobreza energética.

1.2. PANORAMA INTERNACIONAL

A principios del siglo XX, el mundo transicionó hacia una energía generada por combustibles fósiles. Los combustibles fósiles, se pueden clasificar en tres, carbón, petróleo y gas natural (BBVA Communications, 2022), los cuales conforman el combustible fósil por medio de la unión del carbón y el hidrogeno, a través de “la descomposición de la materia orgánica, es decir, de todos aquellos restos de plantas o animales que tras morir se han ido transformando por la acción de la propia naturaleza.” (BBVA Communications, 2022, parr.3).

El mayor generador hoy por hoy a nivel mundial de energía son los combustibles fósiles (ONU, 2023); el cual por medio de la quema de este tipo de combustibles libera dióxido de carbono, y en la misma escala genera gases de efecto invernadero. En la actualidad el sector energético a nivel mundial es el responsable del 35% de las emisiones globales de CO₂ (ONU, 2023b), emitiendo solo en el 2022, 36.8 Gt (Giga Toneladas) de dióxido de carbono. La suma de varios factores, tales como la quema de combustibles fósiles, o la deforestación, ha provocado que el clima haya calentado “en casi 2 grados Fahrenheit (1,1 grados Celsius) desde la época preindustrial (a partir de 1750)” (NASA, 2023), y se tiene previsto que la temperatura promedio mundial alcance o supere los 1,5 grados Celsius en las próximas décadas (NASA, 2023). El gráfico 1 muestra como desde la época Pre-Industrial, el ser humano ha provocado el aumento de estas temperaturas de manera desproporcional; los años 2016 y 2020 fueron los más calurosos que han sido registrados en la historia.

Gráfico 1: Temperatura Media Anual



Fuente: (NASA, 2023)

Además de ello, según el Banco Mundial (2023), un informe escrito entre la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), la ONU, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés), la División de Estadística de las Naciones Unidas, el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud, revelaron que la meta del Objetivo de Desarrollo Sostenible número siete, está lejos de alcanzar su objetivo para el tiempo estimado, 2030. Siendo la pandemia del COVID-19 el principal causante de este retroceso. Teniendo en

cuenta que una de las metas enfocadas en este objetivo es la implementación de FNCER, IRENA ha indicado que “los flujos internacionales de financiación pública en energías no contaminantes hacia los países de ingresos medianos y bajos han disminuido desde antes de la pandemia de COVID-19.” (Banco Mundial, 2023, parr.4). Para terminar de empeorar la situación, los estragos que dejó la pandemia han hecho que, “la deuda creciente y el aumento de los precios de la energía reducen las posibilidades de lograr el acceso universal a la electricidad y los medios no contaminantes para cocinar.” (Banco Mundial, 2023, parr.5).

Según European Union (2022) los países que más contaminaron el medio ambiente, o que emitieron la mayor cantidad de CO₂ a la atmosfera fueron China, EE.UU, India, Rusia y Japón. Ahora, esto no dice mucho acerca de la huella de carbono que dejan estos países, ya que sus poblaciones son mucho más grandes que las del resto de países en el mundo. Para ello, la **Tabla 2**, muestra el Top 10 de países más contaminantes en términos per cápita. Catar, país ubicado en el Golfo Pérsico, cuenta con una población apenas superior a los 2.5 millones de ciudadanos, pero es el país que más emite dióxido de carbono por habitante en el mundo. Países como Estados Unidos, Rusia, Japón, China e India, emiten en términos per cápita: 14.9, 12.1, 8.6, 8.0 y 1.9 toneladas de CO₂ por habitante.

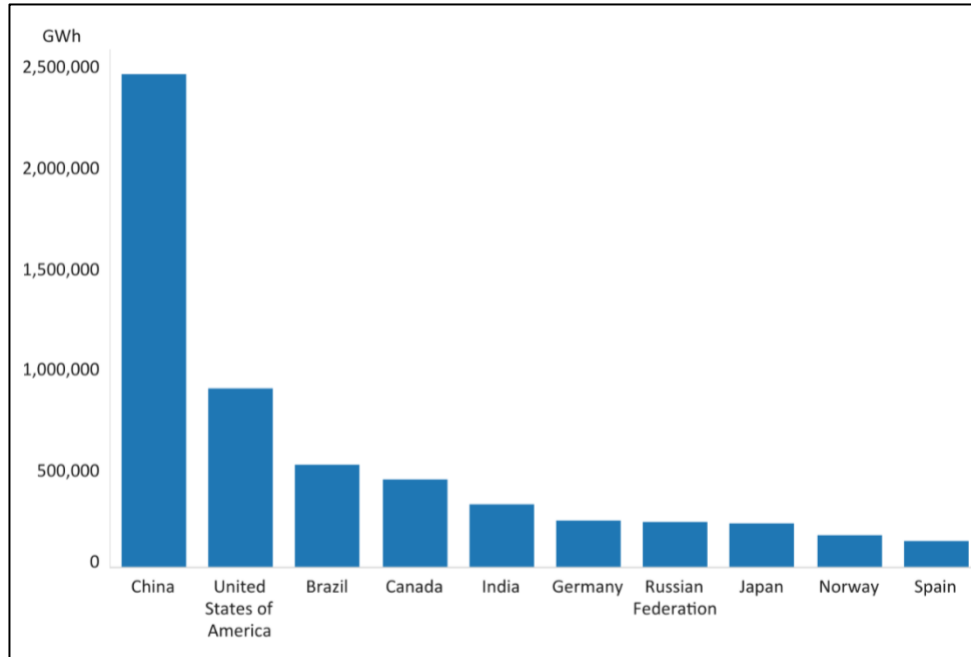
Tabla 2: Países Más Contaminantes del Mundo Per Cápita para el 2021

País	Toneladas de CO ₂ Emitidas per Cápita
1. Catar	35.6
2. Bahreín	26.7
3. Kuwait	25.0
4. Trinidad y Tobago	23.7
5. Brunéi	23.5
6. Emiratos Árabes Unidos	21.8
7. Arabia Saudita	18.7
8. Omán	17.9
9. Australia	15.1
10. Mongolia	15.0

Aunque suene irónico, el país que emite la mayoría de CO₂ al medio ambiente (pero no en términos per Cápita) es el líder en FNCER. De acuerdo con (IRENA, 2021), China lidera en

generación de electricidad por medio de Bioenergía, Hidroeléctrica, por Bombeo, vía Solar Fotovoltaica, y a través de la Eólica. Para el 2021 generó por medio de energías renovables 2,444,538 GWh (Giga Vatio por Hora). En el **Gráfico 2** se observa con mayor claridad la amplia inversión de la nación oriental en FNCER.

Gráfico 2: TOP 10 países generadores de Energías Renovables



Fuente: (IRENA, 2021)

En cuanto al tema de pobreza energética, quizás no sea un indicador muy estudiado a nivel internacional. Los países europeos, principalmente Reino Unido e Irlanda, han sido pioneros en la investigación o desarrollo de este tema. Esta región utiliza más que todo el término “Pobreza de Combustible”, debido a que este es el agente principal para el funcionamiento de la calefacción en las viviendas (García Ochoa, 2014, p.13).

A diferencia de Colombia, o América Latina en general, se observa que la cobertura eléctrica de los países europeos es total. Por ende, la relación entre pobreza y energía mide o más bien, estudia distintos puntos; los cuales no son aplicables para la región como tal. A ejemplo de ello (García Ochoa, 2014, p.15), dice “la visión británica del estudio de la pobreza energética resulta difícil de aplicar en América Latina, ya que presenta una serie de dificultades teóricas y metodológicas.”, la cual se resume en cuatro puntos:

- i) El clima como determinante clave del consumo energético necesario para alcanzar el bienestar térmico en la vivienda, para luego establecer la proporción del ingreso destinado a pagar esta energía.
- ii) El uso de la calefacción en las viviendas para medir la pobreza energética. Olvidando por completo la distinta variedad de empleos finales de la energía que son indispensables para la mejora en la calidad de vida de la población.
- iii) Las prácticas culturales que puedan llegar a determinar el consumo, las cuales puedan establecer un estatus social. Este “*relativismo*” dificulta la estimación y comparación del índice de pobreza energética entre países, sino solo dentro de un país.

- iv) Desde un punto de vista más conceptual y arraigado hacia las necesidades básicas humanas, se establece que, si las necesidades relacionadas con el consumo de la energía “se está en un estado de privación absoluta, pero la forma en que estas necesidades se satisfacen es lo que cambia de acuerdo con la cultura y costumbres en un lugar y tiempo determinado (a través de los satisfactores), y esto es precisamente lo que es relativo.”.

Por ende, en Europa, se creó en diciembre del 2016 el Observatorio Europeo de Pobreza Energética, EPOV. Este ente encargado de estimar el indicador nació a partir de los esfuerzos de la Comisión Europea para abordar esta especie de pobreza en la Unión Europea. Al ser un índice multidimensional, no se puede medir u estimar por medio de un solo indicador. El EPOV calcula la pobreza energética por medio de cuatro subindicadores, los cuales son, Gasto Desproporcionado, Gasto Insuficiente, Retraso en Pago y, por último, la Incapacidad Declarada Para Mantener Temperatura Adecuada.

