

ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA: AVANCES PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA



Energías renovables en Colombia: avances para la transición energética

SERIE JUSTICIA CLIMÁTICA. No. 2



ASOCIACIÓN
AMBIENTE | SOCIEDAD

© Asociación Ambiente y Sociedad

Calle 19 No. 3-50, oficina 1603, Bogotá.

<https://www.ambienteysociedad.org.co>

Autora

Paula M. Tejada Guzmán

Revisión y aportes

Ana Malagón y Andrea Prieto Rozo

Corrección de estilo

Carolina Méndez

Diseño de carátula

Alejandra Jiménez

Foto de carátula

Imagen utilizada con licencia de Shutterstock.com

Diseño y diagramación

Ediciones Ántropos Ltda.

ISBN: 978-958-8592-75-6

Bogotá, Colombia, octubre de 2022

Con el apoyo de:



Índice

Índice de abreviaturas	5
Resumen ejecutivo	7
Introducción	11
Energías renovables	17
Eólica	18
Hidráulica	19
Solar fotovoltaica	20
Geotérmica	21
Mareomotriz	23
Bioenergía	23
Diversificación de la matriz energética colombiana	25
Marco legal y compromisos adquiridos	33
Energías renovables en Colombia	43
Proyectos de Energías Renovables No Convencionales en Colombia	51
Energía Renovable para la Gente (REP)	55
Casos de estudio en Colombia	61
Parque Solar Pétalo de Córdoba (GreenYellow) – Córdoba	61
Parque solar El Paso (Enel Green Power) – Cesar	69
Parque Eólico Jepírachi (EPM) – La Guajira	77
Conclusiones y recomendaciones	81
Referencias	85
Anexo	97



Índice de abreviaturas

AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIURE	Comisión Intersectorial para el Uso Racional de Energía y Fuentes no Convencionales de Energía
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CxC	Cargo por Confiabilidad
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ECDBC	Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono
ER	Energías Renovables
ERNC	Energías Renovables No Convencionales
FENOGE	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GW	Gigavatios
GWEC	Global Wind Energy Council
HFC	Hidrofluorocarburos
ICEE	Índice de Cobertura de Energía Eléctrica
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IEA	Agencia Internacional de la Energía
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos
IRENA	Agencia Internacional de las Energías Renovables
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MW	Megavatios
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional

OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OEF	Obligaciones de Energía Firme
PAI	Plan de Acción Indicativo
PAS	Planes de Acción Sectorial de Mitigación para el Cambio Climático
PEN	Plan Energético Nacional
PIGCCS	Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial
PIGCCT	Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía
RELAC	Renovables en Latinoamérica y el Caribe
REP	Renewable Energy for People
SE	Servicios Ecosistémicos
SIN	Sistema Interconectado Nacional
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
URE	Uso Racional y Eficiente de Energía
WWEA	World Wind Energy Association
ZNI	Zonas No Interconectadas

Resumen ejecutivo

La generación de energía a partir de combustibles fósiles es la responsable de más del 70 % de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel global, siendo así el principal impulsor del cambio climático. Y si se considera que la demanda de electricidad es creciente habrá un inevitable aumento de las emisiones en el mundo (Caceres et al., 2021; Center for Climate and Energy Solutions, n.d.; IEA, 2021; Ritchie & Roser, 2021). Para abordar los desafíos del cambio climático y la seguridad de abastecimiento energético es importante disminuir la dependencia de combustibles fósiles y promover fuentes de energía bajas en carbono, por lo que es urgente realizar una transición energética con los recursos que posee cada región (Cortés & Londoño, 2017; Pelfini et al., 2012; Ritchie & Roser, 2021).

En América Latina y el Caribe, la producción de energía se ha basado en combustibles fósiles, el 41 % proviene de petróleo o productos derivados de este, el 29 % de gas natural, 4 % de carbón y coque, 1 % a energía nuclear, y un 25 % corresponde a energías renovables que incluye principalmente hidroeléctricas y producción de energía con biomasa (CEPAL, 2019). A pesar de contar con las condiciones geográficas y naturales ideales, América Latina ha tenido dificultades para ejecutar estas alternativas por los altos costos tecnológicos, sus niveles de crecimiento económico y problemas sociales internos (Giraldo et al., 2018; Gualteros & Hurtado, 2013).

En el caso de Colombia, la generación de energía ha dependido principalmente de las hidroeléctricas y los combustibles fósiles. El 99 % de la energía generada en el país proviene de hidroeléctricas y termoeléctricas, con el 68,3 % y el 30,7 % respectivamente, y solamente un 1 % corresponde a energía solar, eólica y bagazo (Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

De acuerdo con las mediciones de GEI en el mundo, Colombia emite el 0,46 % del total de las emisiones globales y se calcula que el sector energético emite el 30,7 % de los gases totales del país, lo que supone que su impacto en el cambio climático no es tan alto. Sin embargo, el tema de la transición energética en el país no deja de ser importante por dos razones: i) al ser altamente dependiente de hidroeléctricas, la matriz energética colombiana es muy vulnerable a fenómenos de variabilidad climática. Se espera que en el país haya una “afectación del 50 % por la modificación en el funcionamiento del régimen hidrológico, con consecuencias sobre las actividades económicas, el abastecimiento de la población y los niveles de amenaza natural” (MADS, 2021a); y porque ii) existe la necesidad de establecer un sistema eléctrico más equitativo, eficiente y competitivo que permita alcanzar, entre otros, metas de carácter social como la cobertura de necesidades básicas insatisfechas asociadas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica, especialmente en zonas rurales (Di Terlizzi et al., 2021).

Para abordar estos desafíos en el sector energético, Colombia se suma al compromiso climático que busca reducir al menos un 51 % de emisiones para 2030 en el marco del Acuerdo de París, y ha planteado la transición energética como un camino para lograr el objetivo de carbono neutralidad para 2050. Para esto, se busca generar por lo menos 4 Gigavatios (GW) de energía con fuentes no convencionales y se espera que para 2022 el 12 % de la participación en la matriz energética provenga de energías renovables no convencionales (GWEC, 2021).

El principal objetivo del sector energético en Colombia es lograr la competitividad de la matriz energética, brindar seguridad de abastecimiento energético y acceso a la energía. Con este fin, en los últimos años se ha ido estructurando un marco normativo para la transición energética; sin embargo, se ha evidenciado la necesidad de tomar más medidas para alcanzar el objetivo de 1,5°C establecido en el Acuerdo de París (Aguilar et al., 2020; Climate Action Tracker, 2021; Soler, 2021). En este sentido, son tareas urgentes agilizar las acciones, aumentar la inversión en nuevas tecnologías de bajo consumo de carbono y eficiencia energética, reducir el consumo de energías contaminantes, principalmente de quienes más consumen y que van mucho más allá de las necesidades energéticas básicas.

Otros de los retos identificados para la transición energética en el país son:

- Reconocer, prevenir y/o gestionar adecuadamente los impactos negativos, los pasivos ambientales y los conflictos socioambientales que generan los proyectos con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), así como evaluar la eficiencia, el acceso, la distribución y la participación de estos.
- Generar condiciones habilitantes para consolidar una transición justa, donde se asegure el fortalecimiento de la gobernanza, la disponibilidad y la accesibilidad a los recursos energéticos, y la mejora de las condiciones de vida en el territorio donde se producen estas nuevas energías alternativas.
- Trabajar en los vacíos existentes frente al apoyo de iniciativas energéticas comunitarias de pequeña escala, creando e implementando estrategias que favorezcan estos procesos locales.
- Revisar y ajustar los compromisos y las directrices relacionadas con la extracción de combustibles fósiles y la proliferación del gas, porque van en contravía de los objetivos del Acuerdo de París suscrito por la nación.
- Generar, consolidar y divulgar la información de forma clara, accesible y transparente, que facilite el acceso, monitoreo y evaluación de los proyectos y sobre las ER en el país.



Introducción

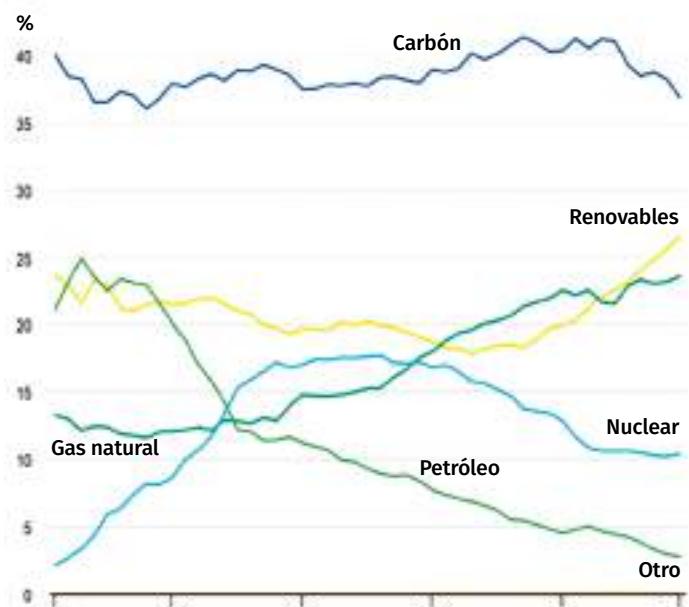
La energía es un recurso esencial para el desarrollo de las actividades y necesidades básicas de la humanidad: permite la generación de la luz y el calor, la cocción de comida, el transporte, la fabricación, etc. Históricamente, el carbón, el gas, la energía nuclear y el petróleo han sido los principales recursos empleados para la generación de energía.

La combinación energética mundial ha ido cambiando su estructura con los años. A nivel global, el petróleo cayó de 44 % a 31 % del suministro total de energía entre 1971 y 2010, aunque para 2019 todavía era el combustible más importante (EIA, 2021). A pesar de esto, la producción de combustibles fósiles ha disminuido entre 2019 y 2020 según la IEA (2021). El carbón se ha mantenido como el segundo recurso más utilizado en la combinación energética mundial, y el principal para la generación de electricidad, seguido del gas natural, que ha tenido un crecimiento de 16 % a 23 % entre 1971 y 2019 (ver Figura 1 y Figura 2).

Fue a partir de la revolución industrial que el carbón, el petróleo y el gas se convirtieron en los principales combustibles. Las hidroeléctricas empezaron a crecer a finales del siglo XIX, y más adelante la energía nuclear. Solamente hasta 1980 se añadieron la energía solar y la eólica a la combinación energética global. Aunque se hayan incorporado otras tecnologías a la generación de energía, actualmente “a nivel global, la mayor cantidad de energía la obtenemos del petróleo, seguido del carbón, el gas y, por último, las hidroeléctricas” (Ritchie & Roser, 2021) (ver Figura 3).

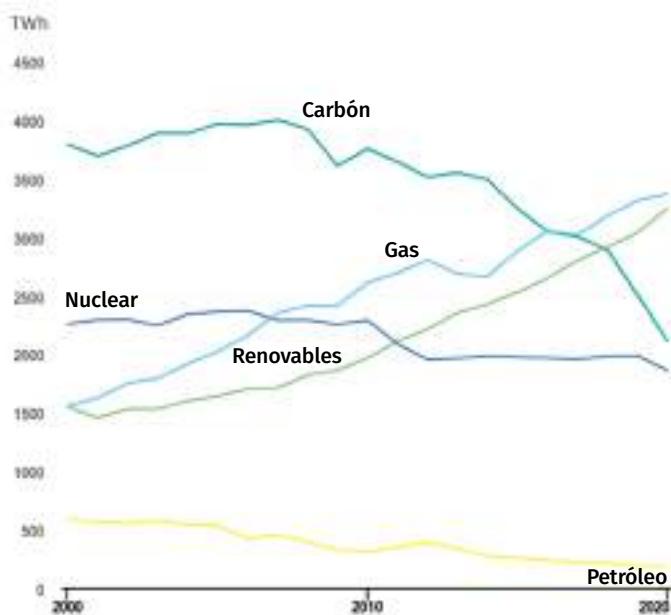
La generación de energía es responsable de tres cuartos de las emisiones globales de GEI, siendo así el principal impulsor del cambio climático, específicamente por el alto porcentaje de combustibles fósiles que

Figura 1.
Generación de electricidad por fuente entre 1971 y 2019



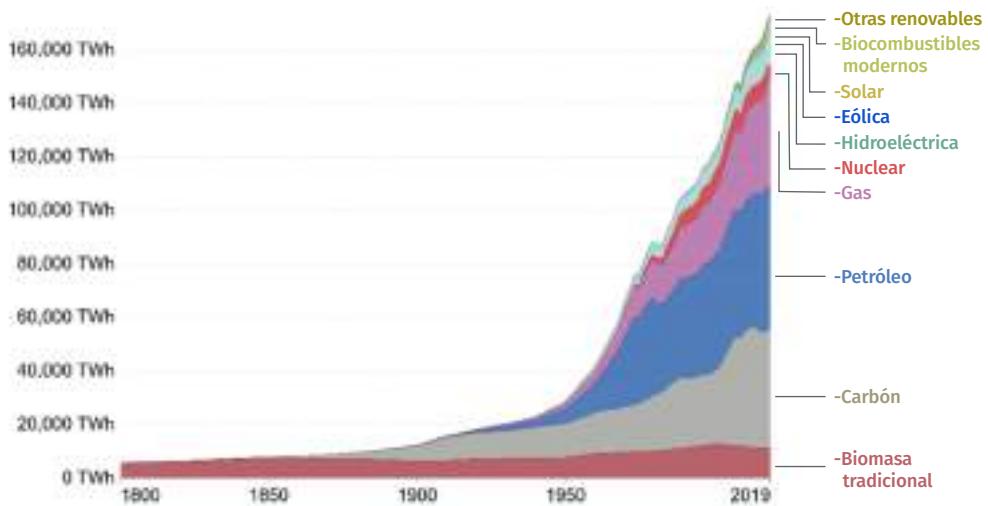
Fuente: EIA (2021).

Figura 2.
Generación de electricidad por fuente entre 2000 y 2020



Fuente: EIA (2021).

Figura 3.
Consumo de energía primaria por fuente a nivel global



Fuente: Ritchie & Roser (2021).

demandan el funcionamiento del sector (Center for Climate and Energy Solutions, n.d.; Ritchie & Roser, 2021). Estas emisiones se acumulan en la atmósfera y pueden llevar a cambios catastróficos en los límites planetarios, causando efectos negativos sobre la población y los ecosistemas (Ritchie & Roser, 2021). Los impactos en el planeta se observan en la alteración de los patrones de lluvia, las sequías e inundaciones extremas, la intensidad y frecuencia de los huracanes, la pérdida de biodiversidad, entre otros fenómenos. Aun así, la demanda de electricidad sigue creciendo: se estima que para 2021 y 2022 crezca un 5 % y 4 % respectivamente, lo que conllevaría a un aumento del 3,5 % y 2,5 % de emisiones de GEI respectivamente (Caceres et al., 2021; IEA, 2021).

Es urgente, entonces, realizar una transición energética a nivel global que enfrente los desafíos del cambio climático y la seguridad de abastecimiento energético, con el fin de disminuir la dependencia de combustibles fósiles y promover fuentes de energía bajas en carbono, es decir, energías renovables no convencionales (ERNC) (Ritchie & Roser, 2021). Por esta razón, las energías renovables (ER) han crecido rápidamente en los últimos años, lo que ha causado una disminución de la generación de electricidad con carbón y petróleo principalmente. “Para 2019, las ER

suplieron casi el 27 % de la electricidad global”, un porcentaje mayor al de gas natural, que representó el 24 % (EIA, 2021).

La velocidad y escala de la transición energética son un nuevo desafío, especialmente para las regiones en vía de desarrollo como África y América Latina que, a pesar de contar con las condiciones geográficas y naturales ideales para la generación de electricidad con ERNC, presentan dificultades para ejecutar estas alternativas por sus niveles de crecimiento económico y problemas sociales internos (Gualteros & Hurtado, 2013). Además, algunas de estas regiones son de las más vulnerables a los impactos del cambio climático (Caceres et al., 2021).

En América Latina y el Caribe la generación de energía se ha basado en combustibles fósiles: el 41 % proviene de petróleo o productos derivados de este, el 29 % de gas natural, 4 % de carbón y coque, 1 % de energía nuclear, y un 25 % corresponde a energías renovables que incluye principalmente hidroeléctricas y producción de electricidad con biomasa (CEPAL, 2019). En la región, las hidroeléctricas se han convertido en el principal componente de la matriz energética; vale mencionar que estas son una fuente de energía muy importante a nivel mundial, proveen casi una quinta parte de la electricidad del mundo (Cortés & Londoño, 2017; Mohammad et al., 2015). Sin embargo, esta solución presenta otros desafíos a nivel socioambiental, pues en algunos casos ha tenido impactos sociales y ambientales negativos en los sitios de implementación.

Ante un panorama vulnerable y expuesto al cambio climático, las investigaciones para la mitigación y adaptación mediante los compromisos adquiridos por el país toman relevancia y ayudan a proponer nuevos marcos regulatorios para hacer frente a las consecuencias de este fenómeno. A partir de esto, surgen alternativas libres de contaminación que proponen el uso de recursos naturales renovables para la producción energética (Giraldo et al., 2018).

La coyuntura de la transición energética en Colombia ha abierto nuevas oportunidades y ha dado esperanzas en términos ambientales, sociales y económicos; sin embargo, ha hecho también evidentes los vacíos históricos de información sobre el sector energético y, en particular, de los proyectos energéticos. Este nuevo camino para Colombia hacia la carbono neutralidad está acompañado de grandes retos, y precisa de transparencia para asegurar su integralidad.

Lo anterior muestra la necesidad de hacer una compilación de los antecedentes de esta transición con el fin de conocer el estado actual del

sector energético y, más adelante, cuando la implementación esté más avanzada, poder comparar y determinar sus impactos y logros. Esta investigación proporciona una línea base acerca del progreso de la transición energética en Colombia desde fases iniciales, y algunas implicaciones en términos ambientales, sociales, ecológicos y económicos.

Este estudio hace un breve repaso del sector energético a nivel mundial y se detiene en el caso colombiano para revisar el marco regulatorio que han encaminado la transición hasta el primer semestre de 2022, para entender de mejor manera las dinámicas que surgen de este proceso. Se presenta una matriz con los proyectos energéticos identificados hasta el periodo señalado anteriormente, mostrando quién está a cargo de la implementación de esta transición, y qué se está haciendo por parte de estos actores. Adicionalmente, se hizo el análisis de tres proyectos específicos con base en los criterios REP (*Renewable Energy for People*), y a través de indicadores para calificar el éxito de estos en términos de justicia social, ambiental y económica para las comunidades de las zonas de implementación. Se revisaron fuentes primarias y secundarias que permitieron profundizar los hallazgos y darle mayor transparencia al estudio. Se realizaron entrevistas para enriquecer los casos de estudio, y se acompañó con una revisión exhaustiva de la bibliografía disponible.

Así, este documento pretende ser un aporte a investigaciones futuras que exploren los diferentes ámbitos de la transición energética en Colombia o como ejemplo para otros países en vía de desarrollo.