A ejemplo de ello, se observó que en el 2021, un 6.9% de los hogares de la Unión Europea – UE-28, ya que en ese entonces el Reino Unido pertenecía a la UE; hoy en día sería UE-27 – no lograron mantener la temperatura adecuada; si este se desglosara, se verían países muy por encima de la media como lo fueron, Bulgaria con 22,5%, Chipre con 19,2%, Grecia con 18,7%, Portugal con 17,5%, España con 17,1% o Rumanía con 15,2%, (Gómez & de los Riscos, 2023, p.4). Del mismo modo, en 2021, la Unión Europea, un 6.4% de los hogares tuvieron retrasos en el pago de los servicios energéticos. La disparidad entre países fue muy notoria, debido a que cinco países tuvieron registros de más del 10% de los hogares, y varios por menor del 3%. España, tuvo un registro retraso de 9.5%.

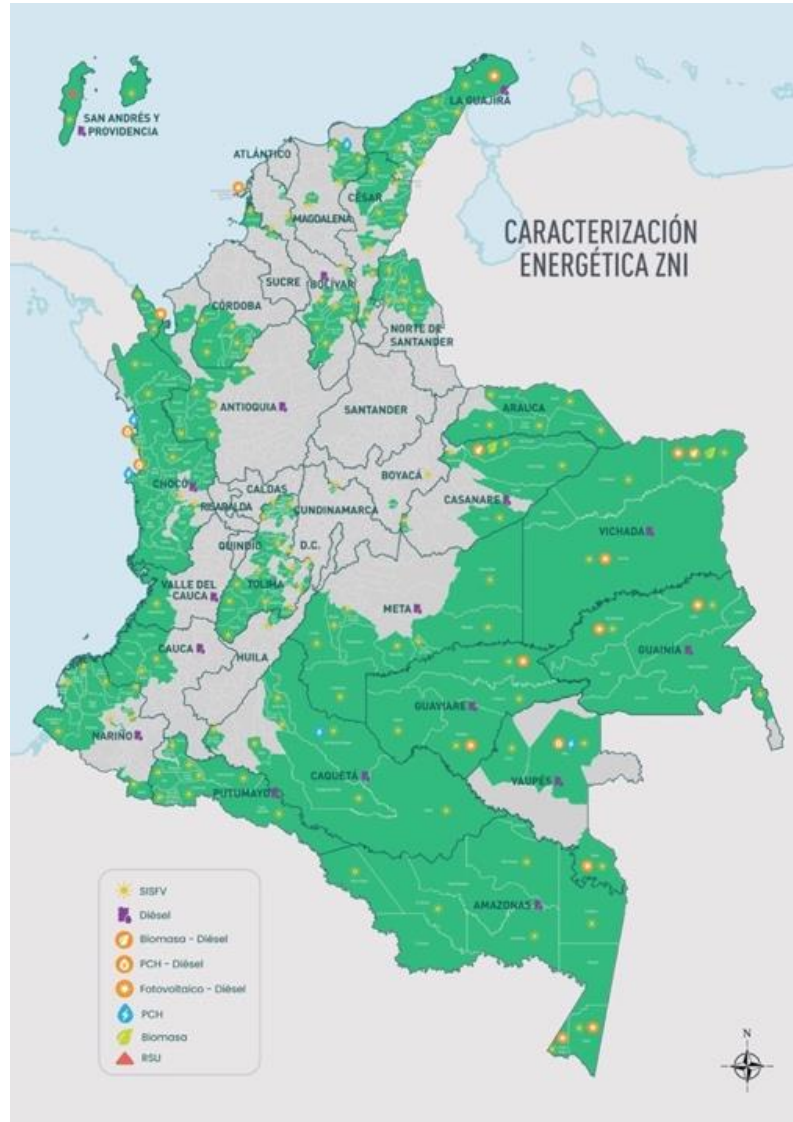
Cabe resaltar que, por más avances en términos de pobreza energética, muchos de los países tuvieron retrocesos causados por la pandemia. Ese fue el caso de España y Alemania, donde el país ibérico casi que duplico el porcentaje de hogares incapaces de mantener temperaturas adecuadas y pagar a tiempo sus facturas de servicios; por su parte, el país germano aumento sus cifras, pero en menor proporción que la española (Gómez & de los Riscos, 2023, p.7).

1.3. CONTEXTO COLOMBIANO

La división energética de Colombia se ve entre el SIN y las ZNI. El SIN según el artículo 11 de la Ley 143 de 1994, “es el sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución, y las cargas eléctricas de los usuarios,”. Por su parte el ZNI, son “los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (artículo 1 de la Ley 855 de 2003).” (*Comisión de Regulación de Energía y Gas* [CREG], 2013).

De acuerdo con el IPSE, el 53% del territorio nacional hace parte de las ZNI, tal como lo muestra el **Gráfico 3**, donde las regiones sombreadas en verde representan las actuales ZNI del país. Aunque el hecho de que más de la mitad del territorio colombiano este clasificado como ZNI, no significa que más de la mitad de la población no tenga acceso a cableado energético. Hoy por hoy, el país cuenta con 818.119 viviendas sin acceso al servicio de energía eléctrica, (Ministerio de Minas y Energía, 2023). La pregunta es, ¿el número de habitantes sin este servicio, sentirán que su calidad de vida es igual a la de los demás ciudadanos colombianos?

Gráfico 3: Mapa de ZNI en Colombia



Fuente: (IPSE, 2023)

Para mayor entendimiento, es fundamental definir las diferencias de la gran variedad de FNCER que tienen cabida en el marco regulatorio en la ley colombiana. Además, es imperativo mencionar que dichas clasificaciones se dan por la normatividad reglamentada en las distintas leyes colombianas que acaparan estos temas energéticos, las cuales se presentan en la ***Tabla 3***. Dichas leyes colombianas, promueven el desarrollo y utilización de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables en Zonas No Interconectadas, las regulan, limitan la transición energética, y además regula los subsidios para aquellos que lleven a cabo proyectos de este tipo.

Tabla 3: Normativas

Norma	Descripción	Contenido
Ley 1715 del 2014	Establece el marco legal para promover el desarrollo y la utilización de las FNCER en Zonas No Interconectadas del país	Artículo 7. Promoción de la generación en el país con FNCER, mediante lineamientos de política energética, regulación técnica/económica y beneficios fiscales
		Artículo 9. El gobierno tendrá como objetivo sustituir la generación con Diesel en ZNI, para así mitigar las emisiones de gases contaminantes
		Artículo 11. Los inversionistas en proyectos de este tipo tendrán derecho a reducir su impuesto de renta en un 50% del valor invertido en el proyecto de fuentes no convencionales de energía (FNCE)
		Artículo 12. Exclusión del IVA para compra de bienes y servicios que tengan como destino desarrollo de proyectos en FNCE
		Artículo 13. Exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de reinversión y de inversión en proyectos de FNCE
		Artículo 22. La energía proveniente de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (MCH), será considerada como FNCER y su desarrollo será incentivado por el gobierno
Ley 2099 del 2021	Modernizar la legislación actual de transición energética que promueve las FNCER	Artículo 10. Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la energía (FENOGE), el cual tendrá como fin promover, ejecutar y financiar proyectos de FNCE
		Artículo 41. Constitución por parte del ministerio de minas y energía del Fondo Único de Soluciones Energéticas (FONENERGIA), el cual tendrá el objetivo de buscar alternativas de financiación de planes de sustitución hacia FNCE
Resolución 038 de 2018 (CREG)	Establece los parámetros y regulaciones para realizar proyectos de FNCER en ZNI	Artículo 16. Establece el procedimiento a seguir para asignar la red de distribución a generadoras con capacidad instalada menor a 100kW de potencia (MCH)
Resolución 40239 de 2022 (CREG)	Establece el procedimiento y los criterios para la distribución y giro de subsidios para el servicio público de energía eléctrica en ZNI	Artículo 40. Los subsidios para las ZNI cubrirán los componentes tarifarios que remuneran la inversión y costos de los prestadores del servicio de energía
		Artículo 60. Se subsidiará el costo de la energía proveniente de FNCER, a los hogares en ZNI que tengan menos de 300 usuarios residentes

Ya que se ha explicado que son las ZNI, cuanta es la cobertura eléctrica del país y su normativa, aparece un nuevo elemento propuesto por Promigas, la Pobreza Energética Colombiana. ¿Como define este indicador esta empresa? De acuerdo con el Primer Informe del Índice Multidimensional de Pobreza Energética de (Promigas, 2023, p.14), la pobreza energética es:

“La situación en que la persona o el hogar no tiene la posibilidad de llevar un conjunto razonable de realizaciones humanas básicas que usan como medio una fuente de energía adecuada y de calidad y que diferenciamos de privación en acceso a energía adecuada o a una capacidad de pago para pagar por ella.”

Aunque en el mundo se venga investigando sobre la pobreza energética desde la década de los 90s, en Colombia por su lado, fue Promigas el pionero de esta problemática que aún vive el 18.5% de la población. Para el 2022 – año de la investigación – los departamentos que presenciaron mayores niveles de pobreza fueron los que se presentan en la **Tabla 4**.