Energías renovables

Las energías renovables (ER) surgen como una alternativa para disminuir los impactos negativos del sector energético porque brindan mayor sostenibilidad ambiental, inclusión y equidad en el ámbito social mediante el aprovechamiento de los recursos locales no convencionales de cada región (Cortés & Londoño, 2017; Pelfini et al., 2012). No obstante, los costos tecnológicos aún son muy altos, especialmente para los países en vía de desarrollo (Giraldo et al., 2018).

Los principales beneficios ambientales de la transición a ER son de amplio conocimiento, a saber, la disminución de emisiones de GEI y de polución aérea. A nivel socioeconómico, las ventajas son la generación de empleo, el aumento de resiliencia frente a diversos eventos climáticos, mayor acceso a la energía en áreas rurales o de acceso restringido y, la reducción de la polución del aire ha ayudado a mejorar la salud, especialmente en países en vía de desarrollo (IRENA, n.d.-a).

Las ER se generan a partir de recursos naturales como el viento, el agua, el sol y residuos de biomasa de la caña de azúcar, aceite de palma, arroz, plátano, entre otros (Giraldo et al., 2018); produciendo así energía eólica, hidráulica, solar fotovoltaica, bioenergía, geotérmica y mareomotriz (Medina & Vanegas, 2018).

El mercado de las energías renovables está en auge a nivel mundial. Se estima que el consumo de energía proveniente de fuentes renovables ha aumentado casi cuatro veces en los últimos diez años (Chubraeva & Sergey, 2018). Hasta 2020 se han instalado 2.799,09 GW de capacidad de ER en el mundo (IRENA, 2021a). Actualmente, Asia cuenta con el 45,95 % de la capacidad instalada y energía generada a través de energías renovables del mundo, Europa con 21,77 %, Norteamérica con 15,07 %, Sudamérica con 8,33 %, Eurasia con 3,94 %, África con 1,92 %, Oceanía

con 1,57 %, Medio Este con 0,87 %, y por último Centroamérica y el Caribe con 0,58 % (IRENA, 2020a).

Actualmente, América Latina y Caribe está apostando a la transición energética: en 2019 anunció su promesa de alcanzar por lo menos el 70 % de energías renovables en la región para 2030, lo que equivale a una capacidad instalada de 312 GW. Mediante esta iniciativa de Renovables en Latinoamérica y el Caribe (RELAC), liderada por Colombia, diez países de la región se suman a este compromiso (Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, Haití, Honduras, Perú y Paraguay) (IRENA, 2020b; LEDS-Global Partnership, 2019).

A continuación, se hace un resumen con las características de los diferentes tipos de energías renovables, sus avances y sus implicaciones.

Eólica

La energía eólica se basa en la transformación de la fuerza producida por el viento (energía cinética) en energía eléctrica por medio de un aerogenerador o molino de viento (Medina & Venegas, 2018). Esta representa una fuente limpia y competitiva que satisface las necesidades de la sociedad a nivel económico y ambiental (Moragues & Rapallini, 2004). Para 2020, la capacidad de la energía eólica a nivel mundial fue de 743 GW, y solo para este año tuvo un crecimiento de 93 MW, donde el 60 % le corresponde a Asia-Pacífico, el 18 % a Norte América, 16 % a Europa, 5 % a Latinoamérica, y el 1 % a África y Medio Oriente; lo que posiciona a América Latina como el cuarto mercado más grande (GWEC, 2021).

América Latina ha venido creciendo en este sector: en 2009 Brasil y México fueron los mercados más grandes en la región con valores de producción de 78,5 % (600MW) y 372,9 % (402MW) respectivamente (WWEA, 2010), y en 2020 Brasil continuó liderando con 2,3 GW de nueva capacidad instalada, mientras Argentina (1 GW) y Chile (684 MW) van aumentando su capacidad (Energía Estratégica, 2021). Se espera que estos dos últimos países y Colombia se sumen a los principales contribuyentes de la región en los próximos años (GWEC, 2021).

Por su geografía, América Latina tiene un alto potencial para la generación de energía con fuentes renovables no convencionales, y cuenta con uno de los sitios más favorables de la región: el área de La Guajira (Colombia) que tiene velocidades de viento promedio anual de Clase 7, cerca de 10 m/s (GWEC, 2021).

La energía eólica es una de las alternativas más importantes para lograr cero emisiones netas de GEI para 2050 y poder mantener la temperatura global por debajo de 2°C por medio de las NDC. Si bien la producción de este tipo de energía no genera residuos, no utiliza combustión, es de bajo costo y genera empleo; los proyectos pueden ocasionar conflictos sociales por los derechos y uso de la tierra (Cano & Rodríguez, 2020), y en lo ambiental las desventajas pueden estar asociadas a los procesos de obtención de materias primas para su construcción, así como el cambio de uso de suelo que modifica el paisaje e impacta el hábitat de especies, además de la contaminación visual y auditiva, interferencia en medios de comunicación, e intervención del espacio aéreo para pájaros y murciélagos (Medina & Vanegas, 2018; Wang & Wang, 2015).

A pesar de lo anterior, se espera que la energía eólica sea una de las que lidere la transformación energética a nivel mundial. Para 2050, esta tecnología podrá suplir un tercio de la demanda total de electricidad (IRENA, 2019a).

Hidráulica

Las hidroeléctricas se han convertido en el principal componente de la matriz energética y son una fuente de energía muy importante a nivel global en tanto proveen casi una quinta parte de la electricidad del mundo (Cortés & Londoño, 2017; Mohammad et al., 2015). Su producción de energía depende del flujo de agua para movilizar las turbinas. Existen dos tipos de hidroeléctricas: la primera, de represas o embalses que pueden mantener el agua por períodos de tiempo cortos o largos, dependiendo de la demanda; y la segunda, opera en ríos sin alterar su cauce. Esta última causa menor impacto ambiental y es útil para producciones a menor escala y (IRENA, n.d.-b).

La energía hidráulica ha tenido buena acogida en el mercado por su bajo costo y porque representa la ER con mayor eficiencia energética (Maradin, 2021). De otro lado, las hidroeléctricas proveen energía a una tasa constante, pueden durar décadas, el agua se puede almacenar para momentos de alta demanda y no produce residuos durante su ejecución (Mohammad et al., 2015), además de tener una vida útil entre 50 y 150 años.

Para 2020, la capacidad instalada a nivel mundial de energía hidráulica fue de 1.331 GW, de los cuales América Latina y Caribe abarcan

alrededor del 15 % (IRENA, 2021a). Latinoamérica ha presentado el crecimiento más rápido en los últimos 30 años, después de China, principalmente gracias a que Brasil ha sido el país más competitivo de la región (Rubio & Tafunell, 2014).

Los desafíos socioambientales de esta fuente de energía consisten en la destrucción o impedimento del paso de biodiversidad, afectación de la dinámica de las poblaciones, disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua perjudicando los hábitats ribereños, aumento de la pérdida de bosques, daños geológicos, alteración del nivel freático y flujo natural, inundaciones por mala planificación e infraestructura, contaminación durante su construcción (Mohammad et al., 2015; Vasconcelo-Sampaio & Aguirre-González, 2017), y la emisión de GEI causada por la acumulación y descomposición de material orgánico, vegetación, sedimentos y suelo, que emiten metano y dióxido de carbono en el agua y en el aire durante todo el ciclo de generación, con mayor intensidad en áreas tropicales y en zonas de alto sedimento (Wockner, s.f; Paucar & Amancha, 2015). Otros impactos sociales negativos presentados en los sitios de implementación han sido el desplazamiento y empobrecimiento de las poblaciones locales, aumento de vulnerabilidad a inundaciones y problemas de acceso al agua, violaciones de los derechos a la tierra y pérdidas de formas de vida (Mohammad et al., 2015; Rico, 2018; Cano & Rodríguez, 2020).

Desde hace unos años se debate sobre la calidad de este tipo de energía que, si bien ha tenido un importante papel en el desarrollo de los países, no es una energía tan limpia como se creía. El hecho de que sus impactos no sean abiertamente conocidos resulta un arma de doble filo, pues se han llegado a promover desmedidamente (Ortúzar, 2014).

Solar fotovoltaica

La energía solar resulta de la transformación de la radiación solar en electricidad gracias a efectos fotovoltaicos; esto ocurre a través de paneles solares que contienen células fotovoltaicas. En otras palabras, es la emisión de corriente eléctrica producida cuando la luz del sol incide sobre una superficie metálica en determinadas condiciones. Actualmente los paneles solares trabajan con diversos materiales, entre ellos el silicio (Si), arseniuro de galio (GaAs), telururo de cadmio (CdTe) y seleniuro de cobre, indio y galio (CIGS) (Energy Education, n.d.; Medina & Venegas, 2018). Dada la confiabilidad de la energía fotovoltaica en el mercado de

las ER, la tasa de crecimiento de las instalaciones, entre 2000 y 2015, fue de 41 % (Vasconcelo-Sampaio & Aguirre-González, 2017). Para 2020, la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica fue de 713 GW a nivel mundial y de 20,8 GW en América Latina y el Caribe (IRENA, 2021a).

El carácter confiable del sistema de energía solar radica en que, a pesar de disminuir la generación de energía durante días nublados, sigue siendo capaz de producir energía, a diferencia de la hidráulica que, en períodos de sequía, limita su producción. La cantidad de energía producida depende completamente de su ubicación, en zonas con menor radiación se necesitan sistemas más grandes para generar la misma cantidad de energía que en un lugar mucho más soleado (Vasconcelo-Sampaio & Aguirre-González, 2017).

Esta tecnología se caracteriza por tener un bajo costo de operación y mantenimiento, no produce contaminación auditiva, y sus impactos ambientales durante su ejecución son mínimos en comparación a las fuentes de energía tradicionales (e.g. combustibles fósiles). Además, se puede instalar en escalas grandes, medianas o pequeñas y se puede generar desde ambientes tanto urbanos como rurales (IRENA, n.d.-c; Vasconcelo-Sampaio & Aguirre-González, 2017).

Sin embargo, al escoger esta tecnología se debe considerar que la inversión inicial es de alto costo y, a pesar de que tiene una vida promedio de 30 años, los materiales utilizados en los paneles son sensibles a eventos climáticos y se pueden averiar en un tiempo menor. Por el lado medioambiental, para proveer una buena capacidad eléctrica se necesita un área amplia para la instalación, su eficacia depende mucho de las condiciones de radiación, y los materiales utilizados en la construcción de esta tecnología tienen un alto potencial tóxico, como el arsénico (Vasconcelo-Sampaio & Aguirre-González, 2017). En grandes proyectos se han presentado conflictos socioambientales asociados al uso y acceso de la tierra, desplazamientos, así como también problemas laborales (Cano & Rodríguez, 2020).

Geotérmica

La energía geotérmica es otro tipo de ER proveniente de la tierra y capaz de ser transformada en electricidad. Hoy en día existen cuatro opciones tecnológicas para la generación de energía geotérmica que se pueden utilizar según las condiciones disponibles:

1. Plantas de vapor seco: se basa en la captación de vapor geotérmico proveniente de las fracturas del suelo, a través de turbinas de condensación que se mueven con el vapor a 150°C y así se produce electricidad (Energía solar, 2019; IRENA, 2017).
2. Plantas de vapor flash o destello: actualmente son las plantas más comunes de electricidad geotérmica. Al igual que las plantas de vapor seco, su proceso depende del vapor del agua, sin embargo, este se da mediante pozos que transportan el agua a la superficie, donde se vaporiza por la presión atmosférica (Energía solar, 2019; IRENA, 2017).
3. Plantas de ciclo binario: combinación de agua caliente y otro fluido con un menor punto de ebullición que se vaporiza fácilmente para accionar las turbinas de vapor. Estas plantas tienen una eficiencia térmica de 10-13 % y son el desarrollo tecnológico más reciente (Energía solar, 2019).
4. Plantas híbridas: algunas plantas pueden utilizar ciclos de combinados para la producción de electricidad (IRENA, 2017).

La principal ventaja de esta tecnología es su disponibilidad permanente porque no depende de condiciones climáticas, a diferencia de la energía solar y eólica que pueden ser intermitentes según la temporada (IRENA, n.d.-d, 2017; Maradin, 2021). Igualmente, su precio se ha vuelto cada vez más competitivo en el mercado, tiene un bajo costo de funcionamiento, y durante su ejecución emite bajas cantidades de GEI.

En cuanto a las desventajas, la generación de energía geotérmica depende de ciertas condiciones geográficas como alta temperatura subterránea, reservorios de fluidos hidrotermales naturales y acceso a este fluido, que generalmente se encuentra cerca de volcanes activos (IRENA, 2017; Kulasekara & Seynulabdeen, 2019). Adicionalmente, la inversión inicial es alta por la tecnología que se requiere para la implementación y el proceso (Kulasekara & Seynulabdeen, 2019).

La generación de energía geotérmica está aumentando rápidamente, a pesar de ser una de las energías renovables menos eficientes (Kulasekara & Seynulabdeen, 2019; Maradin, 2021). Según el IRENA, la capacidad instalada a nivel mundial de energía geotérmica fue de 14 GW para 2020 (IRENA, n.d.-d), de lo cual América Latina y Caribe aportan solamente 1,67 GW actualmente (IRENA, 2021a).

Mareomotriz

La energía mareomotriz se basa en la producción de electricidad a partir de la energía de las olas, la marea, y diferentes gradientes de salinidad y temperatura (IRENA, n.d.-e). Esta tecnología se encuentra aún en etapa de investigación, por lo que no ha logrado ser comercializada. Sin embargo, tiene el potencial de ayudar a mejorar las condiciones de poblaciones costeras mediante la generación de electricidad, además de promover la economía azul (IRENA, 2021b).

La energía del océano ofrece diversos beneficios para la mitigación y adaptación al cambio climático, mediante la generación de energía y la mejora de calidad y seguridad hídrica. Al mismo tiempo, su implementación puede facilitar la integración de otros tipos de ER, como la energía solar y la eólica (IRENA, 2021b).

Actualmente, Asia, Australia, Canadá, Estados Unidos y algunos países de Europa lideran el mercado de la energía mareomotriz, mientras que Sudamérica y África todavía no cuentan con esta tecnología. Para 2020, se ha logrado instalar una capacidad de 0,53 GW a nivel mundial que se concentran principalmente en Asia y Europa (IRENA, 2021a, 2021b).

Bioenergía

La bioenergía es la conversión de la biomasa, material orgánico derivado de plantas y animales (por ej., madera, algas, cultivos, grasas animales, estiércol y residuos orgánicos), en calor y electricidad (Department of Energy, n.d.-a; IRENA, n.d.-f). Existen dos tipos de uso de la biomasa: la tradicional y la moderna. La tradicional utiliza materiales como madera, carbón, residuos agrícolas, estiércol, obtenidos de forma local e insostenible generalmente, para cocinar o para la calefacción. La moderna incluye el uso directo de biocombustibles líquidos producidos a nivel comercial, para producción de electricidad o generación de calor (IRENA, n.d.-f, 2020c).

Hoy en día, la bioenergía es la fuente de ER más utilizada a nivel mundial; para 2017 abarcó el 70 % de la generación de energía con fuentes renovables y el 10 % de la energía total (IRENA, 2020c). Esta tecnología sigue creciendo rápidamente, por lo que se ha logrado instalar una capacidad de 126,56 GW a nivel mundial, donde Latinoamérica y el Caribe



alcanzan 21,71 GW hasta 2020, y se espera que siga aumentando para 2050 (IRENA, 2020c, 2021a).

La producción de energía con biomasa tiene la capacidad de aprovechar los residuos generados en las cadenas de suministro, que de otra forma serían desperdi ciados o desechados, y causarían problemas ambientales por las emisiones de metano principalmente. El biodiesel es uno de los principales usos que se le ha dado a la biomasa, una alternativa energética de combustible de origen vegetal que puede reemplazar combustibles fósiles; es de naturaleza biodegradable y ayuda a reducir las emisiones de GEI (Department of Energy, n.d.-b).

La bioenergía es una opción atractiva para el futuro; sin embargo, para la producción de biocombustibles a gran escala es necesario expandir o intensificar los cultivos, ya sea de caña de azúcar o palma de aceite, convirtiendo los ecosistemas naturales en grandes terrenos de monocultivos que degradan los suelos por su alta necesidad de agroquímicos, lo que podría incluso duplicar las emisiones de GEI en comparación a las generadas con el uso de combustibles fósiles (Giraldo & Gómez, 2013; Wicke, 2014). Esto también ha causado efectos negativos a nivel social por los cambios de coberturas y usos del suelo, el desplazamiento para el acaparamiento de tierras, y la restricción en el acceso al agua y los alimentos (Cano & Rodríguez, 2020).

Diversificación de la matriz energética colombiana

Colombia es un país megadiverso, donde los bosques abarcan alrededor del 55 % del territorio nacional, cuenta con gran riqueza de recursos de agua dulce y ecosistemas terrestres y marinos (OECD, 2014). A pesar de su diversidad de atributos, el país aún tiene desafíos importantes relacionados con la degradación del suelo causada por los sistemas productivos, la deforestación y la mala regulación de las industrias, principalmente. A esto se le suma la inequidad, la pobreza y el bajo acceso a servicios básicos, que afectan primordialmente al sector rural.

Adicionalmente, según la OECD (2014), “una quinta parte del territorio colombiano, el 85 % de la población y el 87 % del PIB, están en riesgo de desastres naturales”, a pesar de ser un país con bajas emisiones por combustibles fósiles, con solamente un 0,4 % de las emisiones globales, por su alta dependencia en hidroeléctricas (Vergara et al., 2021).

En 2014, Colombia generó 214.315 Gg de CO₂eq de emisiones netas, de las cuales el 55 % correspondieron al sector de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (AFOLU), el 35 % al sector energía (82.510 Gg de CO₂eq), y el 10 % restante a emisiones de la categoría de Residuos y Procesos industriales y uso de productos (IPPU) con 6 % y 4 % respectivamente (IDEAM et al., 2018). En el Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), realizado en 2018, se calcularon las emisiones totales del país según la participación de los diferentes sectores de la economía: AFOLU, Energía, IPPU y Residuos (Figura 4).

La categoría AFOLU incluye el cálculo de emisiones generadas por actividades antropogénicas de CO₂, CH₄ y N₂O, por actividades agropecuarias en tierras gestionadas relacionadas con el uso permanente y cambio de coberturas y usos de suelo (IDEAM et al., 2016).