Tabla 4: TOP 10 Departamentos Colombianos con Mayor Porcentaje de Pobreza Energética

Departamento	Porcentaje de Pobreza Energética (%)
1. Vichada	88.7%
2. Vaupés	88%
3. Guainía	73%
4. La Guajira	70.7%
5. Córdoba	63%
6. Amazonas	57.7%
7. Chocó	57.7%
8. Guaviare	51.2%
9. Sucre	50.7%
10. Putumayo	50.1%

Quindío, San Andrés y Bogotá fueron los departamentos – aunque Bogotá no lo sea, está nombrado en el informe – de menores niveles de pobreza energética con registros de 1.8%, 1.9% y 2% respectivamente. Por su parte, Antioquia, obtuvo un registro de 7.9%, Cundinamarca, 6.7% y Valle del Cauca, 3.2%.

1.3.1. Sipí

Al sur del departamento del Chocó está ubicado el municipio de Sipí, tal como lo muestra el **Gráfico 4**. Geográficamente limita en el Norte con los municipios Nóvita y San José del Palmar; al Sur con los municipios Istmina y Litoral de San Juan; al Occidente limita con el municipio Medio San Juan y al Oriente limita con el departamento Valle del Cauca. Según el último Censo Poblacional del DANE en el 2018, esta municipalidad chocoana cuenta con una población de 2.768 habitantes y un total de 848 hogares.

Gráfico 4: Sipí - Chocó.



Fuente: Milenioscuro

Sipí, es el municipio colombiano de menor acceso a energía eléctrica en términos de tiempo ya que solo genera cinco horas diarias (Vivas, 2019, parr.9). Según cifras del (IPSE, 2020), en el municipio solo hay cinco plantas generadoras de energía, las cuales funcionan por medio de Diesel. Estas plantas tienen una capacidad de generación instalada de 252 kW. El municipio cuenta con una cobertura de energía eléctrica (ICEE) de 58.99%.

Las plantas de energía funcionan alrededor de siete horas al día, y consumen cerca de 36 galones de ACPM diario, la cual “para mantener funcionando solo una máquina es necesaria la inversión de \$ 360.000 al día y de \$ 10’800.000 al mes.” (Vivas, 2019). Según el autor, al ser la única opción de generación, el diésel se convierte en una opción muy costosa para los habitantes, ya que es una zona donde pocos pueden pagar el servicio y los ingresos son mínimos o en unos casos nulos. Inclusive, este único método de generación de energía es altamente contaminante para el medio ambiente de las comunidades sipianas.

2. METODOLOGÍA

Acorde con lo previsto en el Marco Teórico, se observó y analizó de manera profunda los componentes principales de cada indicador propuesto, y además de ello, sus metodologías. Para ello, este trabajo pretende calcular el impacto que generaría la implementación de energías renovables, tales como la Solar y Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos, al sustituir los métodos actuales de generación de energía en el municipio de Sipí en el departamento de Chocó, Colombia.

Para ello, se plantean dos tipos de herramientas metodológicas. La primera es para el cálculo de cuantas toneladas de CO₂ emiten las actuales fuentes de energías en este municipio y para observar si estas son sustituidas por FNCER cuanto dejarían de emitir. La segunda herramienta indaga sobre el Índice Multidimensional de Pobreza Energética, sus variables y metodologías. Para mejor entendimiento, la ***Tabla 5***, profundiza las variables que serán utilizadas y la descripción de cada una de ellas; además, la unidad de medición, y su fuente.

Tabla 5: Variables para la estimación de los indicadores

METODOLOGÍA						
TIPO	FORMULA	VARIABLE	SUB-FORMULA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	FUENTE
Impacto	$\# \text{ de Hogares} = \frac{[(\text{Capacidad Instalada}) \cdot (\text{Horas al día}) \cdot (\text{Días al Mes}) \cdot (\text{Factor de Eficiencia})]}{\text{Consumo de Hogares Promedio Muestral}}$	Capacidad Instalada	N/A	La Máxima Capacidad Generadora de una Central Hidroeléctrica.	kW	Fuente Primaria
		Horas al Día	N/A	Número de Horas de provision eléctrica al día.	Horas	
		Días al Mes	N/A	Número de días al mes de provisión eléctrica.	Días	
		Factor de Eficiencia	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía eléctrica generada}}{\text{Energía Potencial del agua en el Caudal}}$	Es una medida que indica la relación entre la cantidad de energía útil producida por la Central Hidroeléctrica en un período y la cantidad total de energía que se puede captar de la caída del agua.	%	
		Consumo de Hogares Promedio Muestral	$\frac{\sum \text{Energía Consumida en Hogares ZNI Mensual}}{\text{Total Hogares de la Muestra}}$	Esta variable indica el promedio mensual del Consumo de energía en un hogar de una muestra en una Zona No Interconectada.	kW/mes	
Ambiental	$\text{Emisión Total de CO}_2: (ET_i) \sum_i^n = (A_i * FE_i)$	ET_i	N/A	Emisión Total de CO2 en la comunidad i .	Tonelada métrica	DANE
		A_i	N/A	Dato de Actividad del proceso en la comunidad j .	Toneladas del combustible usadas	
		FE_i	N/A	Factor de Emisión asociado con CO2 por unidad de actividad en la comunidad j .	Co2/Unidad	
Indice Multidimensional de Pobreza Energética (IMPE)	$\text{IMPE} = \frac{\# \text{ de Hogares con al menos 30\% de privaciones acumuladas}}{\text{Total Hogares en la Muestra}} \times 100$	# de Hogares con al menos 30% de privaciones acumuladas	Esta variable cuenta con otras sub-variables, y si comportan de manera binaria (0 Y 1).	Las sub-variables son binarias y cada una tiene peso en el modelo: Acceso a energía (25%), Calidad de energía (25%), Acceso a Internet (25%) y Energético adecuado para cocinar (25%)	%	DANE
		Total Hogares en la Muestra	Encuesta cosensal aplicada a una muestra de hogares en el municipio de observación	Es el número de hogares que se esta tomando en cuenta en la muestra de datos a la que se esta enfocando la formula de IMPE.	#Hogares	

2.1. Datos

Los datos usados para hacer las diferentes estimaciones de índices y resultados fueron proporcionados por varias fuentes. Como principal fuente para la extracción de datos relacionados con Generación de Energía, Capacidad Instalada de Fuentes de Energía, Energía Activa y Horas Promedio de Funcionamiento en el Día, fue el **IPSE**. En esta fuente se encuentran los datos para las Zonas No Interconectadas o en este caso Sipí - Chocó. Esta información aporta al cálculo de los resultados en términos de emisiones de CO₂ y del cálculo del Índice Multidimensional De Pobreza Energética (IMPE). La última actualización que se tiene de estos datos tiene fecha de corte del año 2020, aun así, se conoce que desde el 2010 este municipio no ha tenido variaciones en cuanto a acceso y calidad de energía, debido a que el número de plantas de generación Diesel y su capacidad instalada se ha mantenido en el mismo nivel.

Además, se utiliza información relevante de fuentes como **Superservicios y Datos Abiertos** del Gobierno Nacional, en los cuales se encontró información específica sobre el funcionamiento de una sola planta de energía que funciona a partir de combustible Diesel en Sipí. Con esta información se logró estimar las emisiones de CO₂ producidas por la planta en términos de toneladas para el año. Para calcular estos niveles de contaminación se necesitan los diversos factores de emisión para cada fuente de energía utilizada en las estimaciones – Diesel o FNCER: Solar e Hidroeléctrica –, en donde el factor para las fuentes de energía provenientes de combustible Diesel se obtiene a partir del factor oficial que utiliza la Unidad de Planeación Minero Energética, (*Unidad de Planeación Minero Energética* [UPME], 2003, p.11), y para los factores de FNCER se obtuvo del calculo que utiliza la ONU, (Rhone Resch, 2023).

Para el cálculo del IMPE se utilizaron datos provenientes del IPSE para conocer los indicadores de Acceso y Calidad de Energía. Para los otros indicadores utilizados, se tomaron datos de Número de Hogares con Acceso a Internet y el Número de Hogares que cuentan con Servicio de Gas – con el fin de saber cuántos cocinan limpiamente – se obtuvieron por medio del Geovisor del DANE, con datos del último censo realizado en el 2018.

En este trabajo se aplican conceptos económicos para estimar los indicadores en Sipí - Chocó. Por ausencia de datos en el municipio de Sipí, no fue viable realizar estimaciones por medio de modelos econométricos, ya que el volumen de data no era suficiente y, por tanto, la robustez y validez de los resultados pudieran ser cuestionados. No obstante, se optó por estimar bajo diversos métodos que aplica la teoría económica, como el cumplimiento de Objetivos de Desarrollo Sostenible y medición de calidad de vida, mediante indicadores clave como la Reducción de Emisiones de CO₂ y el IMPE.