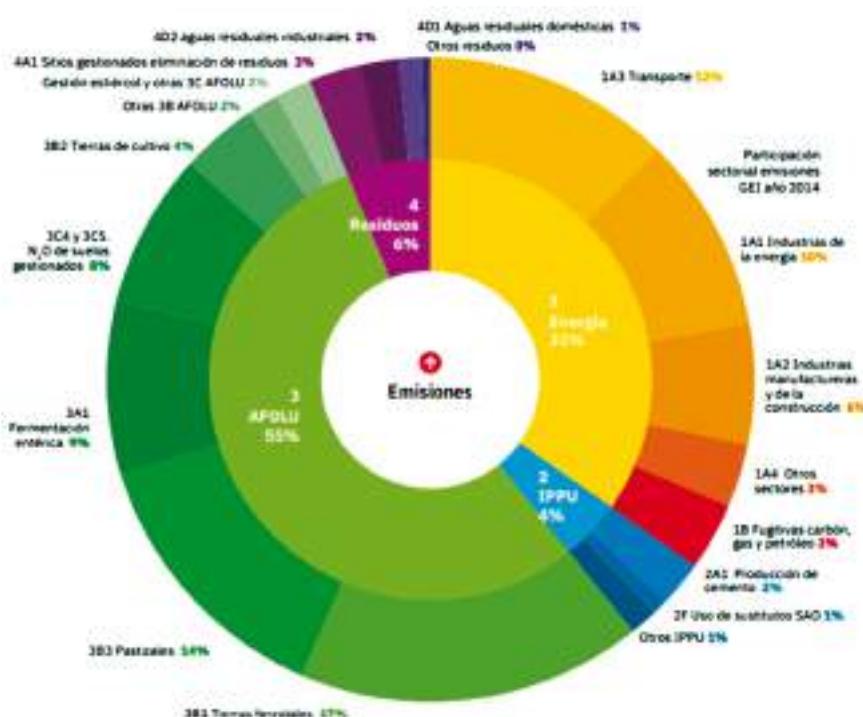
El grupo de Energía abarca las emisiones de CO₂ CH₄ y N₂O, generadas en diversos sectores (minas, energía, manufactura, transporte, residencial, comercial, agrícola) por la quema de combustibles para producir calor o trabajo mecánico y las emisiones fugitivas provenientes de algunos procesos (IDEAM et al., 2016).

En el sector IPPU se calculan las emisiones de CO₂ CH₄ y N₂O, HFC-32, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152 y SF6 que resultan de la reacción entre materias primas empleadas en diferentes procesos químicos (IDEAM et al., 2016). Por último, en la categoría de Residuos se tienen en cuenta las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O resultantes de la disposición final, tratamiento y gestión de residuos sólidos y aguas residuales (IDEAM et al., 2016).

Los GEI a nivel nacional, entre 1990 y 2014, se explican principalmente por emisiones de dióxido de carbono (CO₂) con el 74,50 %, que, junto el

Figura 4.

Participación sectorial de emisiones GEI, Colombia, 2014

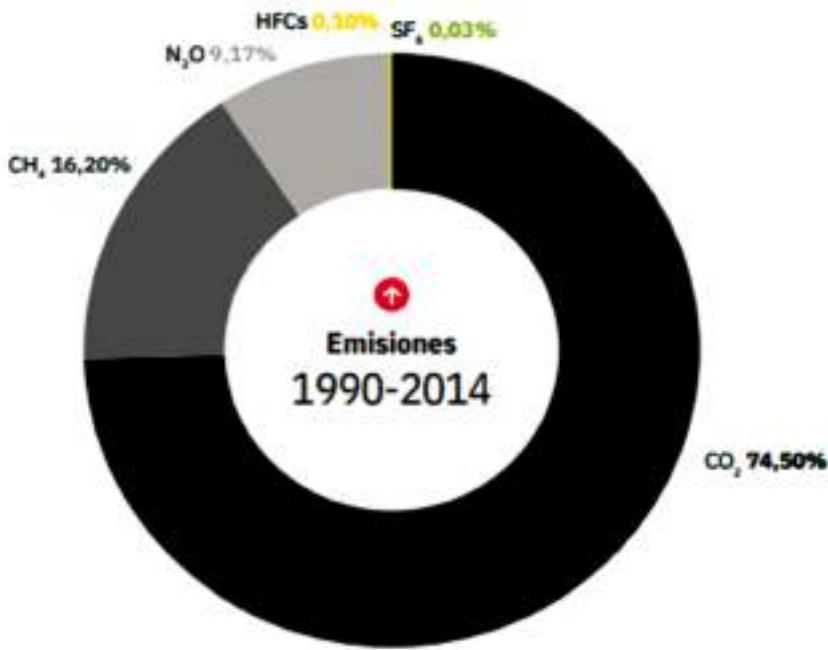


Fuente: IDEAM, PNUD, MADS, DNP & Cancillería (2018).

metano (CH₄), representan el 90 % del total de emisiones del país, como se observa en la Figura 5. Y el restante 10 % corresponde a óxido de nitrógeno (N₂O), hexafluoruro de azufre (SF₆) e hidrofluorocarburos (HFCs) (IDEAM et al., 2018).

Figura 5.

Participación promedio histórico por GEI en el total de emisiones entre 1990 y 2014



Fuente: IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA, 2018.

Del total de emisiones de CO₂ en el país, el 32,2 % corresponde a actividades que implican quema de combustibles¹; el 64,1 % tierras², el 2,4 % la industria de minerales³, el 0,7 % la industria de metales⁴ y el 0,6 % otros (IDEAM et al., 2018).

.....

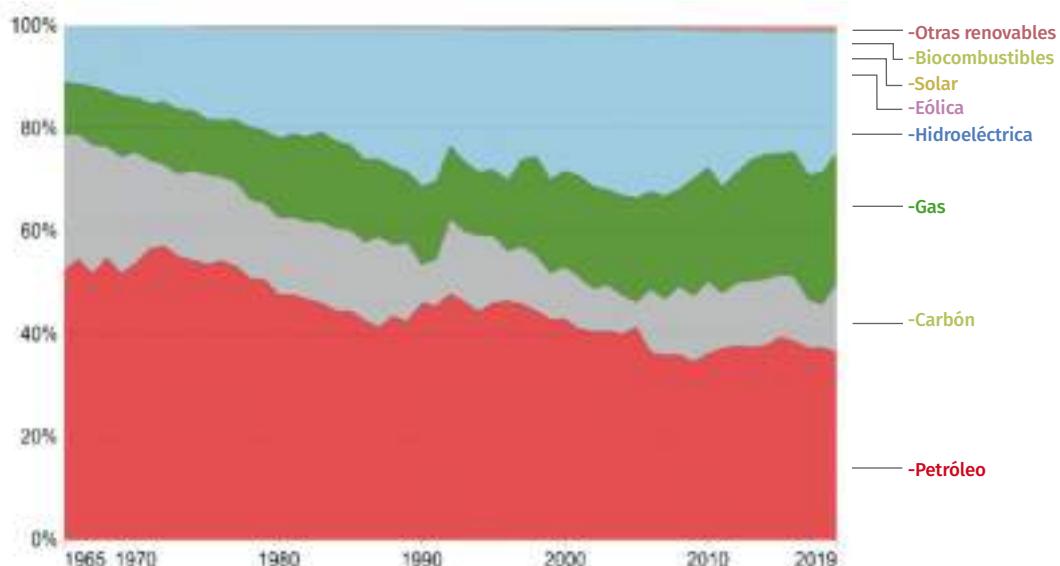
- 1- Incluye industrias de la energía, manufactureras y de la construcción, transporte y otros sectores.
- 2- Incluye tierras forestales, cultivos, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras.
- 3- Incluye la producción de cemento, cal y vidrio.
- 4- Incluye la producción de hierro, acero y ferroaleaciones.

Entre 1990 y 2014, las emisiones del sector energético presentaron una tasa de crecimiento anual de 2,3 % y un aumento del 73 % de emisiones Gg de CO₂eq; de las cuales el transporte y las industrias de energía contribuyeron con el 61 % de las emisiones totales (IDEAM et al., 2018).

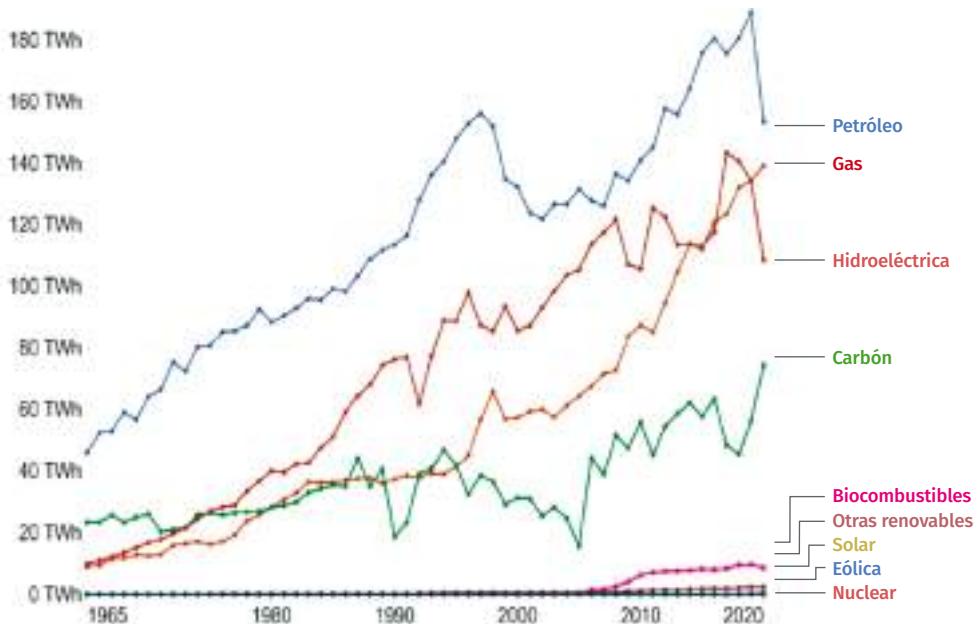
La matriz energética de Colombia tiene una capacidad instalada de 17,3 GW (CDEC-SIC, 2013; Planas & Cárdenas, 2019). Esta capacidad se debe “68,4% a generación hidráulica, casi el 30% a generación térmica (13,3% con Gas Natural, 7,8% con combustibles líquidos y 9,5% con carbón) y aproximadamente el 1% con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)” que abarcan la energía eólica, solar y biomasa (Planas & Cárdenas, 2019).

El consumo histórico de energía primaria en Colombia ha sido principalmente de petróleo, las hidroeléctricas, el gas y el carbón, donde los dos primeros vienen decayendo en los últimos años, mientras que el gas y el carbón siguen aumentando (Figura 6) (Ritchie & Roser, 2021).

Figura 6A.
Consumo de energía primaria por fuente en Colombia en TWh entre 1965 y 2020



Fuente: Ritchie & Roser (2021).



Fuente: Ritchie & Roser (2021).

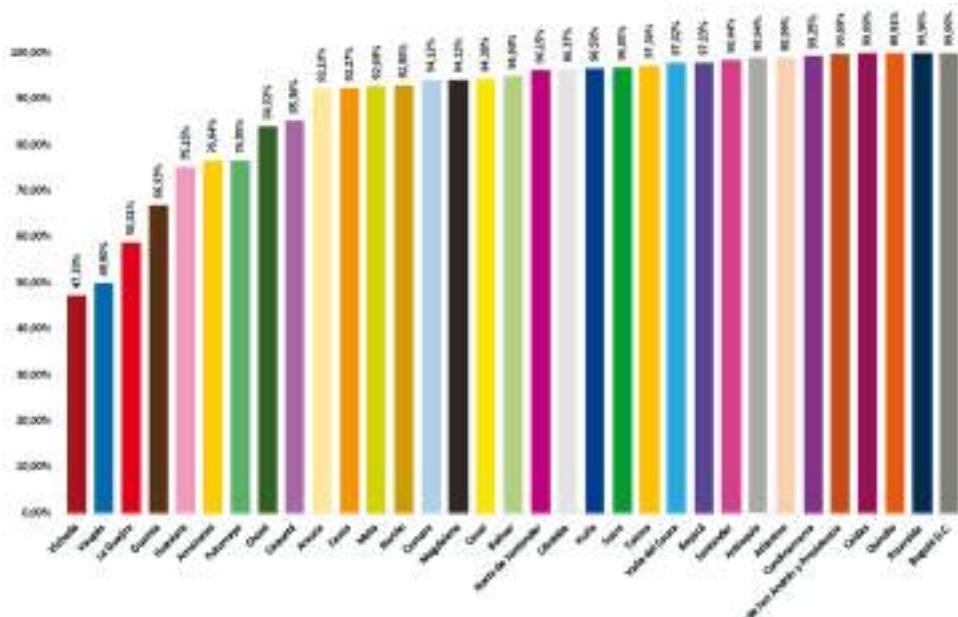
Según el Boletín Estadístico de Minas y Energía, los departamentos con mayor capacidad productiva de energía entre 2000 y 2013 fueron Antioquia, Cundinamarca, Atlántico y Boyacá, que abarcan más del 70 % a nivel nacional (UPME, 2019a).

Por otro lado, según el Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICEE) el acceso a la energía en el país para 2018 fue de 96,53 %, donde los departamentos con menor cobertura fueron Vichada y Vaupés con 47,33 % y 49,90 % respectivamente (Figura 7). Asimismo, La Guajira y Nariño se posicionan como los departamentos con mayor cantidad de viviendas sin servicio con 81.960 y 36.264 respectivamente, donde el 80% de las viviendas son rurales en la mayoría de los casos (Figura 8). A nivel nacional, todavía hay 495.988 viviendas totales sin servicio, de las cuales un 74,5 % son rurales (UPME, 2019b).

La generación de energía en Colombia ha dependido, en su mayoría, del recurso hídrico y los combustibles fósiles. El 99 % de la energía generada en el país proviene de hidroeléctricas y termoeléctricas, con un 68,3 % y 30,7 % respectivamente, y solo el 1 % corresponde a energía solar, eólica y bagazo (Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

Figura 7.

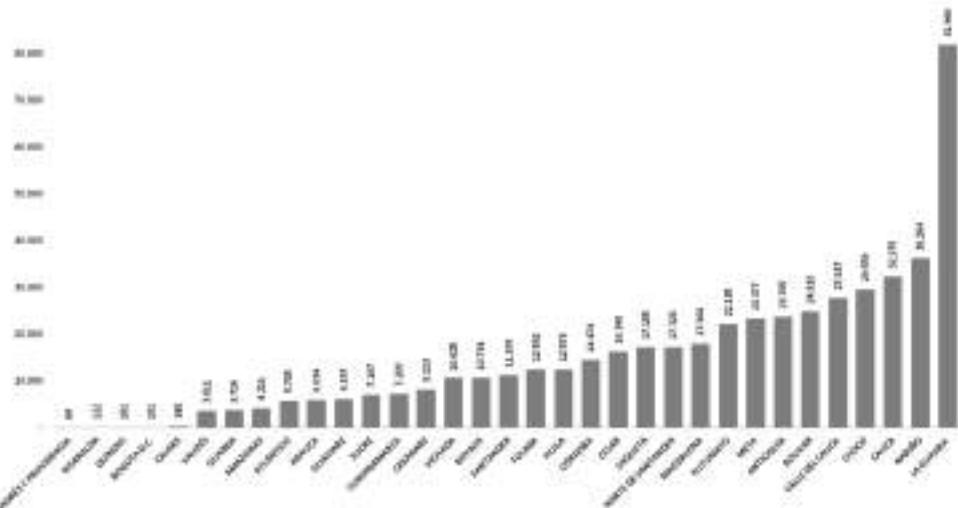
Resultados del ICEE por departamentos, Colombia, 2018



Fuente: modificado de UPME (2019b).

Figura 8.

Viviendas sin servicio de energía eléctrica por departamentos, Colombia, 2018



Fuente: modificado de UPME (2019b).

Las hidroeléctricas en Colombia proveen más de dos tercios de la energía y son la principal fuente de energías renovables en el país (97 % de la ER total). Esta energía se produce principalmente en el departamento de Antioquia, donde se encuentra la mayor cantidad de embalses y genera el mayor volumen útil diario de energía del país (UPME, 2019a). Para los países en vía de desarrollo, las hidroeléctricas son una opción atractiva con bajas emisiones de carbono, infortunadamente, algunos de estos países son los más vulnerables al cambio climático (Caceres et al., 2021). En el caso de Colombia, se espera una “afectación del 50% por la modificación en el funcionamiento del régimen hidrológico, con consecuencias sobre las actividades económicas, el abastecimiento de la población y los niveles de amenaza natural” (MADS, 2021a).

Así, la alta dependencia de las hidroeléctricas del sector energético colombiano, fuertemente vulnerable a fenómenos de variabilidad climática y de cambio climático (Ministerio de Minas y Energía, 2021a), y la creciente necesidad de establecer un sistema eléctrico más equitativo, eficiente y competitivo que permita alcanzar, entre otros, metas de carácter social (Di Terlizzi et al., 2021), evidencian la necesidad de una transición energética en el país, la cual presenta grandes retos que deben ser tenidos en cuenta para alcanzar una transición energética exitosa.



Marco legal y compromisos adquiridos

Para abordar los desafíos en el sector energético en un escenario de cambio climático, Colombia se suma al compromiso climático que busca reducir al menos un 51 % de emisiones de GEI para 2030 en el marco del Acuerdo de París. Mediante la iniciativa RELAC se ha comprometido a alcanzar la generación de energía con fuentes no convencionales de por lo menos 4 GW, como parte de su estrategia de carbono neutralidad a largo plazo, para 2050 (GWEC, 2021).

A partir del Acuerdo de París (art. 4, núm. 19), el gobierno colombiano elaboró la E2050 para definir objetivos realistas y planificar estrategias a largo plazo (LTS) de desarrollo socioeconómico y metas de reducción de emisiones GEI para fortalecer la resiliencia climática del país (E2050 Colombia, n.d.). La E2050 está a cargo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el DNP y la Cancillería, y es una de las bases del plan de acción del Estado en materia de cambio climático. La estrategia se presentó en noviembre de 2021 y el reto es lograr su implementación para conseguir la carbono neutralidad y el fortalecimiento de capacidades para la adaptación al cambio climático (Gobierno de Colombia, 2021).

Para esto, es fundamental tomar acción y establecer planes sectoriales para la adaptación al cambio climático y el cumplimiento de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) creada en 2012, que incluye metas a corto (2014 a 2020), mediano (2020 a 2025) y largo plazo (2025 a 2040) (Ministerio de Minas y Energía, 2013). Este programa de planeación del desarrollo está liderado por el MADS, el DNP y los Ministerios sectoriales de Colombia, y busca desligar el crecimiento de las emisiones de GEI del crecimiento económico nacional (MADS, 2014).

Es así como se crean los Planes de Acción Sectorial de Mitigación para el Cambio Climático (PAS), que representan un conjunto de medidas de mitigación clasificadas como políticas, programas y acciones que per-

mitan reducir las emisiones de GEI frente a una línea base de emisiones proyectadas en el corto, mediano y largo plazo (MADS, 2021b). Mediante los PAS se busca generar co-beneficios económicos, sociales y ambientales; priorizar las opciones de mitigación; y el diseño de políticas y medidas para lograr la reducción de emisiones futuras (MADS, 2014, 2021b).

El PAS de Energía Eléctrica propone facilitar la entrada de un mayor número de energías renovables en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), la generación de energía con tecnologías renovables no convencionales en Zonas No Interconectadas (ZNI) y la eficiencia energética (MADS, 2014). Adicionalmente, entre las líneas de acción prioritarias de fuentes y flujos de energía se incluye la Estrategia Nacional de Economía Circular propuesta por el gobierno en 2017, la cual se enfoca en la optimización de materias primas mediante energías renovables y reconversión tecnológica principalmente.

En 2019 el Ministerio de Minas y Energía publicó la primera fase de la Misión de Transformación Energética con propuestas de actualización del marco regulatorio e institucional para fortalecer el sector. Los principales temas debatidos fueron los mercados mayoristas, la modernización de la red eléctrica, el mercado de gas natural, la cobertura de energía y los subsidios, así como aspectos normativos. En la retroalimentación se incluyeron nuevos agentes, tecnologías y otros ítems para facilitar la transición de la matriz energética. Finalmente, se diseñó una hoja de ruta con las acciones priorizadas para el corto, mediano y largo plazo (Ministerio de Minas y Energía, 2021b).

En 2020 Colombia presentó la actualización de los objetivos de su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés), ratificando su compromiso con la reducción de emisiones de GEI y planteando una visión a mediano plazo (Vergara et al., 2021). Esto se complementa con la Estrategia 2050 antes mencionada.

A través de la NDC se propone impulsar “la transformación energética del país, la movilidad limpia, la lucha contra la deforestación, la siembra de 180 millones de árboles, el Pago por Servicios Ambientales (PSA) y la conservación de la Amazonía y de los páramos” (MADS, 2020). Para establecer los objetivos se hizo el cálculo de emisiones de GEI y sus proyecciones a futuro. En la NDC está también la definición de más de 50 medidas para la adaptación y mitigación del cambio climático, incluyendo el enfoque de género y derechos humanos, transición justa de la fuerza laboral, entre otros aspectos (MADS, 2020).

La transición energética en Colombia busca garantizar la competitividad de las industrias minero-energéticas ante los cambiantes escenarios climáticos (Climate Watch, n.d.). Para esto, se ha propuesto trabajar con base en las siguientes líneas estratégicas proyectadas a 2025 (Gobierno de Colombia, 2020):

1. Infraestructura resiliente: creación de un instrumento para la planificación que asegure las condiciones de operatividad integral;
2. Información para la adaptación: metodología para analizar riesgos climáticos con una estrategia de actualización periódica a nivel nacional y empresarial;
3. Gestión de entorno: proyecto de adaptación basado en ecosistemas para el sector eléctrico.

Además de la NDC, se definió el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022 que expone los objetivos nacionales a largo plazo, las metas y prioridades a mediano plazo, y los lineamientos estratégicos para las políticas públicas (DNP, n.d.). En materia de energía eléctrica, el PND plantea promover la modernización, la eficiencia energética, mejorar el acceso, mejorar los precios, diversificar las empresas prestadoras de los servicios de energía y gas, usar nuevas tecnologías como los bioenergéticos en la matriz energética, y mejorar la regulación, vigilancia y administración de los recursos del sector. La propuesta principal consiste en aumentar la capacidad de generación energética de 22,4 MW a 1500 MW con fuentes limpias (DNP, 2019).

El PND 2018-2022 estableció una ruta fijando estrategias, programas, inversiones y metas para el cuatrienio y, con esta, se espera evaluar los resultados y garantizar la transparencia en el manejo del presupuesto. Este Plan planteó aprovechar los recursos del país, aumentando la participación de bioenergéticos para la generación de energía y mitigar los impactos al calentamiento global. Su visión fue lograr la eficiencia energética y tener un sector minero-energético responsable a nivel social y ambiental, y que cuente con una matriz de energías diversa que garanticé la seguridad energética y el suministro a todos los usuarios (DNP, 2019).

En 2020 se publicó la quinta versión del Plan Energético Nacional (PEN) 2020-2050 que presenta el camino a largo plazo y las estrategias para lograr la transformación del sector energético, teniendo en cuenta las metas y compromisos adquiridos, con una mirada multidisciplinaria

que lleve al desarrollo sostenible. Los pilares para orientar este proceso son la seguridad y confiabilidad del abastecimiento, la mitigación y adaptación al cambio climático, la competitividad y el desarrollo económico, y la gestión del conocimiento y la innovación. En este sentido, se crean cuatro escenarios para cada pilar: Actualización, Modernización, Inflexión y Disrupción (UPME & Ministerio de Minas y Energía, 2020). A través del PEN se puede concluir que la transformación del sector energético es un proceso largo y con muchos retos; la participación del sector de transporte es esencial para lograr los objetivos de descarbonización; mediante las fuentes de energía no convencionales se podrá descentralizar la distribución de energías y esto beneficiará a los usuarios; por último, la transformación energética viene acompañada de grandes oportunidades a nivel de conocimiento, tecnologías y actores (UPME & Ministerio de Minas y Energía, 2020, 2021).

Existe también el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero Energético (PIGCCme) 2050, vinculado a la Ley 1931 de 2018 (Ley de Cambio Climático), creado en 2018 y actualizado en 2021. El PIGCCme 2050 se articuló con la E2050 y la Ley 2099 de 2021 (Ley de Transición Energética) para presentar estrategias, lineamientos y herramientas que permitan cumplir la carbono neutralidad del sector minero energético a 2050. Este Plan cuenta con tres fases: la primera busca aunar los esfuerzos para cumplir con las metas establecidas en la NDC, y proponer acciones que permitan llegar a la carbono neutralidad y resiliencia climática a 2050 entre 2018 y 2030; para 2030 y 2040 busca realizar un seguimiento de las metas establecidas en la anterior fase, y proponer nuevas acciones y caminos que permitan lograr los objetivos, en caso de que no estén siendo suficientes; por último, la tercera fase plantea revisar el cumplimiento de las metas y propone lineamientos para mantener los cambios positivos a futuro (Ministerio de Minas y Energía, 2021c).

La Ley 2099 de 2021 contempla la Hoja de Ruta del Hidrógeno, una de las energías renovables clave, especialmente mediante el hidrógeno verde y azul, para la descarbonización a 2050, y amplía los beneficios de la Ley 1715 de 2014 (Ley de Fuentes No Convencionales de Energía) para estas nuevas tecnologías. La visión sobre el hidrógeno azul y verde es que ayuden a disminuir 2,5 a 3 megatoneladas (Mt) de CO₂eq entre 2020 y 2030, y se plantea también la inclusión de esta tecnología para energizar transportes de diferentes tamaños. Sin embargo, esta fuente de energía tiene pocos lineamientos por el escaso conocimiento a nivel mundial para implementarlo correctamente, además de la falta de mano de obra

capacitada para trabajar con fuentes no convencionales (DNP, 2022; Ministerio de Minas y Energía, 2021d). Se dice además que el hidrógeno es un combustible difícil de obtener, pues no se encuentra de forma aislada en la naturaleza, y requiere de un proceso costoso para su obtención, en el que se necesita mucha energía eléctrica que en la mayoría de los casos no procede de fuentes renovables (Alcalde, 2022).

Otro documento que soporta la transición energética recientemente es el CONPES 4075 de 2022 (CONPES de Transición Energética) elaborado por el DNP en conjunto con los Ministerios de Energía, Trabajo, Comercio, Ambiente, Transporte y Ciencias. Este documento resume la política pública y el proceso para lograr la transformación energética del país, y para cumplir con los compromisos de reducción de emisiones a 2030 y la carbono neutralidad a 2050. El CONPES 4075 presenta lineamientos y estrategias para el periodo de 2022-2028 y articula la transición energética con el crecimiento sostenible, eficiente, tecnológico, ambiental y social, con el fin de aumentar la seguridad energética, el conocimiento y la innovación, incrementar la competitividad y asegurar bajas emisiones de GEI (DNP, 2022).

Los compromisos asumidos por Colombia exigen un cambio en el modelo de desarrollo basado en combustibles fósiles, hacia un desarrollo sostenible. En este sentido, se cuenta con un marco legal que promueve el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en el sistema energético nacional. A continuación se presenta una síntesis cronológica de la normatividad que impulsa estas alternativas:

- Ley 697 de 2001: fomenta el uso racional y eficiente de la energía (URE), y promueve la utilización de energías alternativas. Además, crear el programa PROURE para establecer líneas estratégicas de trabajo en busca de una generación eléctrica más limpia, a través de la diversificación de la matriz energética (IDEAM et al., 2018).
- Decreto 3683 de 2003: crea la Comisión Intersectorial para el Uso Racional de Energía y Fuentes no Convencionales de Energía (CIURE), para asesorar y apoyar al Ministro de Minas y Energía en la coordinación de políticas sobre uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales (UPME, 2016).
- Ley 1715 de 2014: regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, con el fin de lograr un desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones

de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético (Ministerio de Minas y Energía, 2016a).

- Artículos 221 y 222 de la Ley 1819 de 2016: tratan de la disminución de emisiones GEI mediante el impuesto nacional al carbono que propone una tarifa para los combustibles fósiles que se utilicen para fines energéticos.
- Resolución 41286 de 2016: adopta el Plan de Acción Indicativo (PAI) para el desarrollo del PROURE, define metas de eficiencia energética, acciones y medidas sectoriales, y estrategias para su cumplimiento (Ministerio de Minas y Energía, 2016b).
- Decreto 348 de 2017: establece los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala (Función Pública, 2017).
- Ley 1844 de 2017: aprobación del Acuerdo de París y sus respectivos compromisos.
- Decreto 570 de 2018: establece los lineamientos de la política para definir e implementar un mecanismo que promueva la contratación de largo plazo para los proyectos de generación de energía eléctrica y que sea complementario a los mecanismos existentes en el Mercado de Energía Mayorista (Cámara de Comercio de Bogotá, 2018; Función Pública, 2018a).
- Resolución 1447 de 2018: reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación de emisiones GEI del país adoptado a partir de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Los principales organismos encargados de este monitoreo son: IDEAM, RENARE, Sistema de Contabilidad de Reducción y Remoción de GEI, Sistema de Monitoreo de Bosques de Carbono (SMByC) y el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI), bajo las directrices de MADS (MADS, 2018a).
- Ley 1931 de 2018: establece directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas. Crea los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PIGCCT) a través de los cuales las gobernaciones y las autoridades ambientales regionales, evalúan, priorizan y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de GEI, para ser implementados en el respectivo territorio (Función Pública, 2018b). Define también los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climá-

tico Sectoriales (PIGCCS) para que cada Ministerio identifique, evalúe y oriente la incorporación de medidas de mitigación de GEI y adaptación al cambio climático en las políticas del respectivo sector (Función Pública, 2018b).

- Política de Crecimiento Verde - CONPES 3934: busca potencializar las oportunidades de los sectores económicos para ser más eficientes, competitivos y sostenibles que implementen los mejores estándares en términos productivos, ambientales y sociales (DNP, 2018).
- Resolución 40590 de 2019: promueve la contratación de largo plazo para los proyectos de generación de energía eléctrica complementario a los mecanismos existentes en el Mercado de Energía Mayorista en cumplimiento de los objetivos establecidos en el Decreto 0570 de 2018 (Ministerio de Minas y Energía, 2019a).
- Ley 1955 de 2019: Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 el cual establece incentivos para un sector energético más limpio con responsabilidad ambiental y social, como la exclusión automática del Impuesto al Valor Agregado para la compra de materiales de tecnologías solares, y declara que entre el 8 % y 10 % de las compras de energía del Mercado de Energía Mayorista deben provenir de FNCE. Incluye las bases para definir las acciones en materia de eficiencia energética (DNP, 2019, 2022; Función Pública, 2019).
- Proyecto de ley 365 de 2020: busca modificar y adicionar algunos artículos de la Ley de Energías Renovables (Ley 1715 de 2014), con el fin de incluir medidas para fortalecer la transición energética, al mismo tiempo que se resguarden los derechos fundamentales a la vida y la salud (Congreso de la República de Colombia, 2020).
- Ley 2099 de 2021: la Nueva Ley de Transición Energética que actualiza la legislación (Ley 1715 de 2014) para dinamizar el mercado energético y reactivar la economía. Da paso a la entrada de fuentes no convencionales de energía (FNCE) como la geotérmica, biomasa, hidrógeno verde, hidrógeno azul y sistemas de captura de carbono, además de hacer ajustes a los instrumentos de planeación normativos para garantizar la seguridad energética en el país.
- Ley 2169 de 2021: propone medidas para lograr la carbono neutralidad y la resiliencia climática de acuerdo con los compromisos adquiridos en la NDC: 51 % de reducción de emisiones GEI para 2030 y carbono neutralidad para 2050. Asimismo, crea la Comisión de Estudio para la promoción y desarrollo de mercados de carbono en Colombia,

la cual debe emitir recomendaciones al Gobierno Nacional para la regulación de este mercado con miras a estructurarlo como un nuevo sector económico (DNP, 2022).

- Resolución 40350 de 2021: actualizar el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el sector minero energético (PIGCCme), denominado PIGCCme 2050 actualmente. Este plan incluye una visión de acuerdo con los compromisos adquiridos de carbono neutralidad y resiliencia climática a 2050 con el fin de soportar la Ley de Transición Energética (Ley 2099 de 2021). Bajo este marco se desarrollan las acciones, recomendaciones y lineamientos para “i) articular la política energética con la política climática nacional bajo el principio permanente de aportar a la competitividad y la sostenibilidad del sector minero energético; ii) habilitar oportunidades para que la industria se prepare, fortalezca y aporte al cumplimiento de las metas nacionales de cambio climático; y iii) generar espacios que permita a la academia y sociedad aportar el cumplimiento del Plan” (Ministerio de Minas y Energía, 2021c, 2021e).
- Política de Transición Energética – CONPES 4075: documento de política pública para lograr un crecimiento económico sostenible, asegurar la confiabilidad y la seguridad energética. Incluye el Plan de Acción y Seguimiento (PAS) que consiste el listado de las acciones de la política de transición energética, las entidades responsables de su implementación, los indicadores asociados a su cumplimiento, así como los hitos de avance relacionados, y las metas de avance por año (DNP, 2022).

De acuerdo con el estudio de Aguilar et al. (2020), Colombia tiene un buen marco legal para las ERNC con la respectiva desagregación de políticas, decretos y directrices para implementar proyectos de ER. Sin embargo, para alcanzar el objetivo de 1,5°C establecido en el Acuerdo de París se necesitan más medidas (Climate Action Tracker, 2021), como por ejemplo, celeridad en las acciones, mayor inversión en nuevas tecnologías de bajo consumo de carbono; reducción sustancial del consumo de energías contaminantes, principalmente de quienes más consumen y que van mucho más allá de las necesidades energéticas básicas; y evaluaciones integrales de los nuevos proyectos energéticos donde se revise, entre otras cosas, impactos ecológicos, eficiencia, acceso, distribución y participación, para minimizar y/o evitar conflictos socioambientales.

Aunque la actualización de los objetivos de la NDC es más ambiciosa que la anterior, los objetivos del sector energético siguen siendo insuficientes para los compromisos adquiridos. La transición energética está

en su fase inicial: la primera subasta en el país se desarrolló en 2019 y en el paquete de recuperación de la pandemia en Colombia el presidente Iván Duque apoyó las renovables y el carbón para fines energéticos, y aprobó nuevos proyectos de fracking (Climate Action Tracker, 2021).

Uno de los principales vacíos de la legislación existente lo constituye la falta de claridad en el apoyo técnico y económico a las iniciativas energéticas comunitarias de pequeña escala. Para abordar esto, es necesario contar con una normativa que promueva la asociatividad y el empoderamiento de las comunidades para la toma de decisiones relacionada con su territorio (Soler, 2021).

Además, aún no se tiene un proceso claro y detallado para monitorear los proyectos energéticos y medir sus aportes a la NDC (Aguilar et al., 2020; Soler, 2021). Esto ocurre no sólo por la desarticulación institucional que no permite analizar rigurosamente la contribución de las acciones sectoriales a la NDC, sino por la falta de disponibilidad, acceso y actualización de la información (Aguilar et al., 2020; DNP, 2022; UPME & Ministerio de Minas y Energía, 2020). Un ejemplo de ello es el último informe de emisiones de GEI, del año 2014, lo que dificulta verificar si las políticas adoptadas están teniendo resultados (Aguilar et al., 2020). Si bien Colombia tiene un largo camino por recorrer en materia de energías renovables, puede apoyarse en la experiencia de otros países que ya han avanzado en este sentido.



Energías renovables en Colombia

Desde que Colombia asumió el compromiso del Acuerdo de París, se está hablando de la transición energética para lograr la carbono neutralidad al 2050. Para esto, se ha ido estructurando el marco normativo que facilite este camino, cuyos objetivos más importantes son asegurar la competitividad de la matriz energética, crear seguridad laboral y acceso a la energía. Por ello, se requiere una innovación técnica que potencie el uso de los recursos locales y disminuya los impactos socioambientales negativos que pueden tener las tecnologías tradicionales.

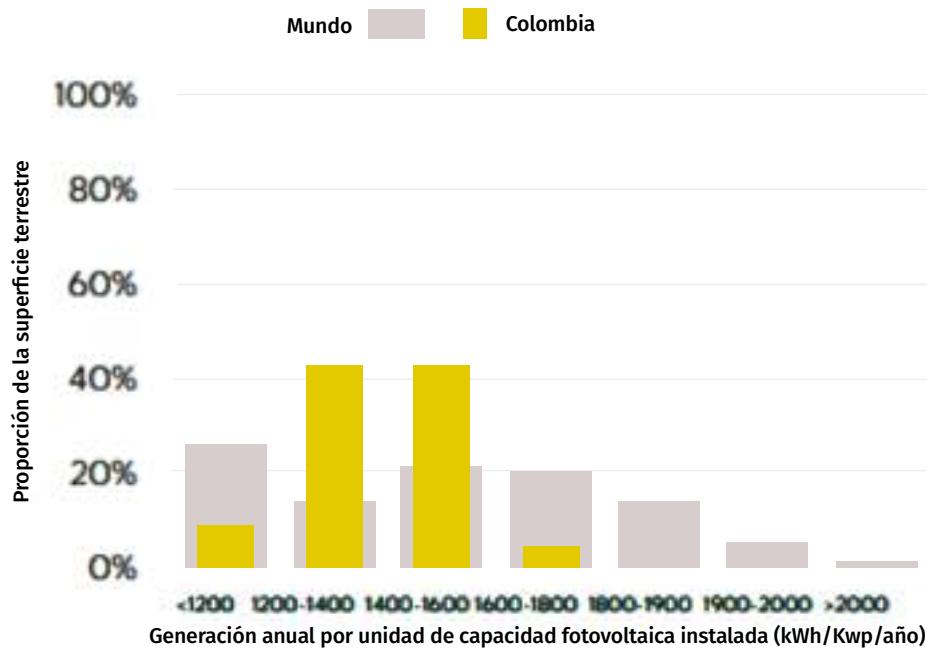
Colombia tiene un alto potencial a nivel regional para la generación de electricidad de manera limpia con diversas fuentes renovables no convencionales, debido a su ubicación geográfica, su riqueza en fuentes hídricas, su diversidad ecosistémica y climática, y su alta biodiversidad (Collazos et al., 2019; Gualteros & Hurtado, 2013). Además, cuenta con uno de los sitios más favorables para la producción de energía eólica y solar en América Latina, como es La Guajira, que tiene vientos con una velocidad promedio de 10 m/s al año, el doble del promedio mundial y una radiación solar 60 % más alta que el promedio global (GWEC, 2021; Ministerio de Minas y Energía, 2019a, 2021f). La Guajira, Cesar y Magdalena son imprescindibles en la transición energética del país; esta área es la que tiene mayor prospectiva de desarrollo de proyectos de generación a partir de recursos renovables no convencionales (González Posso & Barney, 2019a).