2.2. Emisiones de CO₂

El *Departamento Administrativo Nacional de Estadística* ([DANE], 2023), utiliza la fórmula vista en el **Tabla 5**, la cual está diseñada para medir la “cantidad total de dióxido de carbono emitido por un país como consecuencia de las actividades humanas (producción y uso)”. Esta fórmula cuenta con tres variables principales, Emisiones Totales de CO₂ del país *i*, Actividad del Proceso del Sector *j* y el Factor de Emisión del sector *j*. Su unidad de medición es en Miles de Toneladas.

Para el caso de Sipí se calcularon las emisiones teniendo en cuenta su generación actual que consiste en cinco generadores de energía que funcionan con combustible Diesel. Para este cálculo se tenía información de la energía generada para cada uno de los generadores en cada mes del 2020. Se usaron factores de Energía Activa en Kilovatios por Hora (kW/h), Potencia Máxima (kW/h), Promedio Diario de Horas disponibles de energía en el municipio y Factor de Emisión para generadores Diesel.

Se realizó el cálculo de energía diaria (kW día): *Energía activa (kW/h) * Horas de energía en el día*. Después se procedió al cálculo de emisiones de CO₂ al día (Kg/CO₂), multiplicando *Energía Diaria * Factor de Emisión*. Se procedió al cálculo de Emisiones Mensuales de CO₂ multiplicando *Emisiones Diarias * Días de Cada Mes*. Para finalizar se hizo la sumatoria de las Emisiones Mensuales del Año, lo que arrojó la cifra en términos de Kg/CO₂ al Año producidos por el generador de energía alimentado por combustible Diesel. Resultado dividido por 1.000 para obtener esta cifra en términos de Toneladas de CO₂ anuales (T/CO₂). Para las energías limpias – como Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos y Energía Fotovoltaica – se utilizó la misma metodología para la generación con Diesel, solo que se le cambia el factor de emisión, para ello se muestra la **Tabla 6**, donde se especifica el Tipo de Generador, los Factores de Emisión con las unidades de medida predeterminadas por la UPME, y su respectiva conversión en Kilogramos de Dióxido de Carbono por unidad de Kilovatio Hora de Energía Producida.

Tabla 6: Generadores y sus Respectivos Factores de Emisión

Generador	Factor de Emisión	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /kW-h)
Diesel (ACPM)	74,01 (Kg CO ₂ /GJ)	0,27
Solar	30 (g CO ₂ /kWh)	0,03
MCH	0,020 (T CO ₂ /MWh)	0,02

Ya que solo se conocía información específica de uno de los cinco generadores – los otros cuatro también usaban Diesel como fuente de energía –, se hizo la estimación de *Kilogramos De Dióxido De Carbono Generados Al Año * 1 Kilovatio De Capacidad Instalada Del Generador*, esto se halla dividiendo los *Kg de CO₂ anuales* sobre *Capacidad Instalada de la Planta de Generación*. Cuando se tiene el valor de *Kg CO₂ por Unidad de Capacidad Instalada*, se multiplica por la *Capacidad Instalada en el Municipio* que es 252 kW para Sipí. Finalmente da el resultado del *Total de Kg Producidos de CO₂ en el año*.

2.3. Índice Multidimensional de Pobreza Energética

Actualmente, el 18.5% de la población colombiana se encuentra en situación de pobreza energética, datos arrojados por el IMPE del 2022. Promigas basó su metodología en la de Alkire & Foster (2011). Este es un método que mide la pobreza multidimensionalmente y la cual “implica contar los diferentes tipos de privaciones que los individuos experimentan al mismo tiempo, como la falta de educación o empleo, o mala salud o niveles de vida.” (*Oxford Poverty and Human Development Initiative [OPHI], 2014*).

Aunque la medición fue realizada tanto Nacional como Departamentalmente, este trabajo se enfoca en la estimación o construcción de este índice para el municipio de Sipí. Por ende, para

el buen desarrollo de este estudio, se utilizaron cuatro variables para el cálculo del indicador, las cuales son el Acceso a Energía, la Calidad de Energía, Hogares con Servicio a Internet y Energético Adecuado para Cocinar. Este indicador consiste en un método de “doble punto de corte”, en el cual lo primero que se define es crear una función de privación para cada indicador que se haya seleccionado para calcular el índice, junto con su respectivo umbral. En el caso del cálculo que se utiliza para Sipí, se define el punto de corte de cada variable de la siguiente manera:

- Acceso a Energía: La población analizada se marca como privada de esta variable si no tiene ningún tipo de acceso a energía eléctrica.
- Calidad de Energía: Se marca como privada si tiene menos de 24 horas de disponibilidad de energía en el día.
- Acceso al servicio de internet: La población analizada se marca como privada de esta variable si no tiene ningún tipo de acceso al servicio de internet.
- Energético Adecuado para Cocinar: La población analizada se marca como privada de esta variable si no tiene ningún tipo de acceso al servicio de internet.

Se escogieron estas variables en específico por la disponibilidad de los datos para el municipio de Sipí y también por el nivel de importancia de estas cuando se quiere estimar un índice el cual mide no solo la interconexión de los hogares a la red eléctrica, sino también los diferentes aspectos que involucran tener acceso a energía de buena calidad. Se considera que estas cuatro son las más importantes y las que reflejan mayores resultados cuando hay un cambio en la fuente de generación y en las horas disponibles de electricidad en una comunidad, en este caso Sipí. Cuando se escogen las variables para la población de observación se le asignaron los pesos a cada una de estas cuatro variables. Teniendo en cuenta que le estamos asignando el mismo nivel de importancia a cada una de estas, el peso es del 25% para cada una.

Después de definir el primer punto de corte y el peso de las variables, se define el segundo punto de corte, este es el agregado y es con el que se determina cuando un hogar se considera como pobre energético. En este caso se utiliza el mismo punto de corte que se definió en el IMPE calculado por Promigas. Este punto de corte toma un intermedio de tres indicadores existentes que calculan la pobreza en Colombia, en los cuales se estimó para el número de personas en cada uno el porcentaje de privaciones acumuladas de variables que se toman en el IMPE. Los resultados para cada indicador se muestran en la ***Tabla 7***.

Tabla 7: Ponderación Índices de Pobreza en Colombia

Población Pobre por Indicador:	Suma Ponderada de privaciones del IMPE:
Índice de Pobreza Monetaria (LP)	24,60%
Índice de Pobreza Multidimensional (LP)	25,80%
Autoreporte de pobreza	34,70%

Fuente: Promigas

A partir de los valores de la ***Tabla 7***, se propuso un punto de corte racional que permitiera observar los hogares que están dentro del marco de la pobreza energética. Para ello, se escogió un 30% como punto medio. Lo que significa – según los pesos asignados anteriormente – que

los hogares en los que la suma de las privaciones sea mayor a un 30%, serán clasificados como pobres energéticos.

Desde este punto de corte se calcula la incidencia de la pobreza energética en la población, en este análisis, se examina la proporción de hogares que experimentan estas limitaciones con relación al total de hogares en la población, lo que nos proporciona el porcentaje de hogares que se ven afectados por la deficiencia energética según el índice. También se estima la intensidad de la pobreza energética, que se interpreta como el porcentaje total de las privaciones acumuladas por los hogares que se consideran pobres energéticos. La intensidad se calcula haciendo una operación de suma-producto entre el porcentaje de carencias de cada variable analizada y los pesos que se le asignaron a cada una respectivamente.

Para Sipí se partió de la información proporcionada por el censo del DANE en 2018. En este se observa una población de 2.768 personas y 848 hogares habitados en el municipio. En la **Tabla 8**, se observan los datos de los indicadores que componen el IMPE para Sipí en el 2018.

Tabla 8: Datos de Sipí fundamentales para la construcción del IMPE

Sipí				
Indicador	#	% Hogares con servicio	% Hogares con privaciones del servicio	Peso
Hogares que cuentan con servicio de Energía (IPSE)	551	65%	35,02%	25%
Hogares que cuentan con servicio de internet (DANE)	22	3%	97,41%	25%
Hogares que cuentan con servicio de gas (DANE)	4	0,5%	99,53%	25%
Hogares con Energía eléctrica de calidad (IPSE)	0	0%	100,00%	25%

Debido a que no se cuenta con la información de cada unidad de observación por separado, no es posible estimar la incidencia de pobreza con la fórmula exacta del IMPE. Su imposibilidad surge a partir de que la asignación funciona bajo el método de *Alkire & Foster* (Santos, 2019, p.12), donde se explica que cada persona u habitante recibe un puntaje en función de si carece de los indicadores medidos. Si carecen de algún indicador, obtienen un puntaje de "1"; si no les falta nada, obtienen un puntaje de "0". Este puntaje después se multiplica por cada uno de los pesos asignados a los indicadores y se hace la sumatoria para determinar si esa unidad de observación se encuentra por encima o por debajo del puntaje decidido como pobreza

energética. El tipo de datos que se tienen para el municipio son agregados, por lo que no se puede estimar por el método de medir para cada uno de los hogares sino como un total agregado.

Por tanto, consecuente con la fórmula expresada en la **Tabla 5**, se logra interpretar que solo es posible que 4 hogares acumulen menos del 30% de la suma del peso asignado a los indicadores que tengan privaciones del servicio. Por lo que se hace como un supuesto que aquellos hogares que cuentan con servicio de gas también están dentro del grupo selecto que tiene acceso a la energía y servicio de internet. Desde estos 4 hogares se estima el cálculo de la pobreza energética, en donde se dividen los otros 844 hogares que sí acumulan más del 30% en carencias sobre el total de hogares en Sipí.