Además de las condiciones superiores de radiación y velocidad de vientos de La Guajira, la región de la Costa Caribe tiene un alto potencial para la generación de energía eólica; Santander, Norte de Santander, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca, Huila y Boyacá presentan buenas condiciones por la velocidad de sus vientos. Por otro lado, gracias a la ubicación

geográfica, el país tiene radiación solar uniforme durante todo el año; Magdalena y San Andrés y Providencia son los departamentos con mayor potencial para la generación por energía solar (Giraldo et al., 2018).

El potencial de recursos para energías renovables no convencionales (ERNC) en Colombia supera la capacidad promedio global. El 40 % de la superficie terrestre de Colombia tiene el potencial de generar entre 1200-1400 y 1400-1600 kWh/kWp por año mediante energía solar; mientras que a nivel mundial el potencial es alrededor del 25 %, como se puede observar en la Figura 9. En cuanto a la energía eólica, más del 90 % de la superficie terrestre del país tiene el potencial de producir <260 W/m³ a 100 metros de altura, y menos del 5 % tiene la capacidad de producir entre 260-420 y 820-1060 W/m³, como se puede observar en la Figura 10. En la Figura 11 se observa que la producción primaria neta (NPP) promedio de Colombia es de 9,5 tC / ha / año, en comparación a la NPP promedio mundial de 3-4 toneladas de carbono por año (IRENA, n.d.-g).

Figura 9.
Distribución del potencial solar de Colombia
en comparación con el resto del mundo



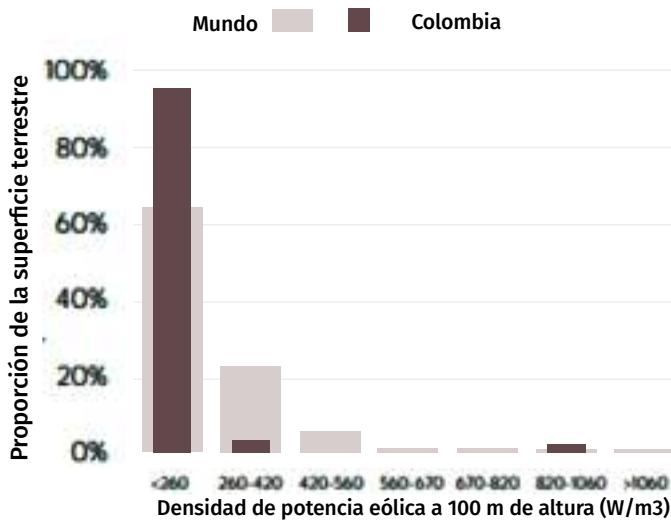
Fuente: IRENA (n.d.-c).

Figura 10.
Distribución del potencial eólico de Colombia
en comparación con el resto del mundo



Fuente: IRENA (n.d.-g).

Figura 11.
Potencial de la biomasa (producción primaria neta) en Colombia
en comparación con el resto del mundo



Fuente: IRENA (n.d.-g).

En 2019, la UPME aseguró que hay 90 proyectos de ERNC aprobados que van a aportar más de 6 MW, 70 solares fotovoltaicos 14 eólicos y 6 plantas de biomasa, los cuales están ubicados, en su mayoría, en los departamentos de La Guajira, Cesar, Atlántico, Bolívar, Tolima, Magdalena, Valle del Cauca y Cauca (Gubinelli, 2019). Asimismo, para 2021 se anunció la inauguración de 37 proyectos de ERNC en el país (Gubinelli, 2021).

Las energías limpias implementadas en el país han sido principalmente eólicas, biomasa y solar. Con esto, Colombia se ha posicionado como un líder en la transición energética en la región. Se espera que para 2022, más de 12 % de la capacidad instalada de generación eléctrica provenga de FNCE, comparado con menos del 1 % en 2018 (Ministerio de Minas y Energía, 2021a). La Ley 1715 de 2014 que regula la integración de fuentes de energía limpias al SIN con miras a la diversificación de la matriz energética, contempla un mecanismo para reportar el estado de la implementación de los proyectos (Soler, 2021). Dicha Ley permite dar garantías a los inversionistas extranjeros como exención de IVA y reducción del impuesto a la renta. Asimismo, se ha intentado asegurar la inversión para las comunidades, mediante la obligación de destinar el 1 % del valor de las inversiones para apoyar a las poblaciones étnicas y los municipios del área de influencia (Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

Para promover la creación de nuevos proyectos se ha trabajado bajo un modelo de subastas de contratos a largo plazo con el apoyo del BID, para atraer la inversión de empresas externas y lograr asegurar proyectos de ERNC. Por otro lado, desde 2019 se han incluido los proyectos con FNCE en las subastas que aplican el mecanismo de Cargo por Confidabilidad (CxC), que asigna Obligaciones de Energía Firme (OEF) a los proyectos nuevos y en marcha para garantizar la confiabilidad del servicio (Figura 12). A pesar de que las energías solar y eólica tienen una baja confiabilidad por su alta variabilidad e intermitencia, complementan y ayudan a la resiliencia de la generación de energía en épocas de sequía (Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

De acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía, las subastas han sido un éxito para abrir el camino a las energías renovables en Colombia, han logrado superar la meta del cuatrienio con la instalación de 2 GW y se pretende instalar al menos 4 GW para 2023 (Ministerio de Minas y Energía, n.d., 2022). Las subastas de Cargo por Confidabilidad (CxC) lograron adjudicar obligaciones de confiabilidad a plantas renovables no convencionales. A partir de estas, se ha logrado asignar una capacidad efectiva neta de 4,01 GW al sistema (1,16 de solares y 2,4 de eólicos). Los

Figura 12.
Esquema resumido de subasta de FNCER en Colombia



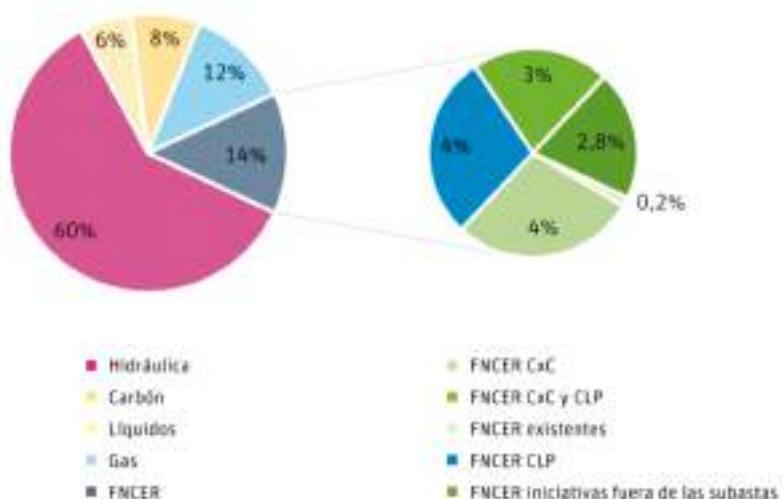
Fuente: OLADE & GWEC (2020).

resultados de las subastas de largo plazo también fueron un éxito, se logró adjudicar una capacidad de 1,37 GW en total; 0,29 GW de plantas solares y 1,08 GW de eólicas en La Guajira, Valle del Cauca, Córdoba y Tolima (Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

A pesar de los esfuerzos, para 2018 las ERNC aportaron menos de 0,03 GW de los 17,3 GW del total nacional instalado en ese año, y para 2020 alcanzaron 0,22 GW de capacidad instalada, que corresponde al 1,3 % de la matriz energética del país. Se espera que para finales de 2022 su participación alcance los 2,4 GW instalados (Ministerio de Minas y Energía, 2021a; OLADE & GWEC, 2020). En este sentido, teniendo en cuenta las subastas de Cargo por Confiabilidad (CxC), la subasta de contratos a largo plazo y la construcción de plantas privadas, la matriz energética colombiana va a contar con una participación del 14 % a 2022 de ERNC (ver Figura 13) (Ministerio de Minas y Energía, 2021a). Este método ha permitido que Colombia sea un referente internacional en la incorporación de FNCER (IRENA, 2019b).

Figura 13.

Composición de la canasta de generación de energía en Colombia en 2022

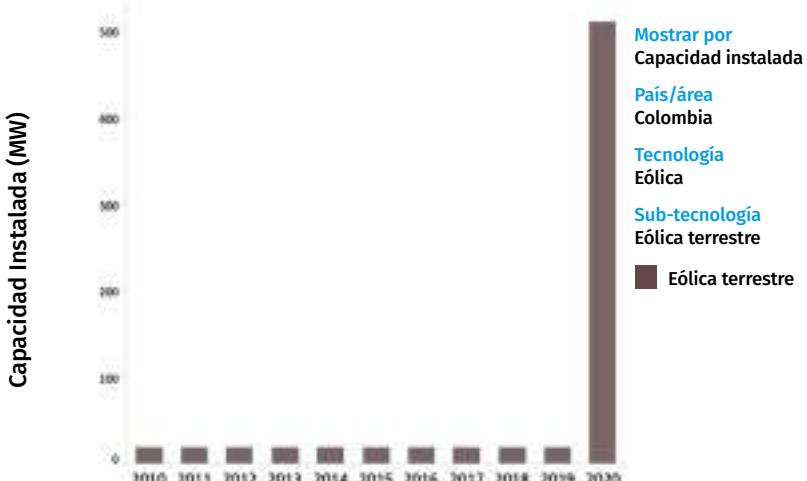


Fuente: OLADE e GWEC (2020).

Para 2020, la capacidad instalada de energías renovables en total fue de 13,55 GW, incluyendo las hidroeléctricas que aportan 12,61 GW, el porcentaje más alto de la matriz energética; mientras que la energía eólica

Figura 14.

Tendencia de la capacidad instalada de energía eólica

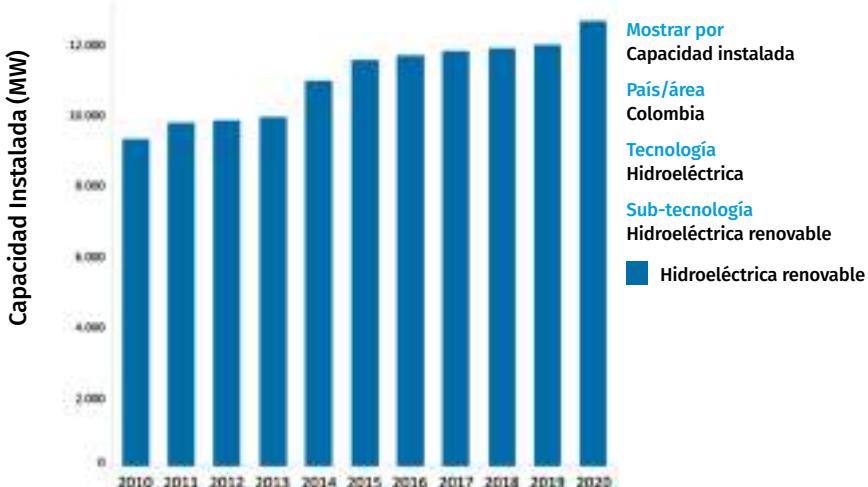


Fuente: IRENA (n.d.-h).

y solar representan una pequeña porción, con una capacidad de 0,51 GW y 0,11 GW respectivamente (IRENA, 2021b). Cuenta también con una capacidad total de 0,32 GW de bioenergía (IRENA, 2021b). En las Figuras 14 a 17 se observa la tendencia de crecimiento para cada una de las energías renovables con las que se trabajó en Colombia entre 2010 y 2020.

Figura 15.

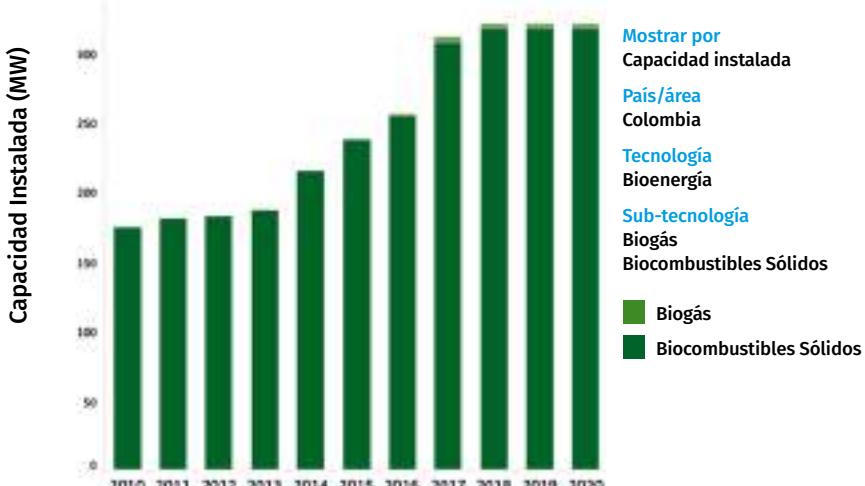
Tendencia de la capacidad instalada de energía hidroeléctrica



Fuente: IRENA (n.d.-b).

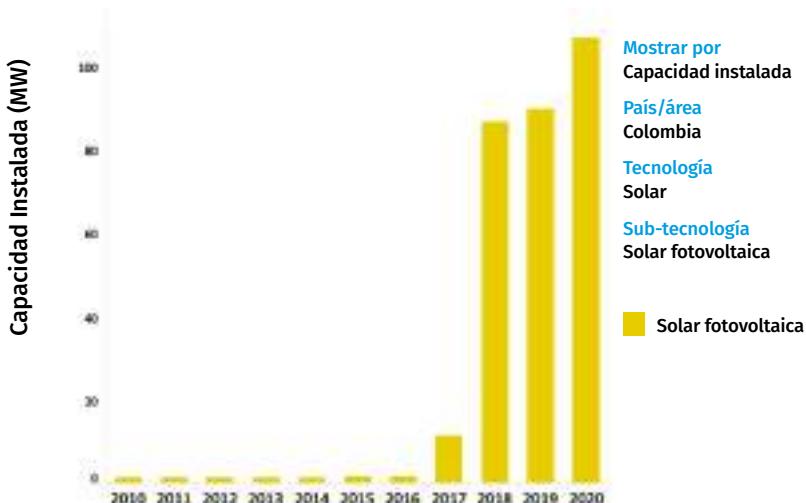
Figura 16.

Tendencia de la capacidad instalada de bioenergía



Fuente: IRENA (n.d.-f).

Figura 17.
Tendencia de la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica



Fuente: IRENA (n.d.-c).

Buscando avanzar en la transición energética en Colombia, a mediados de 2021 se aprobó la Ley 2099 de 2021 o Nueva Ley de Transición Energética, la cual busca agilizar los trámites y las licencias para desarrollar los proyectos de ERNC, incluir el hidrógeno azul y verde entre las FNCR y que puedan aplicar a los beneficios tributarios como las demás ER, reglamentar tecnologías innovadoras como la geotermia y mejorar los incentivos para la movilidad sostenible. Adicionalmente, creó el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la energía (FONEGE) para el financiamiento de planes, programas y proyectos de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, y gestión eficiente de la energía (art. 10 Ley 2099 de 2021; Ministerio de Minas y Energía, 2021f).

Si bien la primera subasta de energía renovable en 2019 adjudicó una capacidad de 2GW, superando su objetivo de 1,5 GW hasta 2022, la transición energética en Colombia se encuentra en la fase inicial. Las medidas de mitigación del país para el sector energético aún no se han implementado por completo. Es evidente que a Colombia le hacen falta acciones más sólidas y robustas para reducir las emisiones del sector energético, que tiene metas menos ambiciosas que otros sectores, como el sector del suelo (Climate Action Tracker, 2021).

La transición energética en el país conlleva grandes retos socioeconómicos, ambientales y tecnológicos. Una de las situaciones más desafiantes tiene que ver con las condiciones de vida de la población de las zonas donde se desarrollan los proyectos con FNCER, dado que son comunidades que no tienen satisfechas las necesidades básicas, lo que genera barreras para la aceptación de los proyectos, más aún cuando algunos de estos implican la reubicación de poblaciones y/o la ocupación de tierras sagradas (González Posso & Barney, 2019b; Ministerio de Minas y Energía, 2021a; Ministerio de Minas y Energía & UPME, 2015; Soler, 2021). Además, según lo establecido en la Ley 1715 de 2014, se deben apoyar y monitorear iniciativas que mejoren la gestión eficiente de la energía en las ZNI, sin embargo, aún no se han implementado estrategias para apoyar las iniciativas comunitarias (Soler, 2021). Otro de los retos a nivel ambiental consiste en los pasivos ambientales que pueden causar los proyectos de ERNC relacionados con el cambio de coberturas y usos de suelos, y contaminación e interrupción de fuentes hídricas (González Posso & Barney, 2019b; Rodríguez-Lechuga, n.d.).

A pesar de que se ha ido conformando un marco regulatorio e institucional robusto para encaminar esta transición de la manera correcta, falta asegurar el fortalecimiento de la gobernanza, la mejora de las condiciones de vida en el territorio, la divulgación de la información, y el trabajo conjunto con las entidades territoriales y las comunidades de las zonas de implementación (González Posso & Barney, 2019b; Universidad Externado, n.d.). Por lo tanto, se requiere el esfuerzo del gobierno y los ejecutores de los proyectos para generar un impacto positivo en las comunidades que mejore sus condiciones de vida, respetando su cultura, creencias y tradiciones (Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

Proyectos de Energías Renovables No Convencionales en Colombia

Las energías renovables han surgido en respuesta a la emergencia climática que precisa dejar de lado los combustibles fósiles y adoptar nuevas fuentes no convencionales como las solares y eólicas. Ahora que se evidencian más los efectos del cambio climático, las personas son más conscientes en esta materia y hay mayor presión sobre los gobiernos. Esto se ha visto reflejado en la disminución de costos de energías renovables, en especial los de las energías eólica y solar. Por esta razón, recientemente

se está viendo la inversión que busca impulsar las FNCR en el país y en la región latinoamericana (González Posso & Barney, 2019a).

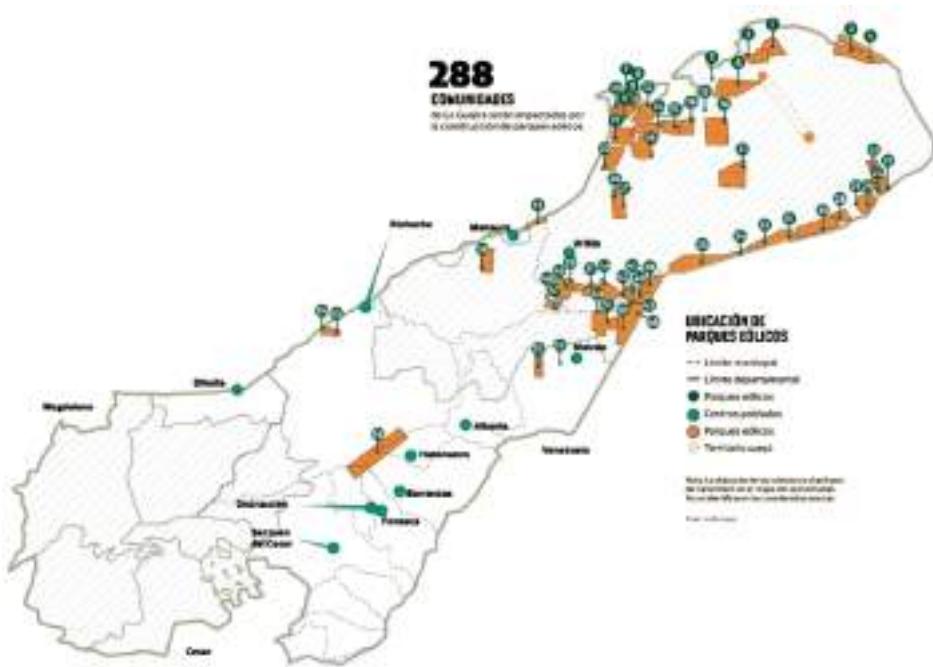
Colombia se comprometió a reducir el 51 % de las emisiones de GEI para 2030 y llegar a la carbono neutralidad en 2050; una de las estrategias más fuertes para lograrlo es la transición energética. Mediante la figura de subastas de largo plazo y Cargo por Confiabilidad el país superó la meta de 2 GW y con esto asegura la instalación de por lo menos 4 GW para 2030, lo que representa por lo menos un 12 % de participación de ERNC en la matriz eléctrica nacional para 2022 (Ministerio de Minas y Energía, n.d.). El éxito de las subastas se ha visto en la adjudicación masiva de proyectos de ERNC en distintas zonas del país. Desde 2018 se “han aprobado 517 proyectos de autogeneración a gran escala (AGGE) y a pequeña escala (AGPE), de los cuales el 98,6 % son solares”, y aportan una capacidad de 0,08 GW. Por otro lado, la UPME ha emitido 531 certificados que avalan proyectos con FNCR (Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

Colombia está promoviendo la creación de proyectos con tecnología solar y eólica principalmente, aunque para las subastas también se tiene en cuenta la generación de energía a partir de biomasa, aunque con la Nueva Ley Energética, se pretende diversificar la matriz energética incluyendo el hidrógeno verde y azul y la geotermia como fuentes no convencionales de energía (Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

Solamente en La Guajira hay 65 parques eólicos planificados que ocuparán territorio Wayúu (Ochoa, 2020) (Figura 18). Se espera que estos proyectos ocupen alrededor de 90.000 hectáreas, de las cuales el 98 % está dentro del territorio colectivo Wayúu, y se estima que va a impactar a 600 comunidades étnicas (Ochoa, 2020). Paralelo a esto se están desarrollando estudios sobre la prefactibilidad del primer parque eólico marino para 2024-2025, al igual que proyectos de geotermia (GWEC, 2021; Ministerio de Minas y Energía, 2021a).

Los proyectos de ERNC se están desarrollando en las regiones que poseen las mejores condiciones de velocidad de vientos y radiación, especialmente en las costas Atlántica y Pacífica, departamentos de La Guajira, Cesar, Magdalena, Antioquia, Valle del Cauca, Bolívar, Atlántico y Sucre, así como en otras zonas del país, a saber, Boyacá, Tolima, Santander y Risaralda. Es importante mencionar que departamentos como La Guajira y el Cesar aún basan su economía en la extracción de carbón; de manera que los proyectos de ERNC deberían proporcionar una alternativa económica para sus habitantes hacia medios de vida más sostenibles.

Figura 18.
Ubicación de parque eólicos planificados en La Guajira



Fuente: Ochoa (2020).

La mayoría de los proyectos que se han adjudicado están en fase de desarrollo o aprobación de licencias; y buena parte corresponden a energía solar. Se está impulsando la construcción de parques eólicos, sobre todo en La Guajira debido a sus destacables condiciones de radiación y velocidad del viento (Giraldo et al., 2018; GWEC, 2021; Ministerio de Minas y Energía, 2019b, 2021a). Se está avanzando en pilotos para la generación de energía geotérmica, así como en la incorporación de nuevas fuentes como el hidrógeno azul y verde que se reconocen como FNCER en Ley 2099 de 2021 (Ministerio de Minas y Energía, 2021f).

Para el desarrollo de estos proyectos, empresas privadas de energía como Celsia, Enel, EPM, Ecopetrol e ISA han tenido un papel clave; lo mismo que la inversión extranjera proveniente de Estados Unidos, China, Canadá, Suiza, Francia, Singapur, Japón, Suecia, Perú, Corea del Sur, Turquía, España, Honduras, Alemania, Italia, Chile, Portugal, India y Reino Unido (Forbes Staff, 2020).

Para la puesta en marcha de los proyectos es necesario que estos desarrollen un estudio de impacto ambiental y, en zonas con comunidades indígenas, un proceso de consulta previa. Para su aprobación de licencia ambiental, esta debe evaluar los impactos ambientales y socioeconómicos y proponer medidas de mitigación, adaptación o prevención. Sin embargo, con algunos de los proyectos en funcionamiento, las regulaciones no han podido asegurar el bienestar de la población (González Posso & Barney, 2019b; Ochoa, 2020).

Para conocer los avances de Colombia en la transición energética, se consolidó una matriz con los 114 proyectos eólicos, solares y algunos de biomasa que están operando o que se encuentran en fase de desarrollo. Para construir la matriz se consultaron diversas fuentes de información, especialmente artículos de medios de comunicación impresos y fuentes oficiales de las instituciones estatales. La matriz se muestra en el Anexo (Tabla A1) y contiene información sobre el tipo de energía, la ubicación, los implementadores, la capacidad instalada (MW) y el año de implementación. Esta información ayuda a saber quién está realizando esta transición, en dónde y cómo, con el fin de poder realizar análisis a futuro sobre sus impactos.

Estos proyectos son gestionados por operadores locales (EPM, Electricaribe, Emcartago, DISPAC, CHEC, EPSA, ENERCA, EEBP, Ruitoque, ESSA, EBSA, Energaviare, entre otros), pero desarrollados con empresas internacionales, que ya tienen experiencia en la implementación de estas tecnologías. Las empresas extranjeras están invirtiendo en el territorio colombiano para la producción y venta de energía con fuentes renovables.

Para comprender mejor la transición energética que se está dando en Colombia, se eligieron tres proyectos para un estudio en profundidad que analizan no sólo la dimensión técnica, sino también la socioeconómica y ambiental de los mismos. Este análisis se realiza bajo el marco REP presentado en el siguiente capítulo.

Energía Renovable para la Gente (REP)

Energía renovable para la gente (en inglés, *Renewable Energy for People* - REP) es la propuesta de Fastenaktion sobre cómo debe organizarse el suministro y el consumo de energía a nivel mundial para hacer frente al calentamiento global y, al mismo tiempo, garantizar una transición energética socialmente justa, que tenga en cuenta las necesidades de las comunidades locales. Este concepto surge en el marco del Programa Internacional Fastenaktion sobre Energía y Justicia Climática (IP ECJ por sus siglas en inglés) cuyo objetivo es contribuir a “reducir el uso de combustibles fósiles y aumentar la cuota de producción de energía a través de energías renovables socialmente justas (fuentes de energía renovable, soluciones descentralizadas y adaptadas localmente para el bien común), de modo que el aumento de la temperatura media global se mantenga muy por debajo de 2°C por encima del nivel preindustrial (visión del IP ECJ según el marco lógico del programa)”.

Desde la perspectiva de IP ECJ, una REP a nivel comunitario que utilice una combinación de fuentes de energía renovables se considera especialmente interesante, ya que incluye un grupo amplio de personas y partes interesadas que participan juntas en un proceso de reflexión sobre las necesidades existentes y con qué tipo de sistema energético prefieren responder a estas necesidades. Una REP de esta naturaleza no es sólo un ejemplo de suministro de energía buena sino también un modelo económico alternativo aplicado.

Para lograr una transición energética sostenible y justa a través de los sistemas REP, hay ciertos requisitos que se exponen en los diez criterios propuestos que abordan tres dimensiones esenciales: personas, acceso y planeta. En la Tabla 1 se muestra cada criterio por sección en la primera columna y en la segunda columna una breve descripción del criterio y

algunos ejemplos. Para evaluar los criterios, se desarrolló un set de 21 indicadores cualitativos y cuantitativos (cuarta columna) que captan diferentes aspectos clave de los sistemas REP, que se basan en preguntas guía (tercera columna) que permiten calificar cada indicador. Para cada indicador se especifica el significado de la calificación más alta versus la más baja, para dar soporte y facilitar la evaluación.

La evaluación implica asignar una puntuación a cada indicador en una escala de 5 puntos (quinta columna de la Tabla 1), respondiendo a las preguntas guía según el cumplimiento del indicador (cuarta y quinta columnas de la Tabla 1). Una puntuación de 1 significa que –en ese aspecto– el indicador tiene un rendimiento pobre; mientras que una calificación de 5 significa que su rendimiento es extremadamente bueno. La calificación final es sobre 105 puntos, indicando que, mientras más alto el número, mayor número de requisitos cumple el proyecto analizado.

Los indicadores utilizados en este estudio están diseñados para que el tamaño de los proyectos de estudio no afecte la calificación. Por esto, se desarrolló una entrevista semiestructurada para trabajar con los actores clave y poder obtener la información necesaria para medir los indicadores. Sin embargo, es indispensable que los facilitadores en campo tengan en cuenta el contexto local, por si es necesario ajustar el contenido. Dependiendo de las circunstancias, se pueden descartar algunas preguntas o integrar nuevas para ahondar en la información del lugar y el proyecto.

Las medidas de los indicadores se basan en observaciones, percepciones y cálculos a partir de la experiencia de los actores clave, como son las comunidades locales, los implementadores de los proyectos, el gobierno local, entre otros.

En esta investigación se tuvo como objetivo analizar tres estudios de caso bajo la perspectiva REP, considerando la opinión de los diferentes actores, como los habitantes del territorio, los gobiernos locales y los implementadores, pero solo los implementadores pudieron ser contactados en el alcance de este estudio. Fue complicado contactar a las comunidades, considerando las condiciones y restricciones del momento debido a la COVID-19 y la falta de un relacionamiento previo para poder acceder y hablar con ellas directamente. Se intentaron analizar los impactos en las comunidades locales con información secundaria, pero debido a que los proyectos aún están en fase de construcción o prueba, hay muy poca información sobre ellos y no existen estudios que analicen sus impactos.

Tabla 1.

Criterios REP agrupados en las tres dimensiones: personas, acceso y planeta, y sus respectivos indicadores

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación
PERSONAS				
1. Gobernanza	El REP será manejado por mecanismos transparentes y de participación de todos los actores. Los productores y consumidores de energía deben ser, cuando corresponda, las mismas comunidades para alinear los intereses de los productores y las comunidades (por ejemplo, modelos cooperativos).	¿Los implementadores tienen en cuenta a las comunidades en las diferentes etapas de su planificación?	a. Muy alta (se hicieron consultas populares inclusivas con la comunidad local para la aprobación del proyecto, participó más del 80 % de la comunidad en la consulta) (Registraduría Nacional del Estado Civil, n.d.) b. Alta c. Media (no se tiene en cuenta la opinión de toda la comunidad, solo participó un tercio, 33,3 %, de los habitantes del municipio) d. Baja e. Muy baja (no se hicieron consultas a la comunidad local, por ende, no tuvo en cuenta a la comunidad local para la aprobación del proyecto)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
		¿Existe una institución multisectorial, donde participe la comunidad, que pueda gestionar los recursos naturales del territorio eficazmente y coordinar los intereses de los diferentes actores?	a. Muy alta (la institución cuenta con la participación de, por lo menos, un líder de la comunidad, y puede tomar decisiones/coordinar intereses de todos los actores involucrados – comunidad, gobernadores, empresas del sitio, etc.) b. Alta c. Media (existe la institución, pero no tiene la capacidad de coordinar los intereses multisectoriales) d. Baja e. Muy baja (no existe ese tipo de institución)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
2. Orientación de bienestar	El REP favorecerá a la comunidad donde se produce la energía. Si se vende energía, los ingresos generados se reinvertirán dentro de la comunidad.	¿Las ganancias del proyecto se están invirtiendo en necesidades de la comunidad? (Educación, infraestructura, acceso a otros servicios, transporte, etc.)	Porcentaje de las ganancias del proyecto destinadas a responder necesidades de la comunidad	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
		¿El proyecto ha contribuido al desarrollo de la comunidad (e.g. escuelas, sistemas de bombeo de agua, manejo de aguas negras, centros de salud)?	a. Muy alto (se han establecido las necesidades de la comunidad y el proyecto ha cumplido con todas) b. Alta (ha sido identificada parcialmente y se han hecho avances significativos) c. Media (se han hecho avances en sectores del desarrollo de la comunidad) d. Baja (el proyecto ha contribuido con algo, pero no se ha logrado el desarrollo de ningún sector completamente) e. Muy baja (la comunidad no ha recibido ningún beneficio que contribuya a su desarrollo por parte del proyecto)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
3. Género	El REP contribuirá a la reducción de las desigualdades específicas de género, a nivel de la comunidad y del hogar (las dimensiones de la desigualdad incluyen, por ejemplo, la toma de decisiones, la carga de trabajo, las necesidades e intereses, el acceso y el control de los recursos).	¿El proyecto tiene en cuenta la participación de hombres y mujeres de la comunidad para la toma de decisiones? (teniendo en cuenta el total de reuniones anuales, en cuántas participan y tienen voz)	a. Muy alto (existen espacios, por lo menos uno, de diálogo abiertos a hombres y mujeres, que siempre tienen en cuenta la opinión de mujeres y hombres a la hora de tomar decisiones) b. Alta (existe el espacio y muchas veces se tiene en cuenta la opinión de las mujeres) c. Media (existe el espacio, pero la voz de las mujeres solo a veces se toma en cuenta para la toma de decisiones)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación
PERSONAS				
		<p>En caso de que haya contribuido al desarrollo de la comunidad, ¿ha tomado en cuenta la dimensión de género?</p> <p>¿Se han tenido en cuenta las mujeres para trabajar en el marco del proyecto?</p>	<p>d. Baja (muy pocas veces se tiene en cuenta la voz de las mujeres) e. Muy baja (no existe un espacio de diálogo abierto para ambos sexos)</p> <p>a. Muy alto (la mejora de infraestructuras y/o condiciones para el desarrollo de la comunidad, ha insistido en el trabajo enfocado en la reducción de desigualdades de género explícitamente en todos los casos, mediante un diálogo inclusivo, talleres para la disminución de desigualdades, etc.) b. Alta (en la mayoría de los casos se ha trabajado el tema de género) c. Media (a veces) d. Baja (pocas veces) e. Muy baja (las iniciativas para el desarrollo de la comunidad no han tenido en cuenta el enfoque de género)</p> <p>Porcentaje de mujeres contratadas para trabajar en el proyecto</p>	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
ACCESO				
4. Acceso	<p>El REP permitirá a las comunidades marginadas pagar y acceder a servicios energéticos de calidad y, por lo tanto, contribuir a la reducción de la pobreza. Los sistemas descentralizados mejoran el acceso de las comunidades en áreas remotas y aumentan su propiedad.</p>	<p>En la percepción de los miembros de las comunidades, ¿ha mejorado el acceso a y la disponibilidad de energía?</p> <p>¿El proyecto provee energía limpia y de buena calidad (sin cortes y con una potencia constante y suficiente para las actividades diarias de la comunidad) a personas que antes no tenían acceso?</p> <p>De la capacidad de la instalación, ¿cuánto está destinado a la comunidad?</p> <p>¿La comunidad puede acceder a la energía producida a buen precio de acuerdo a sus ganancias? (Rangos de porcentajes de acceso para establecer el nivel de acceso)</p>	<p>a. Muy alto (la calidad de energía ha mejorado mucho – e.g. hay menos cortes de luz, llega inmediatamente, mantiene su potencia) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no ha mejorado – e.g. sigue habiendo cortes de luz muy seguidos, la potencia es inestable, se demora en llegar)</p> <p>Número de personas «nuevas» que pueden acceder a la energía limpia producida por el proyecto</p> <p>- Porcentaje de la energía producida por la planta destinada a la comunidad - Número de horas al día en que la energía está disponible</p> <p>a. Muy alta (la comunidad puede acceder a energía de buena calidad y a un precio que no compromete sus ganancias) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no pueden acceder a la energía por precios desmesurados)</p>	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación
ACCESO				
5. Cobeneficios	El REP tendrá impactos positivos en diferentes dimensiones de los medios de vida y el medio ambiente. El consumo de energía limpia a un precio asequible puede tener una influencia positiva en la educación, las capacidades locales, la salud, el almacenamiento de alimentos, la información y la comunicación.	¿El proyecto tiene un plan de apoyo multinivel para la comunidad, elaborado en conjunto con la misma, respondiendo a sus necesidades?	a. Muy alto (existe un plan integral que responde a las necesidades de la comunidad, teniendo en cuenta el ámbito social, económico y ambiental) b. Alta c. Media (existe un plan, pero aborda solo algunos de los ámbitos) d. Baja e. Muy baja (no existe ningún plan)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
		¿El proyecto promueve el desarrollo de diferentes habilidades de la comunidad?	Número de personas que han sido capacitadas en temas varios como técnicos y administradores (mejores y nuevas prácticas)	
		¿La comunidad ha podido mejorar o desarrollar nuevas prácticas (productivas y de conservación) con el apoyo del proyecto? (e.g. sistemas silvopastoriles, agroforestería, agrosistemas, incubadoras de gallinas, acuicultura sostenible)	a. Muy alto (la comunidad ha obtenido un beneficio ambiental, económico y social a partir del desarrollo de nuevas prácticas/mejorar prácticas existentes) b. Alta (solo dos) c. Media (solo uno ha mejorado) d. Baja (no se ha logrado mejorar completamente en ningún ámbito) e. Muy baja (la comunidad no ha cambiado sus prácticas y no planea hacerlo en un futuro)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
6. Fiabilidad energética	El REP garantizará la confiabilidad del suministro de energía. Para esto, la combinación de energías dentro de un REP debe ser flexible y adaptarse a las condiciones locales: por ejemplo, disponibilidad de fuentes de energía renovable (como solar, eólica, agua, madera, agua subterránea) o una red existente que permita soluciones de red inteligente, así como el tamaño de la comunidad. No existe un enfoque único para todos. En principio, REP debe depender de fuentes de energía renovables. En un período de transición, las excepciones son posibles, especialmente para áreas remotas.	¿La mezcla de energía promovida en la instalación se ha discutido y acordado con las comunidades afectadas?	a. Muy alta (se ha acordado con las comunidades la mejor mezcla de energías posibles de acuerdo con las condiciones del lugar, presentando ventajas y desventajas de diferentes opciones) b. Media (se ha acordado una mezcla, sin presentar diferentes opciones) c. Muy baja (no se ha acordado con la comunidad)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
		Según la percepción de la comunidad, ¿cuál es el nivel de confianza de las personas de la comunidad sobre la calidad de la ejecución de los implementadores del proyecto?	a. Muy alta (tienen mucha confianza en los implementadores del proyecto y sus procesos) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (hay muchas dudas)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
PLANETA				
7. Mitigación	REP contribuirá a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la sustitución de fuentes de combustibles fósiles por fuentes de energía renovable.	¿El proyecto contribuye a la disminución de GEI comparado con la línea de base (escenario de referencia)? (Gg de CO ₂ disminuidos)	a. Muy alta (ha reducido significativamente la reducción de GEI, >80%) b. Alta (60-80%) c. Media (40-60%) d. Baja (20-40%) e. Muy baja (no se ha disminuido la producción de GEI / <20%)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación
PLANETA				
8. Ecología	A través de las medidas de protección adecuadas, REP no tendrá impactos negativos, o será un impacto mínimo en el medio ambiente natural y la biodiversidad. (preguntar si han mejorado SE específicos y calificar de 0-100% proporcionalmente)	¿Grado de afectación al acceso o calidad de servicios ecosistémicos (SE) utilizados por la comunidad?	a. Muy alto (la comunidad percibe que los SE han mejorado desde la implementación del proyecto) b. Alto c. Medio d. Bajo e. Muy bajo (la comunidad ya no puede acceder a SE desde la implementación del proyecto)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
		¿El proyecto ha hecho un estudio ambiental analizando la fragmentación de hábitat de fauna y flora, y la afectación de áreas focales o protegidas?	a. Muy alta (hay un estudio muy detallado sobre las afectaciones al hábitat para la flora y fauna, y sus implicaciones en áreas focales/protegidas) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no hay estudio)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
9. Eficiencia	El REP puede incluir elementos de innovaciones técnicas que apuntan a la eficiencia energética de los consumidores finales (p. ej., como aislamiento térmico, refrigeradores de bajo consumo, etc.). Esto tiene como objetivo reducir la cantidad de energía utilizada mientras se mantiene el nivel de bienestar. La eficiencia debe ser abordada, en particular, por sociedades/ comunidades de alto consumo energético.	¿El proyecto ha implementado acciones para aumentar su eficiencia energética?	Porcentaje de kWh disminuidos a. Muy alta (se ha hecho un análisis de eficiencia energética y se han tomado medidas correspondientes) b. Alta (se ha hecho un análisis y algunas medidas se han implementado) c. Media (la mitad) d. Baja (pocas) e. Muy baja (no se han implementado acciones con este objetivo)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
10. Suficiencia	El proceso de implementación del REP deberá contener reflexiones sobre medidas para reducir el consumo de energía mediante la reducción del uso de bienes materiales. La suficiencia debe ser abordada en particular por las sociedades/ comunidades de alto consumo energético.	¿El proyecto promueve reflexiones sobre el consumo de energía a través de cambios en el estilo de vida/modos de producción (consumidores y productores)?	a. Muy alta (se ha tomado acción/campañas, para disminuir el consumo de energía en la producción y en los consumidores en barrios de estratos más altos) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no se ha propuesto nada para disminuir el consumo)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1
Puntaje total			Máximo: 105	