Posterior a este cálculo en el escenario base, se crea un escenario “ideal” en el municipio para estimar los resultados que podría llegar a tener el reemplazo de las plantas Diesel por una Pequeña Central Hidroeléctrica. Lo primero que se hace es calcular la capacidad instalada en Kilovatios que debería tener una PCH para abastecer a los 848 hogares de Sipí por las 24 horas del día. Estimándolo a partir del supuesto que cada hogar logre tener el consumo de energía promedio en el mes de los hogares en Colombia. Se calcula a partir de la fórmula de Impacto en la tabla 5, con los siguientes datos:

Tabla 9: Implementación de PCH en Sipí

Capacidad Instalada de PCH	189	kW
Consumo Promedio en el mes de Hogares (UPME)	157	kW-M
Factor de Eficiencia de la PCH (UPME)	0,98	N/A
Horas de Funcionamiento	24	H
Días mes	30	D
Hogares que puede abastecer la PCH	848	# de Hogares

Conociendo los datos de generación de este escenario, se estima que el acceso y calidad de energía sería del 100% en el territorio. Para la estimación de las variaciones que pueden tener los indicadores de Acceso a Internet y Servicio de Gas, se realizó un cálculo con base al promedio de los datos de otros dos municipios pertenecientes a las ZNI ubicados en el departamento del Chocó. Los municipios serían Nuquí y Bahía Solano, ya que cuentan con una población similar y con una disponibilidad de energía de 24 horas al día. Como en el escenario presentado, el cálculo proporciono el resultado que muestra la **Tabla 10**. Por lo que se multiplicó el Promedio para Sipí por el Número de Hogares sipianos para conocer la posible mejoría en estos indicadores en un futuro, al implementar la generación renovable con un incremento de disponibilidad las 24 horas del día.

Tabla 10: Escenario Comparativo Municipios Chocoanos de ZNI con Sipí

Municipios Comparables en Chocó con 24H de Energía	Horas Promedio de Energía Disponible (IPSE)	% Hogares que cuentan con servicio de internet (DANE)	% Hogares que cuentan con servicio de gas (DANE)
NUQUÍ	24	17,7%	0,6%
BAHÍA SOLANO	24	23%	2%
Promedio para SIPÍ	24	20,2%	1,2%

La ***Tabla 11*** muestra cómo se observan los datos de los indicadores que componen el IMPE para Sipí en el escenario propuesto. La tabla muestra que cada indicador tiene el mismo peso. Del Número de Hogares se determina tanto el porcentaje que cuentan o no con servicio.

Tabla 11: Datos del IMPE de Sipí

SIPÍ				
Indicador	# de Hogares	% Hogares con servicio	% Hogares con privaciones del servicio	Peso
Servicio de Energía (IPSE)	848	100%	0%	25%
Servicio de Internet (DANE)	171	20,22%	79,78%	25%
Servicio de Gas (DANE)	10	1,21%	98,79%	25%
Energía Eléctrica de Calidad (IPSE)	848	100%	0%	25%

En este caso para estimar la intensidad de la pobreza se utiliza el cálculo de suma producto entre los indicadores y los respectivos pesos de cada uno. En la estimación de la incidencia se utiliza la misma metodología explicada anteriormente, en la que se hace también el supuesto en el que solo es posible que 181 hogares acumulen menos del 30% de las carencias, por lo que los 667 hogares restantes se dividen sobre el total de los hogares en Sipí. El resultado de esta división brinda el resultado de la incidencia en Sipí cuando se construye una FNCER con capacidad de abastecer el total de la población por las 24 horas diarias.

3. RESULTADOS

3.1. EMISIONES CO₂

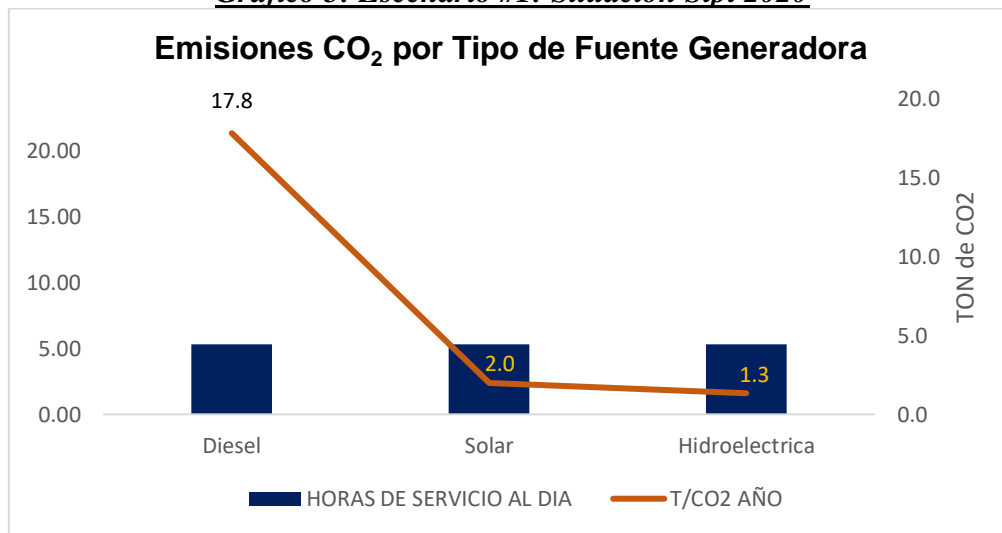
Los resultados obtenidos al analizar los escenarios de reemplazo de los generadores de energía actuales en el municipio de Sipí – que actualmente funcionan con Diesel – por energías limpias como Paneles Solares y Pequeñas Plantas Hidroeléctricas, como se muestran en la **Tabla 12**; muestran la consistencia en la información recopilada a través de la revisión de la literatura especializada. Los **Gráficos 5, 6, 7 y 8** representan los diversos escenarios propuestos para evaluar la reducción de emisiones de CO₂.

Tabla 12: Escenarios Emisiones de CO₂ en Sipí

Sipí - Chocó	Horas Diarias	Energía Diaria (KV día)	Tipo de Generación
Escenario Base	5,3	56	Diesel - Solar - Hidroeléctrica
Escenario 2	11	112	Diesel - Solar - Hidroeléctrica
Escenario 3	24	251	Diesel - Solar - Hidroeléctrica
Escenario 4	5,3 + 18,7	251	Diesel + FNCER

El **Gráfico 5** muestra el primer escenario, este se denomina "Escenario Base" y evalúa las variaciones en las emisiones de dióxido de carbono cuando se mantienen las horas de generación de energía actuales en Sipí. En este primer supuesto, se evidencia que en la actualidad, solo el consumo de energía de los hogares en Sipí, a partir de Diesel produce 17,8 Toneladas de CO₂ al año. En contraste la energía Solar e Hidroeléctrica solo generarían 2 y 1,3 Toneladas en el año respectivamente. Esto pone de manifiesto un significativo beneficio tanto para el medio ambiente como para la salud de los habitantes de la zona.

Gráfico 5: Escenario #1: Situación Sipí 2020



Los otros dos escenarios analizados, en el **Gráfico 6** y **Gráfico 7** se incrementan la disponibilidad de energía a 11 y 24 horas al día respectivamente. Los resultados muestran una notable reducción

de la contaminación al cambiar la tecnología de generación por estas FNCER. En cualquiera de los tres escenarios considerados, se concluye que la adopción de Energía Solar e Hidroeléctrica permite reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 89% y 92%, respectivamente, en comparación con el uso de plantas generadoras con Diésel.