Casos de estudio en Colombia

Este capítulo presenta el análisis de tres estudios de caso, dos basados en los indicadores REP, realizados a partir de información primaria y secundaria, para ver cómo los proyectos de energías renovables están respondiendo a las dimensiones sociales, económicas y ambientales de la sostenibilidad. La información se obtuvo a partir de entrevistas diseñadas sobre los criterios REP y la extensa revisión de la información secundaria disponible. De acuerdo con el estado de avance de los proyectos, la seguridad de la zona de ubicación, la facilidad de acceso a la zona y la facilidad de diálogo con los ejecutores, se seleccionaron los siguientes proyectos para el análisis: Parque Solar Pétalo de Córdoba, Parque Solar El Paso en el departamento del Cesar y Parque Eólico Jepírachi en el departamento de La Guajira.

En el marco de esta investigación no fue posible entrevistar a miembros de la comunidad directamente en las áreas de implementación para profundizar en la evaluación de los impactos que han tenido estos proyectos, debido a inconvenientes de seguridad y logística; sin embargo, se logró hablar con los implementadores y, en un caso, con miembros de la población local de forma virtual. En este sentido, se pudo implementar la evaluación según los criterios e indicadores propuestos en el marco del proyecto Energías Renovables para la Gente, y se complementó con información valiosa producto de la revisión de información secundaria.

Parque Solar Pétalo de Córdoba (GreenYellow) – Córdoba

El Parque Pétalo de Córdoba, desarrollado por GreenYellow en alianza con el Grupo Éxito, se ubica en el municipio de Planeta Rica, Córdoba, al norte del país. Es la primera planta solar de GreenYellow en Colombia y empezó a inyectar energía al Sistema Interconectado Nacional en 2022 a través de 27.500 paneles solares que generan una capacidad de 10 MW. El proyecto cuenta con tecnología confiable que permitirá el funcionamiento del Parque, por lo menos, 25 años. Se espera que con este se evite la emisión de más de 6000 toneladas de CO₂ al año.

El área de implementación de este parque es de 13,5 hectáreas, que inicialmente era un potrero en una zona ganadera; sin embargo, para cumplir con la compensación ambiental requerida por la autoridad ambiental regional de la zona (Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge - CVS), se hizo la plantación de árboles nativos en ecosistemas degradados, además de actividades con una escuela de la zona con integrantes la comunidad.

El proyecto no tuvo la necesidad de realizar consultas previas para su construcción, debido a su capacidad que no supera los 10 MW. Además, fue comprado a una empresa que ya tenía aprobación del uso de suelo para el desarrollo de este parque. No obstante, hizo un proceso directo con la Gobernación para tratar con la comunidad, se abrió un espacio con alrededor de 30 a 40 personas para presentar el acta del proyecto y los planes e impactos acerca del parque.

Más adelante, la empresa hizo una convocatoria laboral para mano de obra en el parque. La socialización se hizo mediante una cooperativa de la comunidad y promovió la contratación de personas de la zona para la fase de construcción (84 % de la mano de obra fue local, según información de la empresa). Sin embargo, funcionarios de GreenYellow aseguran que aún no se ha logrado que la comunidad reconozca estos beneficios (Acuña, C., comunicación personal, mayo 2022), y estuvieron renuentes a que se hablara con líderes comunitarios de la zona. Esto genera una alta sospecha de una mala percepción del proyecto y su implementación por parte de las comunidades. Sólo se consiguió hablar con algunos profesores de una escuela local que tiene un relacionamiento con la empresa.

Para los diálogos con las comunidades y otros actores clave, así como para conocer el funcionamiento del parque solar, se viajó hasta el lugar de ubicación del proyecto, pero por temas de seguridad asociados a los grupos al margen de la ley (la ocurrencia de un paro armado), no se pudo realizar el trabajo previsto y se tuvo que regresar sin información primaria. Así, las dificultades de seguridad durante el tiempo de la investigación y la falta de contacto previo con habitantes de la zona no permitieron conocer las opiniones de la comunidad frente al proyecto.

GreenYellow no cuenta con espacios de diálogo con la comunidad regularmente; sin embargo, aseguran que cuando se presentan inquietudes o solicitudes, el director o encargado del parque las atiende.

Por otro lado, el ámbito ambiental pareciera haber sido mejor manejado, pues se hizo el traslado de la fauna presente en la zona de implementación del parque con expertos, y se realizó la compensación sugerida por la Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge (CVS) con especies nativas, además de una jornada de siembra con una escuela local. Esta última acción fue impulsada por los profesores de la escuela quienes solicitaron a la empresa el apoyo con el fin de concientizar a los niños en temas ambientales. Ahora se planea tener una continuación del apoyo a iniciativas de la institución para seguir abordando problemáticas ambientales de la zona, como el manejo de residuos.

En resumen, en el marco de los criterios REP y el análisis de sus indicadores, la calificación final de este proyecto fue de 19 sobre 105, resultado bastante bajo que responde a unos indicadores con bajo rendimiento y otros (casi la mitad) sin evaluar por falta de información. Los resultados se obtuvieron con base en entrevistas al equipo de GreenYellow y algunos integrantes de la comunidad local (de la escuela local). En términos generales y con la poca información obtenida, se identificó que el aporte del proyecto a la comunidad fue principalmente la contratación de mano de obra en la fase de construcción, pero no existe una buena relación con la comunidad, aparte de los integrantes de la escuela. Los co-beneficios, así como la eficiencia y suficiencia de la energía que produce el proyecto, son muy bajas, pues no se han implementado acciones para mejorar condiciones o necesidades ni para disminuir el consumo. Es importante señalar que actualmente se tiene información limitada acerca de este parque solar, debido a que inició operaciones recientemente y no existen estudios del impacto local. En la Tabla 2 se presentan los resultados sobre la calificación del proyecto Parque Pétalo de Córdoba.

Tabla 2.
Evaluación REP del Parque Solar Pétalo de Córdoba

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
PERSONAS					
1. Gobernanza	El REP será manejado por mecanismos transparentes y de participación de todos los actores. Los productores y consumidores de energía deben ser, cuando corresponda, las mismas comunidades para alinear los intereses de los productores y las comunidades (por ejemplo, modelos cooperativos).	<p>¿Los implementadores tienen en cuenta a las comunidades en las diferentes etapas de su planificación?</p> <p>¿Existe una institución multisectorial, donde participe la comunidad, que pueda gestionar los recursos naturales del territorio eficazmente y coordinar los intereses de los diferentes actores?</p>	<p>a. Muy alta (se hicieron consultas populares inclusivas con la comunidad local para la aprobación del proyecto, participó más del 80% de la comunidad en la consulta) (Registraduría Nacional del Estado Civil, n.d.)</p> <p>b. Alta</p> <p>c. Media (no se tiene en cuenta la opinión de toda la comunidad, solo participó un tercio, 33,3%, de los habitantes del municipio)</p> <p>d. Baja</p> <p>e. Muy baja (no se hicieron consultas a la comunidad local, por ende, no se ha tenido en cuenta a la comunidad local para la aprobación del proyecto)</p> <p>a. Muy alta (la institución cuenta con la participación de por lo menos un líder de la comunidad, y puede tomar decisiones/ coordinar intereses de todos los actores involucrados – comunidad, gobernadores, empresas del sitio, etc.)</p> <p>b. Alta</p> <p>c. Media (existe la institución, pero no tiene la capacidad de coordinar los intereses multisectoriales)</p> <p>d. Baja</p> <p>e. Muy baja (no existe ese tipo de institución) No se sabe con certeza si existe o no</p>	<p>a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1</p> <p>a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1</p>	<p>El proyecto no tuvo la necesidad de hacer consultas previas porque fue comparado a otra empresa y la capacidad energética del proyecto no requiere estos procesos según la ley. Sin embargo, el equipo de GreenYellow realizó una comunicación directa con la gobernanza para tratar con la comunidad. Se presentó un acta inicial a 30-40 personas de la comunidad.</p> <p>Existe una cooperativa de la comunidad, pero no se sabe bien quiénes son los integrantes. GreenYeloow tuvo su conexión con ellos solamente para gestionar contratos de mano de obra en la fase de construcción.</p>
2. Orientación de bienestar	REP favorecerá a la comunidad donde se produce la energía. Si se vende energía los ingresos generados se reinvertirán dentro de la comunidad.	<p>¿Las ganancias del proyecto se están invirtiendo en necesidades de la comunidad? (Educación, infraestructura, acceso a otros servicios, transporte, etc.)</p> <p>¿El proyecto ha contribuido al desarrollo de la comunidad (¿e.g. escuelas, sistemas de bombeo de agua, manejo de aguas negras, centros de salud?)</p>	<p>Porcentaje de las ganancias del proyecto destinadas a responder necesidades de la comunidad</p> <p>a. Muy alto (se han establecido las necesidades de la comunidad y el proyecto ha cumplido con todas)</p> <p>b. Alta (ha sido identificada parcialmente y se han hecho avances significativos)</p>	<p>a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1</p> <p>a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1</p>	<p>El aporte del proyecto a la comunidad fue principalmente la contratación para mano de obra en la fase de construcción.</p>

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
PERSONAS					
			c. Media (se han hecho avances en sectores del desarrollo de la comunidad) d. Baja (el proyecto ha contribuido con algo, pero no se ha logrado el desarrollo ni de un sector completamente) e. Muy baja (la comunidad no ha recibido ningún beneficio que contribuya a su desarrollo por parte del proyecto)		
3. Género	REP contribuirá a la reducción de las desigualdades específicas de género, a nivel de la comunidad y del hogar (las dimensiones de la desigualdad incluyen, por ejemplo, la toma de decisiones, la carga de trabajo, las necesidades e intereses, el acceso y el control de los recursos).	¿El proyecto tiene en cuenta la participación de hombres y mujeres de la comunidad para la toma de decisiones? (teniendo en cuenta el total de reuniones anuales, en cuántas participan y tienen voz)	a. Muy alto (existen espacios, por lo menos uno, de diálogo abiertos a hombres y mujeres, que siempre tienen en cuenta la opinión de mujeres y hombres a la hora de tomar decisiones) b. Alta (existe el espacio y muchas veces se tiene en cuenta la opinión de las mujeres) c. Media (existe el espacio, pero la voz de las mujeres solo a veces se toma en cuenta para la toma de decisiones) d. Baja (muy pocas veces se tiene en cuenta la voz de las mujeres) e. Muy baja (no existe un espacio de diálogo abiertos para ambos sexos)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	No hay espacios de diálogo; sin embargo, durante la construcción se contrató a un porcentaje de mujeres.
		En caso de que haya contribuido al desarrollo de la comunidad, ¿ha tomado en cuenta la dimensión de género?	a. Muy alto (la mejora de infraestructuras y/o condiciones para el desarrollo de la comunidad, ha insistido en el trabajo enfocado en la reducción de desigualdades de género explícitamente en todos los casos, mediante un diálogo inclusivo, talleres para la disminución de desigualdades, etc.) b. Alta (en la mayoría de los casos se ha trabajado el tema de género) c. Media (a veces) d. Baja (pocas veces) e. Muy baja (las iniciativas para el desarrollo de la comunidad no han tenido en cuenta el enfoque de género)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
		¿Se han tenido en cuenta las mujeres para trabajar en el marco del proyecto?	Porcentaje de mujeres contratadas para trabajar en el proyecto	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	Un 18 % de la mano de obra contratada fueron mujeres.

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
ACCESO					
4. Acceso	REP permitirá a las comunidades marginadas pagar y acceder a servicios energéticos de calidad y, por lo tanto, contribuir a la reducción de la pobreza. Los sistemas descentralizados mejoran el acceso de las comunidades en áreas remotas y aumentan su propiedad.	En la percepción de los miembros de las comunidades, ¿ha mejorado el acceso a y la disponibilidad de energía?	a. Muy alto (la calidad de energía ha mejorado mucho – e.g. hay menos cortes de luz, llega inmediatamente, mantiene su potencia) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no ha mejorado – e.g. sigue habiendo cortes de luz muy seguidos, la potencia es inestable, se demora en llegar)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
		¿El proyecto provee energía limpia y de buena calidad (sin cortes y con una potencia constante y suficiente para las actividades diarias de la comunidad) a personas que no tenían acceso antes?	Número de personas «nuevas» que pueden acceder a la energía limpia producida por el proyecto	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	N/A, el proyecto sólo inyecta energía a una planta que se conecta al SIN
		De la capacidad de la instalación, ¿cuánto está destinado a la comunidad?	- Porcentaje de la energía producida por la planta destinada a la comunidad - Número de horas al día en que la energía está disponible	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	N/A
		¿La comunidad puede acceder a la energía producida a buen precio de acuerdo con sus ganancias? (Rangos de porcentajes de acceso para establecer el nivel de acceso)	a. Muy alta (la comunidad puede acceder a energía de buena calidad y a un precio que no compromete sus ganancias) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no pueden acceder a la energía por precios desmesurados)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	N/A
5. Cobeneficios	REP tendrá impactos positivos en diferentes dimensiones de los medios de vida y el medio ambiente. El consumo de energía limpia a un precio asequible puede tener una influencia positiva en la educación, las capacidades locales, la salud, el almacenamiento de alimentos, la información y la comunicación.	¿El proyecto tiene un plan de apoyo multnivel para la comunidad, elaborado en conjunto con la misma, respondiendo a sus necesidades?	a. Muy alto (existe un plan integral que responde a las necesidades de la comunidad, teniendo en cuenta el ámbito social, económico y ambiental) b. Alta c. Media (existe un plan, pero aborda solo algunos de los ámbitos) d. Baja e. Muy baja (no existe ningún plan)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
		¿El proyecto promueve el desarrollo de diferentes habilidades de la comunidad?	Número de personas que han sido capacitadas en temas varios como técnicos y administradores (mejores y nuevas prácticas)	1	La comunidad ha sido capacitada solamente en temas de mano de obra, no de mejores prácticas. 85 personas de diferentes veredas aledañas al proyecto

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
ACCESO					
					(Vereda Corea 17 %, Planeta Rica 16 %, Aguas Blancas 14 %, El Reparo 12 % y el resto de Pamplona, La Sabanita y Manguitos).
		¿La comunidad ha podido mejorar o desarrollar nuevas prácticas (productivas y de conservación) con el apoyo del proyecto? (e.g. sistemas silvopastoriles, agroforestería, agrosistemas, incubadoras de gallinas, acuicultura sostenible)	a. Muy alto (la comunidad ha obtenido un beneficio ambiental, económico y social a partir del desarrollo de nuevas prácticas/mejorar prácticas existentes) b. Alta (solo dos) c. Media (solo uno ha mejorado) d. Baja (no se ha logrado mejorar completamente en ningún ámbito) e. Muy baja (la comunidad no ha cambiado sus prácticas y no planea hacerlo en un futuro)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	N/A
6. Fiabilidad energética	REP garantizará la confiabilidad del suministro de energía. Para esto, la combinación de energías dentro de un REP debe ser flexible y adaptarse a las condiciones locales: p. ej., disponibilidad de fuentes de energía renovable (como solar, eólica, agua, madera, agua subterránea) o una red existente que permita soluciones de red inteligente, así como el tamaño de la comunidad. No existe un enfoque único para todos. En principio, REP debe depender de fuentes de energía renovables. En un período de transición, las excepciones son posibles, especialmente para áreas remotas.	¿La mezcla de energía promovida en la instalación se ha discutido y acordado con las comunidades afectadas?	a. Muy alta (se ha acordado con las comunidades la mejor mezcla de energías posibles de acuerdo con las condiciones del lugar, presentando ventajas y desventajas de diferentes opciones) b. Media (se ha acordado una mezcla, sin presentar diferentes opciones) c. Muy baja (no se ha acordado con la comunidad)	a. 5 b. 3 c. 1	La planta solamente tiene energía solar, no hay mezclas. Sin embargo, esta no se ha discutido con la comunidad.
		Según la percepción de la comunidad, ¿cuál es el nivel de confianza de las personas de la comunidad sobre la calidad de la ejecución de los implementadores del proyecto?	a. Muy alta (tienen mucha confianza en los implementadores del proyecto y sus procesos) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (hay muchas dudas)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	La comunidad no pudo opinar sobre la calidad de la energía debido a que no se beneficia de esta.
PLANETA					
7. Mitigación	REP contribuirá a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la sustitución de fuentes de combustibles fósiles por fuentes de energía renovable.	¿El proyecto contribuye a la disminución de GEI comparado con la línea de base (escenario de referencia)? (Gg de CO2 disminuidos)	a. Muy alta (ha reducido significativamente la reducción de GEI, >80%) b. Alta (60-80%) c. Media (40-60%) d. Baja (20-40%) e. Muy baja (no se ha disminuido la producción de GEI / <20%)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	Se estima que desde GreenYellow se están mitigando 6575 toneladas de CO2 al año. Sin embargo, no se tiene el dato exacto para hacer la comparación.