Gráfico 6: Escenario #2: 11 Horas disponibles de energía

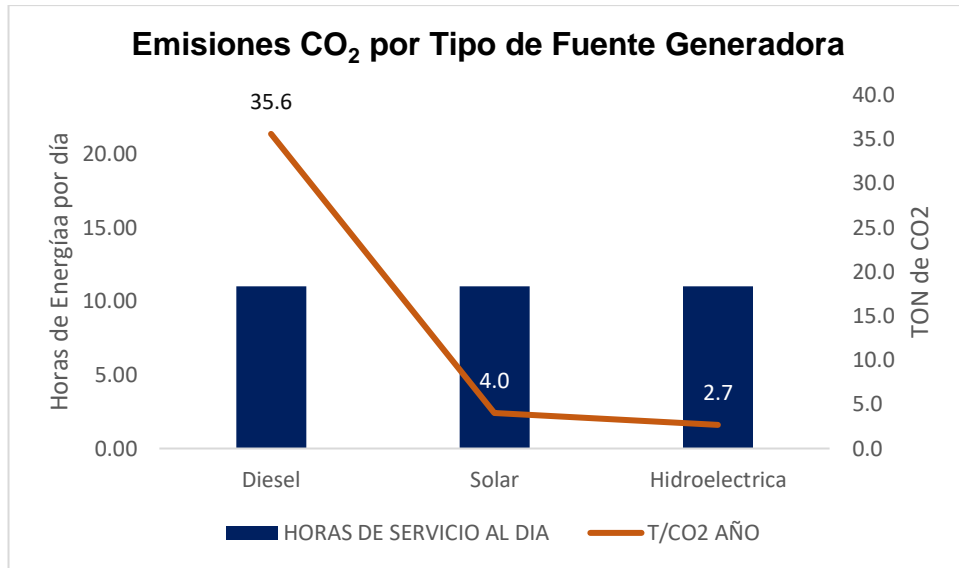
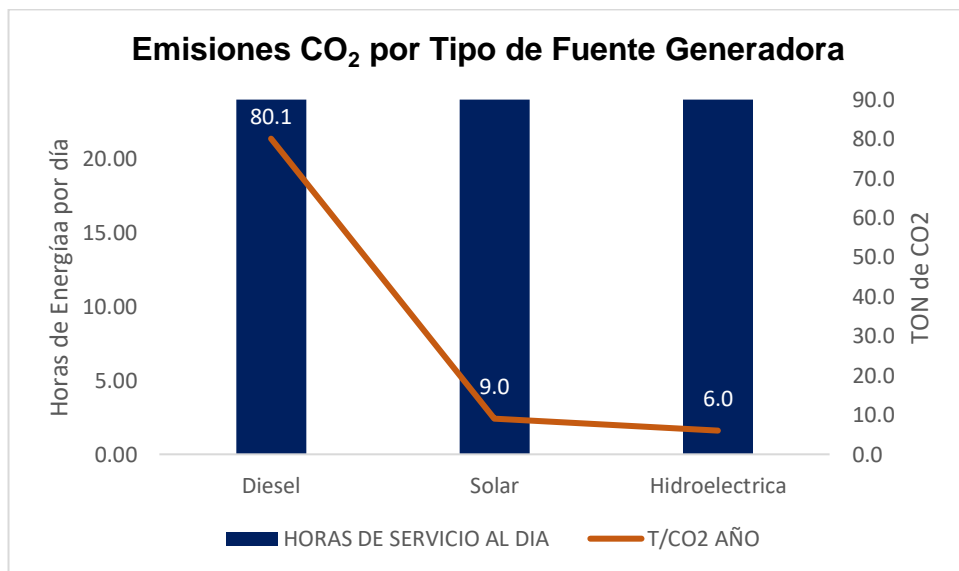


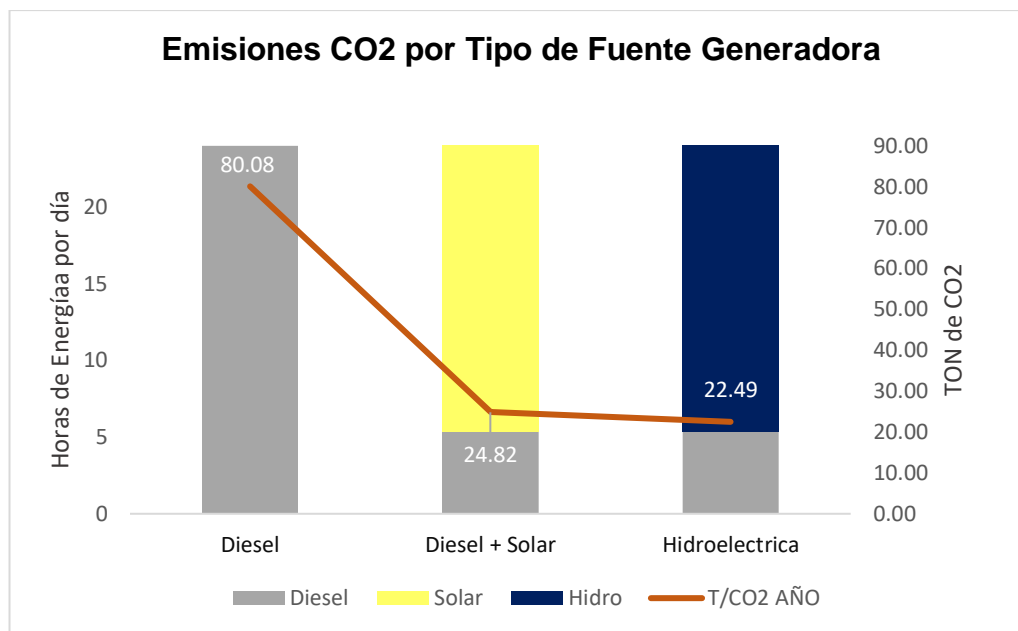
Gráfico 7: Escenario #3: 24 Horas disponibles de energía



El último escenario analizado, se presenta en el **Gráfico 8.** Este escenario se podría denominar como el más “realista” para implementar en la realidad que vive el municipio. Este consiste en mantener las 5,3 horas de generación actuales de generación diesel en Sipí – Chocó, e implementar un proyecto que satisfaga las 18,7 horas restantes del día con FNCER (Solar o Hidro). Este gráfico compara las emisiones de CO₂ que se emitirían al completar las 24 horas con diesel vs las que se

generarían al completar estas horas faltantes con FNCER. Se concluye que la adopción de Energía Solar e Hidroeléctrica para este caso permite reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 69% y 72%, respectivamente, en comparación con el uso de plantas generadoras con Diésel.

Gráfico 8: Escenario #3: 24 Horas disponibles de energía (Combinación Diesel y FNCER)



3.2. IMPE

Los resultados de la medición de la pobreza energética se llevaron a cabo utilizando datos actuales del municipio, comparando el **Gráfico 9** con el **Gráfico 10**. El primero es el “Escenario Base” y se compara con otro Escenario, en el cual la fuente de generación de energía se basa en una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) con una capacidad instalada de 189 kilovatios. Para el segundo supuesto, se estaría generando energía de manera continua las 24 horas al día. Estos escenarios se explican en la **Tabla 13**.

Tabla 13: Escenarios del IMPE en Sipí

Sipí - Chocó	Escenario 1	Escenario 2
Tipo de Generación	Diesel	FNCER
Horas de Energía disponibles	5,3	24
# Hogares con acceso a electricidad	551	848
# Hogares con acceso a internet	22	171
# Hogares con acceso a gas	4	10

En los **Gráficos 9 y 10**, se ilustra la incidencia e intensidad de la pobreza energética en el municipio en los dos contextos. Estos gráficos evidencian de manera concluyente la mejora significativa que experimenta Sipí al implementar la generación continua de energía a través de la PCH las 24 horas al día. La incidencia de la pobreza energética disminuye del 99,5% al 78,6% de hogares en situación de pobreza energética. En términos de intensidad, los hogares pasan de acumular un promedio del 83% de carencias de servicios a solo un 45%.

Gráfico 9: Índice Multidimensional de Pobreza Energética e Intensidad de Pobreza Energética en Sipí

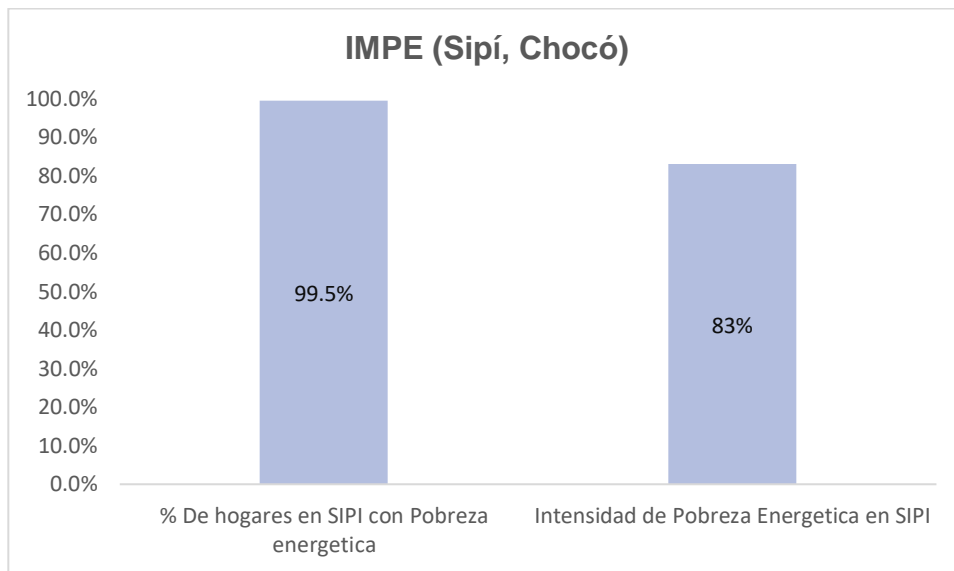
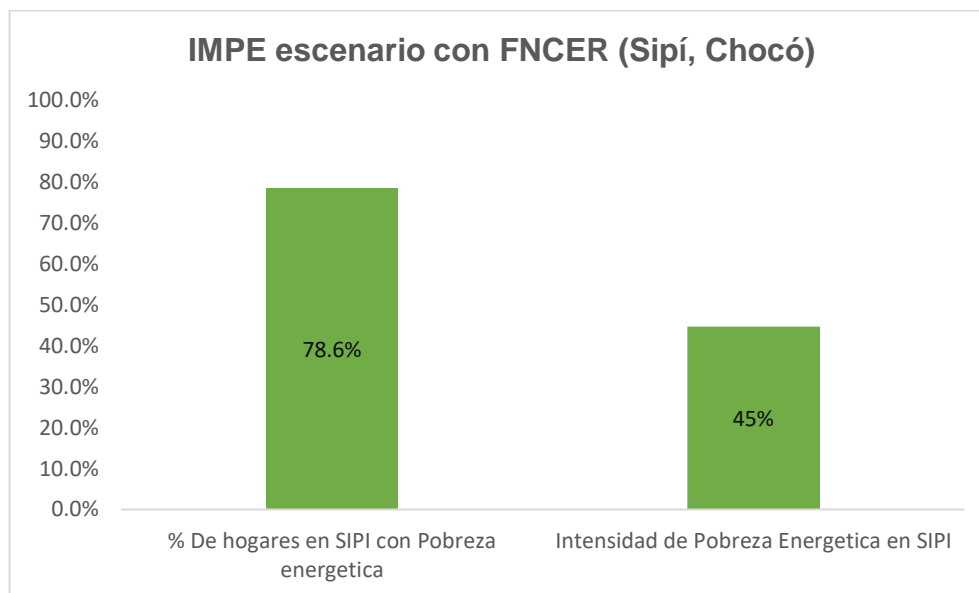


Gráfico 10: Escenario IMPE con FNCER en Sipí



Los **Gráficos 11 y 12**, proporcionan información sobre los dos escenarios medidos y contienen las cuatro variables utilizadas para calcular el Índice de Multidimensional de Pobreza Energética (IMPE). Estos sub-indicadores son: *Hogares con Acceso a Energía*, *Hogares con Acceso a Internet*, *Hogares con Servicio de Gas* y *Hogares con Energía Eléctrica de Calidad*. Cada uno de estos indicadores tiene un peso del 25% en el IMPE. Cuando existen carencias en alguno de estos servicios, se refleja en un aumento en el porcentaje dentro del gráfico. En otras palabras, cuanto mayor sea el porcentaje en un indicador, mayor será la carencia de ese servicio en la población de Sipí.

En el escenario base, se observa que la población enfrenta la mayoría de sus carencias en los indicadores de calidad de energía eléctrica, servicio de gas y acceso a internet. El indicador con menos acumulación de carencias, 8.75%, es el *Acceso a la Energía*. Sin embargo, cuando se implementa el escenario de FNCER, se observa una mejora significativa en la situación de estos indicadores.

En el escenario del **Gráfico 11**, el *Acceso y la Calidad de la Energía* pasan a ser del 0%, ya que la planta de energía PCH proporciona energía durante las 24 horas del día a todos los hogares. En cuanto al *Acceso a Internet*, se registra una mejora, con los hogares reduciendo sus carencias desde un promedio del 24.3% en el escenario base a un 19.94% en la población. Es importante señalar que este indicador no experimenta una mejora inmediata y tiende a progresar con el tiempo a medida que hay acceso y calidad de energía disponibles.

En lo que respecta al *Acceso al Servicio de Gas Para Cocinar*, no se observa una mejora significativa. Esto se debe a las dificultades existentes en el departamento del Chocó para acceder a este servicio, lo que refleja desafíos para mejorar el índice y dificulta el aumento en la calidad de vida de los hogares en este aspecto. Estos resultados no solo indican una mejora en el *Acceso a la Energía*, sino que también señalan un incremento sustancial en la calidad de vida de los residentes cuando se ejecutan proyectos de esta naturaleza en una región con significativas carencias en servicios básicos.

Gráfico 11: Intensidad de la Pobreza en Sipí

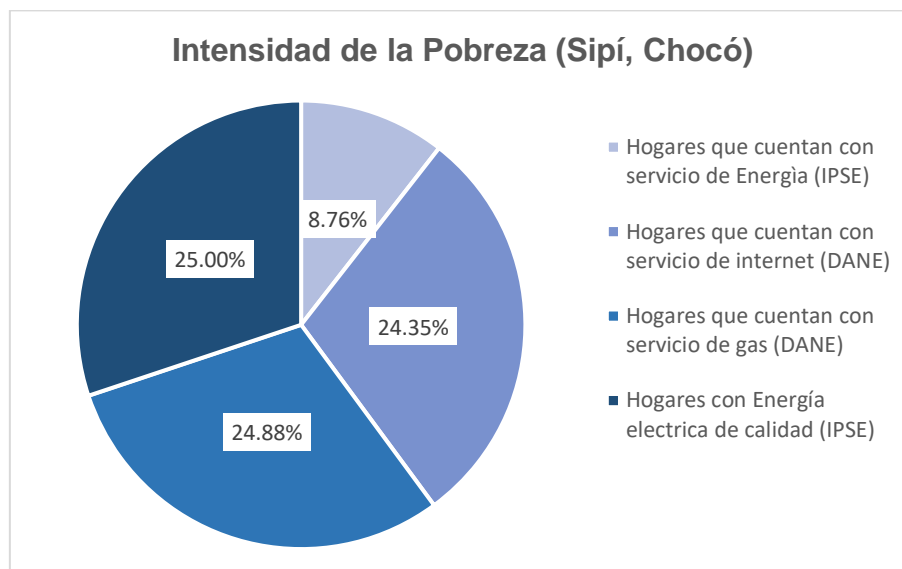
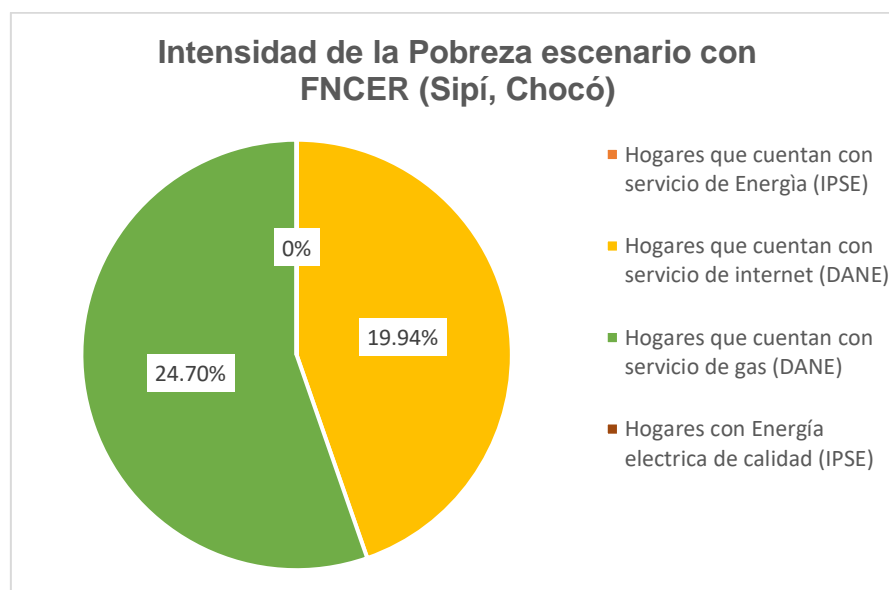


Gráfico 12: Escenario Intensidad de la Pobreza con FNCER en Sipí



CONCLUSIONES

Este trabajo encontró que la implementación de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables en municipios pertenecientes a las Zonas No Interconectadas pueden llegar a cambiar la calidad de vida de las personas y contribuir al medioambiente disminuyendo las emisiones de CO₂. El ejemplo de Sipí, el cual es uno de los municipios con menor acceso al servicio energético, ayuda a evidenciar la información que se quiere transmitir.

Si se implementan FNCER, las emisiones de dióxido de carbono bajan significativamente, y ni hablar del ahorro económico que esto le generaría al gobierno. En un país con tan amplias fuentes hídricas, es incluso una oportunidad que se está desaprovechando. En los tres escenarios que se proponen, se observa evidentemente que cuando se aumentan las horas de disponibilidad de energía, el Diesel contamina altamente, mientras que las FNCER, en este caso Solar Fotovoltaica o Hidroeléctrica tienen una emisión mucho menor que las que provoca el combustible fósil. En cada escenario se evidencia la reducción de CO₂, con la implementación de FNCER, sea Hidroeléctrica o Solar, cuyas disminuciones bajan en un 89% y 92% respectivamente.

Por otra parte, se logró la construcción de un Índice Multidimensional de Pobreza Energética para Sipí - Chocó. La falta de datos dificulta la estimación con técnicas más elaboradas. No obstante, con los datos obtenidos, fue posible el cálculo de un indicador bastante acertado. Se evidencia por medio de este indicador que el impacto que tendría la instalación con FNCER en este municipio, mejoraría la calidad de vida de los habitantes. Aumenta el bienestar, el acceso a servicios ausentes en la actualidad, y disminuye la intensidad o concentración de pobreza energética en un 38% y ni hablar del índice como tal que también disminuiría considerablemente – aproximadamente en un 20.9%.

Como recomendaciones, se deja explícitamente, el problema de la ausencia de datos y, por tanto, la necesidad de la mejora de la calidad de estos, con el fin de poder incluir otras variables relacionadas con pobreza energética que no fueron posible y que sería importante hacerlo en estudios futuros. Con más y mejor calidad de los datos en Sipí, se puede calcular un mejor índice por medio de las ponderaciones en sus variables. Se recomienda para próximos estudios incrementar el número de variables utilizadas en el índice. A partir de la incorporación de nuevas variables, distribuir el peso de las variables según la importancia de estas para el aporte a la calidad de vida de la población en Sipí – Chocó y tener un resultado más preciso en el IMPE.

Adicionalmente, recomendarle al Gobierno Nacional el intercambio de plantas Diesel por FNCER como MCH's, ya que financieramente es más rentable. Esto se debe, ya que el Gobierno sostiene en Sipí cinco plantas de energía con combustión Diesel. Se consumen en promedio 36 galones diarios para 5 horas (Jaramillo & Molina, 2019 p.3), lo que viene siendo 13.140 galones anuales. Actualmente el galón de combustible Diesel está en aproximadamente \$14.000 pesos colombianos (Ramírez, 2023, parr.7). Por tanto, el funcionamiento de estas plantas le estaría costando anualmente al gobierno unos \$183.960.000 de pesos al año por cinco horas, pero si este subsidio aumenta para un escenario de 24 horas estaría rondando los \$900.000.000 de pesos. Si se implementa una MCH que tiene un costo único de \$5.000 millones de pesos y una vida útil de 30 años. En términos anuales la inversión de la MCH sería casi de \$167.000.000 de pesos lo cual es significativamente menor que el subsidio anual del Diesel.

En conclusión, este trabajo muestra que sí estos escenarios llegarán a suceder en Sipí, por medio de la implementación de este tipo de fuentes de energía, lo cual evidencia mejoras, tanto en el medioambiente como en el bienestar social, ¿cómo sería la situación si se instalarán en el resto de las ZNI? ¿O en el resto del país? Sí se busca una transición energética responsable, tal como la que propone el actual Gobierno, se debería promover el uso de este tipo de energías limpias, por medio de subsidios para aquellas empresas u emprendimientos del sector energético que se dediquen a la implementación de proyectos de esta envergadura. Sí, el Gobierno Nacional, se decide por dejar de brindar subsidios para las plantas de energía Diesel, y se dedica a la promoción, inversión e incentivos de proyectos FNCER, con plena seguridad se ayudaría al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible #7 propuesto por la ONU y la disminución a la brecha de pobreza energética.

REFERENCIAS

- Arenas Pinilla, E. M., Barrella, R., Burzaco Samper, M., Cabrera Cabrera, P. J., Centeno Hernández, E., Escribano Alonso, M. E., Ibáñez Jiménez, J. W., Linares Hurtado, J. I., Linares Llamas, P., & Romero Mora, J. C. (2019). [Informe] *La pobreza energética en España*. <https://blogs.comillas.edu/informeespana/wp-content/uploads/sites/93/2019/10/Informe-2019-completo-edici%C3%B3n-web.pdf>
- Banco Mundial. (2023). *Un nuevo informe revela retrasos en el acceso a energías básicas y la necesidad de invertir en renovables*. [Comunicado de Prensa] <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2023/06/06/basic-energy-access-lags-amid-renewable-opportunities-new-report-shows>
- BBVA Communications. (2022). *¿Qué es el combustible fósil? La energía que se obtiene de la materia orgánica*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-combustible-fosil-la-energia-que-se-obtiene-de-la-materia-organica/>
- Clean Cooking Alliance. (2023). *The Value of Clean Cooking*. <https://cleancooking.org/>
- Congreso De La República De Colombia, Ley 1715 De 2014, Por Medio De La Cual Se Regula La Integración De Las Energías Renovables No Convencionales Al Sistema Energético Nacional. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Congreso De La República De Colombia, Ley 2099 De 2021, Por Medio De La Cual Se Dictan Disposiciones Para La Transición Energética, La Dinamización Del Mercado Energético, La Reactivación Económica Del País Y Se Dictan Otras Disposiciones. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326#:~:text=Cr%C3%A9ese%20el%20Fondo%20de%20energ%C3%ADas,Ministerio%20de%20Minas%20y%20Energ%C3%ADa>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2013). *Zonas no Interconectadas*. <https://creg.gov.co/publicaciones/7821/zonas-no-interconectadas/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). *Ficha Técnica Emisión De Dióxido De Carbono (CO2) Total*. [Comunicado de Prensa] https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Cepal/dioxidodecarbono_total.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). *DNP recibe estudio de Naturgas sobre acceso a gas natural en los hogares del país*. [Ficha Técnica] https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/dnp-recibe-estudio-de-naturgas-sobre-acceso-a-gas-natural-en-los-hogares-del-pais.aspx

- European Union. (2022). *EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research*.
<https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>
- García Ochoa, R. (2014). *Pobreza energética en América Latina*. [Informe]
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/79cc961b-7908-4fce-a7dd-133d484c1be7/content>
- Gómez, L. B., & de los Riscos, J. C. (2023). Una aproximación a la pobreza energética en la Unión Europea. *Revista de Treball, Economia i Societat*, 111, 4.
<http://www.ces.gva.es/sites/default/files/2023-07/4.%20Una%20aproximaci%C3%B3n%20a%20la%20pobreza%20energ%C3%A9tica%20en%20la%20Uni%C3%B3n%20Europea.pdf>
- Green, K. P., Jackson, T., Herzog, I., & Palacios, M. (2016). *Energy Costs and Canadian Households: How Much Are We Spending?*
<https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/energy-costs-and-canadian-households.pdf>
- Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas. (2020). *Contexto Municipal*.
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTc2YTEwYjAtYjY0ZS00YjQzLWE3ZDktY2U1NmI3NDY2NWVkiiwidCI6ImU0MzZwMGMzLTAwNzktNDczNS05MjZkLWI4MjM0MGNhMjgwNCIsImMiOjR9>
- International Renewable Energy Agency. (2021). *Country Rankings*.
<https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>
- International Renewable Energy Agency. (2022). *Off-grid renewable energy solutions and their role in the energy access nexus*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Aug/IRENA_IOREC_outcomes_report_2022.pdf?rev=b876f936739242ef8c1c3a9bfc475772
- Jaramillo, A., & Molina, I. (2019). *Estudio de micro generadores hidráulicos para ZNI*.
https://docs.google.com/document/d/1psFzSAm7da6WcFTo7M2uwoJNjKVjvf8Vx_YDT5n7DQ0/edit
- Ministerio de Minas y Energía. (2023). *Diagnóstico Base para la Transición Energética Justa*.
https://www.minenergia.gov.co/documents/10439/2._Diagnóstico_base_para_la_TEJ.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). *Actualización de los Indicadores de la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética - 2022*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-pobreza-energetica/actualizaciondelosindicadoresdelaestrategianacionalcontralapobrezaenergetica-2022_tcm30-549718.pdf

- NASA. (2023). *Global Climate Change*. <https://climate.nasa.gov/en-espanol/datos/efectos/>
- ONU. (2023a). *17 objetivos para transformar nuestro mundo*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- ONU. (2023b). *Su guía de acción contra el cambio climático: la energía en su hogar*. <https://www.un.org/es/actnow/home-energy#:~:text=Cuando quemamos combustibles fósiles para,2%2C5 toneladas al año!>
- Oxford Poverty and Human Development Index. (2014). *Alkire-Foster Method*. <https://ophi.org.uk/research/multidimensional-poverty/alkire-foster-method/>
- Our World in Data. (2021). *Per capita CO₂ emissions, 2021*. <https://ourworldindata.org/grapher/co-emissions-per-capita>
- Promigas. (2023). *Primer Informe del Índice Multidimensional de Pobreza Energética*. https://www.promigas.com/Documents/IMPE-2023-Promigas_.pdf?csf=1&e=3f179i
- Ramírez, J. C. Q. (2023). El galón del diésel en Colombia también llegará a los \$16.000. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com/negocios/el-galon-del-diesel-en-colombia-tambien-llegara-a-los-16000-pesos-JL22299176>
- Rhone Resch. (2023). *La promesa de la energía solar: Estrategia energética para reducir las emisiones de carbono en el siglo XXI*.
- Santos, M. E. (2019). *Desafíos en el diseño de medidas de pobreza multidimensional*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ffbb9f56-2fbd-447c-ae7f-77071837f07f/content>
- United States Environmental Protection Agency. (2023). *El humo de la leña y su salud*. <https://espanol.epa.gov/espanol/el-humo-de-la-lena-y-su-salud#:~:text=Efectos del humo de leña sobre la salud,-Puede que el&text=Estas partículas microscópicas pueden entrar,y desencadenar ataques de asma.>
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2003). *Factores De Emisión De Los Combustibles Colombianos*. <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/handle/001/1285/17 Factores de emision de combustibles.pdf;jsessionid=E1D17805C2E5F1682CB18BBCAD45F103?sequence=18>
- Vivas, J. (2019). El mapa de 1.710 poblados que aún se alumbran con velas en Colombia. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/los-lugares-que-aun-viven-sin-energia-electrica-en-colombia-325892#:~:text=Sipí%2C Chocó%2C es el pueblo,Foto%3A Cortesía Alcaldía Sipí.>