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
PLANETA					
8. Ecología	A través de las medidas de protección adecuadas, REP no tendrá impactos negativos, o será un impacto mínimo en el medio ambiente natural y la biodiversidad.	<p>¿Grado de afectación al acceso o calidad de servicios ecosistémicos (SE) utilizados por la comunidad? (preguntar si han mejorado SE específicos y calificar de 0-100% proporcionalmente)</p> <p>¿El proyecto ha hecho un estudio ambiental analizando la fragmentación de hábitat de fauna y flora, y la afectación de áreas focales o protegidas?</p>	<p>a. Muy alto (la comunidad percibe que los SE han mejorado desde la implementación del proyecto) b. Alto c. Medio d. Bajo e. Muy bajo (la comunidad ya no puede acceder a SE desde la implementación del proyecto)</p> <p>a. Muy alta (hay un estudio muy detallado sobre las afectaciones al hábitat para la flora y fauna, y sus implicaciones en áreas focales/protegidas) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no hay estudio)</p>	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1 a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	N/A No hay un estudio, pero sí se hizo un rescate y un ayuntamiento para reubicar la fauna que estaba en el terreno
9. Eficiencia	REP puede incluir elementos de innovaciones técnicas que apuntan a la eficiencia energética de los consumidores finales (p. ej., como aislamiento térmico, refrigeradores de bajo consumo, etc.). Esto tiene como objetivo reducir la cantidad de energía utilizada mientras se mantiene el nivel de bienestar. La eficiencia debe ser abordada, en particular, por sociedades /comunidades de alto consumo energético.	<p>¿El proyecto ha implementado acciones para aumentar su eficiencia energética?</p>	<p>Porcentaje de kWh disminuidos</p> <p>a. Muy alta (se ha hecho un análisis de eficiencia energética y se han tomado medidas correspondientes) b. Alta (se ha hecho un análisis y algunas medidas se han implementado) c. Media (la mitad) d. Baja (pocas) e. Muy baja (no se han implementado acciones con este objetivo)</p>	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1 a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
10. Suficiencia	El proceso de implementación del REP deberá contener reflexiones sobre medidas para reducir el consumo de energía mediante la reducción del uso de bienes materiales. La suficiencia debe ser abordada en particular por las sociedades/ comunidades de alto consumo energético.	<p>¿El proyecto promueve reflexiones sobre el consumo de energía a través de cambios en el estilo de vida/modos de producción (consumidores y productores)?</p>	<p>a. Muy alta (se ha tomado acción/campañas, para disminuir el consumo de energía en la producción y en los consumidores en barrios de estratos más altos) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no se ha propuesto nada para disminuir el consumo)</p>	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
Puntaje total				19	

Parque solar El Paso (Enel Green Power) – Cesar

El Parque Solar El Paso es la planta solar fotovoltaica con mayor capacidad de Colombia, con 86,2 MW instalados que representan el 80 % del total instalado a nivel nacional. La planta de Enel Green Power se inauguró en 2019 con 250.000 paneles solares que ocupan 210 hectáreas en el departamento del Cesar, y se planea iniciar operación en 2022 (Enel Green Power, 2019; Portafolio, 2019).

Se espera que la planta evite la emisión de 100.000 toneladas de CO₂ a la atmósfera al año, mientras produce alrededor de 176 GWh anuales, equivalente a 102.000 hogares. Este parque es el primero con ERNC en comprometerse con la entrega de energía a la red nacional, por lo que no suple energía a las comunidades rurales en las zonas de implementación (Corzo-Prada, D., comunicación personal, noviembre 3, 2021, Enel Green Power, 2019). No obstante, el Parque Solar El Paso se mantiene en periodo de prueba desde 2018 por dificultades en su infraestructura que han retrasado su fecha de iniciación (Portafolio, 2020).

El Parque Solar está ubicado a 3 km del corregimiento de Cuatro Vientos, municipio El Paso. A pesar de que este municipio cuenta con consejos comunitarios, el Parque Solar El Paso realizó consulta previa debido a que, según el Ministerio del Interior, no había comunidades étnicas en el área de influencia o de implementación del proyecto. Sin embargo, los consejos comunitarios de la zona pusieron una tutela argumentando que se verían afectados por el proyecto, pero esta no se aprobó (Moreno-Nieto, Y., comunicación personal, noviembre 4, 2021).

Por esta razón, Enel no ha verificado la aceptación del proyecto mediante un proceso de consulta popular con la comunidad local; sin embargo, según las entrevistas realizadas con líderes comunitarios de Cuatro Vientos y el equipo de Enel, la comunidad está de acuerdo con la implementación del parque (Moreno-Nieto, Y., comunicación personal, noviembre 4, 2021; González, C., comunicación personal, agosto 6, 2022).

A pesar de que no hubo la necesidad legal de hacer una consulta previa, Enel realizó procesos participativos y de socialización del proyecto con todos los grupos de interés, como parte de la metodología de los estudios de impacto ambiental. Así, los integrantes de la comunidad han participado desde la fase de estudio y construcción de la planta y, actualmente, en la fase de operación y mantenimiento (Moreno-Nieto, Y., comunicación personal, noviembre 4, 2021).

En el estudio de impacto ambiental se abordaron los impactos en los ecosistemas de la zona de implementación, para poder proponer medidas para “corregir, mitigar, compensar o prevenir estos impactos”, como dijo la funcionaria de Enel (Moreno-Nieto, comunicación personal, noviembre 4, 2021).

El parque está ubicado en una zona con dificultades de saneamiento básico, acceso a educación de nivel tecnológico o superior, dificultad de acceso laboral y con limitaciones a nivel de tecnología e infraestructura de comunicaciones (Corzo-Prada, D., comunicación personal, noviembre 3, 2021). Estas condiciones se identificaron en el marco del estudio de impacto ambiental (Moreno-Nieto, comunicación personal, noviembre 4, 2021). Por esta razón, la propuesta de Enel Green Power busca “integrar las necesidades de las comunidades locales y el desarrollo de las actividades del negocio”, bajo el modelo de Creación de Valor Compartido.

Para cumplir esto, la empresa creó un comité de empleo mediante el cual se logró generar 750 empleos para personas en la zona de influencia en labores de mano de obra; estas personas se capacitaron con la ayuda del SENA para la instalación de paneles, y algunos se capacitaron para gestión empresarial. Asimismo, se instalaron paneles solares en escuelas del área de influencia, y los estudiantes aprendieron de temas energéticos, sostenibilidad, economía circular e innovación (Enel Green Power, 2019).

En asociación con el SENA y Schneider Electric, Enel planea adecuar un laboratorio donde la comunidad pueda aprender y acceder a información técnica sobre energías renovables. Además, el parque se construyó de manera sostenible, de forma que se haga un uso racional de recursos y se logre el ahorro de agua y reciclaje y, al mismo tiempo, la instalación de un corredor medioambiental para evitar la interrupción del paso de fauna silvestre (Enel Green Power, 2019).

De acuerdo con las entrevistas realizadas a líderes comunitarios del corregimiento Cuatro Vientos, se pudo concluir que la relación con Enel es muy buena: existe un diálogo permanente, resolución de inquietudes y apoyo con las necesidades de la comunidad del mismo corregimiento y aledaños. Los entrevistados hicieron mucho énfasis en el “buen vecino” que ha sido Enel para ellos; sin embargo, todavía les preocupa mucho las medidas de compensación ambiental que Enel debe realizar. Tienen claro el daño ambiental que se hizo con la deforestación para la implementación del parque, pero también son conscientes de que la empresa no decide dónde hacer la compensación, sino Corpocesar.

En el marco del REP se realizó el análisis de indicadores descritos anteriormente en este documento, a pesar de no haber podido visitar el proyecto y a las comunidades del territorio por las condiciones de seguridad, específicamente por la presencia de grupos al margen de la ley. Como en el caso anterior, algunos indicadores no se pudieron aplicar, otros no tienen información y otros se evaluaron con mejores calificaciones. Con un total de 44 sobre 105, el análisis muestra unas mejores condiciones de gobernanza, bienestar y co-beneficios en comparación el proyecto Pétalo de Córdoba, pero también tiene muchos ítems sin calificación. Los resultados se obtuvieron con base en entrevistas realizadas al equipo de Enel Green Power y algunos integrantes de la comunidad local. En la Tabla 3 se presentan los resultados sobre la calificación de este parque. Es importante señalar que actualmente se tiene información limitada acerca del parque debido a que no existen estudios del impacto a las comunidades locales ni de impacto ambiental después de la implementación. Además, en el marco de esta investigación, solamente se logró realizar entrevistas remotas con el equipo de Enel e integrantes de la comunidad de Cuatro Vientos. Esto puede interferir y cambiar la dinámica y soltura de la entrevista. Sin embargo, durante las conversaciones se logró ahondar sobre las condiciones actuales, impactos y percepciones antes de la implementación.

Tabla 3.
Evaluación REP del Parque Solar El Paso, Cesar

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
PERSONAS					
1. Gobernanza	El REP será manejado por mecanismos transparentes y de participación de todos los actores. Los productores y consumidores de energía deben ser, cuando corresponda, las mismas comunidades para alinear los intereses de los productores y las comunidades (por ejemplo, modelos cooperativos).	¿Los implementadores tienen en cuenta a las comunidades en las diferentes etapas de su planificación?	a. Muy alta (se hicieron consultas populares inclusivas con la comunidad local para la aprobación del proyecto, participó más del 80% de la comunidad en la consulta) (Registraduría Nacional del Estado Civil, n.d.) b. Alta c. Media (no se tiene en cuenta la opinión de toda la comunidad, solo participó un tercio, 33,3%, de los habitantes del municipio) d. Baja e. Muy baja (no se hicieron consultas a la comunidad local, por ende, no se ha tenido en cuenta a la comunidad local para la aprobación del proyecto)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	La comunidad opina sobre temas varios abiertamente con el equipo de Enel y se ha tenido en cuenta su opinión. Además, los espacios de diálogo están abiertos para todos y se manejan por los presidentes de las Juntas de Acción Comunal.
		¿Existe una institución multisectorial, donde participe la comunidad, que pueda gestionar los recursos naturales del territorio eficazmente y coordinar los intereses de los diferentes actores?	a. Muy alta (la institución cuenta con la participación de por lo menos un líder de la comunidad, y puede tomar decisiones/coordinar intereses de todos los actores involucrados – comunidad, gobernadores, empresas del sitio, etc.) b. Alta c. Media (existe la institución, pero no tiene la capacidad de coordinar los intereses multisectoriales) d. Baja e. Muy baja (no existe ese tipo de institución)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	Los representantes son los presidentes de las JAC, quienes escuchan las peticiones de su comunidad
2. Orientación de bienestar	REP favorecerá a la comunidad donde se produce la energía. Si se vende energía los ingresos generados se reinvertirán dentro de la comunidad.	¿Las ganancias del proyecto se están invirtiendo en necesidades de la comunidad? (Educación, infraestructura, acceso a otros servicios, transporte, etc.)	Porcentaje de las ganancias del proyecto destinadas a responder necesidades de la comunidad	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	No se sabe el porcentaje invertido de las ganancias; sin embargo, se ha beneficiado a la comunidad en diferentes ámbitos, especialmente con la diversificación de medios de vida.
		¿El proyecto ha contribuido al desarrollo de la comunidad (e.g. escuelas, sistemas de bombeo de agua, manejo de aguas negras, centros de salud?)	a. Muy alto (se han establecido las necesidades de la comunidad y el proyecto ha cumplido con todas) b. Alta (ha sido identificada parcialmente y se han hecho avances significativos)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	Enel intenta apoyar en todas las peticiones que hacen las comunidades, y las comunidades hablan satisfactoriamente de este apoyo

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
PERSONAS					
			c. Media (se han hecho avances en sectores del desarrollo de la comunidad) d. Baja (el proyecto ha contribuido con algo, pero no se ha logrado el desarrollo ni de un sector completamente) e. Muy baja (la comunidad no ha recibido ningún beneficio que contribuya a su desarrollo por parte del proyecto)		
3. Género	REP contribuirá a la reducción de las desigualdades específicas de género, a nivel de la comunidad y del hogar (las dimensiones de la desigualdad incluyen, por ejemplo, la toma de decisiones, la carga de trabajo, las necesidades e intereses, el acceso y el control de los recursos).	¿El proyecto tiene en cuenta la participación de hombres y mujeres de la comunidad para la toma de decisiones? (teniendo en cuenta el total de reuniones anuales, en cuántas participan y tienen voz)	a. Muy alto (existen espacios, por lo menos uno, de diálogo abiertos a hombres y mujeres, que siempre tienen en cuenta la opinión de mujeres y hombres a la hora de tomar decisiones) b. Alta (existe el espacio y muchas veces se tiene en cuenta la opinión de las mujeres) c. Media (existe el espacio, pero la voz de las mujeres solo a veces se toma en cuenta para la toma de decisiones) d. Baja (muy pocas veces se tiene en cuenta la voz de las mujeres) e. Muy baja (no existe un espacio de diálogo abiertos para ambos sexos)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	No se sabe el porcentaje de participación de las mujeres exacto; sin embargo, los entrevistados dijeron que eran abiertos a todo el público.
		En caso de que haya contribuido al desarrollo de la comunidad, ¿ha tomado en cuenta la dimensión de género?	a. Muy alto (la mejora de infraestructuras y/o condiciones para el desarrollo de la comunidad, ha insistido en el trabajo enfocado en la reducción de desigualdades de género explícitamente en todos los casos, mediante un diálogo inclusivo, talleres para la disminución de desigualdades, etc.) b. Alta (en la mayoría de los casos se ha trabajado el tema de género) c. Media (a veces) d. Baja (pocas veces) e. Muy baja (las iniciativas para el desarrollo de la comunidad no han tenido en cuenta el enfoque de género)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	No se menciona que se da un enfoque de género.
		¿Se han tenido en cuenta las mujeres para trabajar en el marco del proyecto?	Porcentaje de mujeres contratadas para trabajar en el proyecto	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
ACCESO					
4. Acceso	REP permitirá a las comunidades marginadas pagar y acceder a servicios energéticos de calidad y, por lo tanto, contribuir a la reducción de la pobreza. Los sistemas descentralizados mejoran el acceso de las comunidades en áreas remotas y aumentan su propiedad.	En la percepción de los miembros de las comunidades, ¿ha mejorado el acceso a y la disponibilidad de energía?	a. Muy alto (la calidad de energía ha mejorado mucho – e.g. hay menos cortes de luz, llega inmediatamente, mantiene su potencia) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no ha mejorado – e.g. sigue habiendo cortes de luz muy seguidos, la potencia es inestable, se demora en llegar)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	Ha mejorado un poco, según los entrevistados, pero sigue siendo muy mala por parte de Afinia
		¿El proyecto provee energía limpia y de buena calidad (sin cortes y con una potencia constante y suficiente para las actividades diarias de la comunidad) a personas que no tenían acceso antes?	Número de personas «nuevas» que pueden acceder a la energía limpia producida por el proyecto	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	N/A
		De la capacidad de la instalación, ¿cuánto está destinado a la comunidad?	- Porcentaje de la energía producida por la planta destinada a la comunidad - Número de horas al día en que la energía está disponible	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	N/A
		¿La comunidad puede acceder a la energía producida a buen precio de acuerdo con sus ganancias? (Rangos de porcentajes de acceso para establecer el nivel de acceso)	a. Muy alta (la comunidad puede acceder a energía de buena calidad y a un precio que no compromete sus ganancias) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no pueden acceder a la energía por precios desmesurados)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	N/A
5. Cobeneficios	REP tendrá impactos positivos en diferentes dimensiones de los medios de vida y el medio ambiente. El consumo de energía limpia a un precio asequible puede tener una influencia positiva en la educación, las capacidades locales, la salud, el almacenamiento de alimentos, la información y la comunicación.	¿El proyecto tiene un plan de apoyo multivel para la comunidad, elaborado en conjunto con la misma, respondiendo a sus necesidades?	a. Muy alto (existe un plan integral que responde a las necesidades de la comunidad, teniendo en cuenta el ámbito social, económico y ambiental) b. Alta c. Media (existe un plan, pero aborda solo algunos de los ámbitos) d. Baja e. Muy baja (no existe ningún plan)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	No existe un plan en conjunto, pero han abordado una de las principales necesidades de la comunidad como es la baja empleabilidad, además, escuchan y apoyan otras necesidades.
		¿El proyecto promueve el desarrollo de diferentes habilidades de la comunidad?	Número de personas que han sido capacitadas en temas varios como técnicos y administradores (mejores y nuevas prácticas)	5	Se capacitaron y emplearon a más de 900 personas para mano de obra, adicionalmente se han capacitado para la instalación de paneles solares y monitoreo

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
ACCESO					
		¿La comunidad ha podido mejorar o desarrollar nuevas prácticas (productivas y de conservación) con el apoyo del proyecto? (e.g. sistemas silvopastoriles, agroforestería, agrosistemas, incubadoras de gallinas, acuicultura sostenible)	a. Muy alto (la comunidad ha obtenido un beneficio ambiental, económico y social a partir del desarrollo de nuevas prácticas/mejorar prácticas existentes) b. Alta (solo dos) c. Media (solo uno ha mejorado) d. Baja (no se ha logrado mejorar completamente en ningún ámbito) e. Muy baja (la comunidad no ha cambiado sus prácticas y no planea hacerlo en un futuro)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	del parque. También se dio apoyo a emprendimientos de diferente índole para dar nuevos medios de vida a las personas. La comunidad ha tenido beneficios económicos y sociales.
6. Fiabilidad energética	REP garantizará la confiabilidad del suministro de energía. Para esto, la combinación de energías dentro de un REP debe ser flexible y adaptarse a las condiciones locales: p. ej., disponibilidad de fuentes de energía renovable (como solar, eólica, agua, madera, agua subterránea) o una red existente que permita soluciones de red inteligente, así como el tamaño de la comunidad. No existe un enfoque único para todos. En principio, REP debe depender de fuentes de energía renovables. En un período de transición, las excepciones son posibles, especialmente para áreas remotas.	¿La mezcla de energía promovida en la instalación se ha discutido y acordado con las comunidades afectadas?	a. Muy alta (se ha acordado con las comunidades la mejor mezcla de energías posibles de acuerdo con las condiciones del lugar, presentando ventajas y desventajas de diferentes opciones) b. Media (se ha acordado una mezcla, sin presentar diferentes opciones) c. Muy baja (no se ha acordado con la comunidad)	a. 5 b. 3 c. 1	Se socializó la tecnología del parque pero solamente para conocimiento de la comunidad, no abierto a opiniones.
PLANETA					
7. Mitigación	REP contribuirá a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la sustitución de fuentes de combustibles fósiles por fuentes de energía renovable.	¿El proyecto contribuye a la disminución de GEI comparado con la línea de base (escenario de referencia)? (Gg de CO2 disminuidos)	a. Muy alta (ha reducido significativamente la reducción de GEI, >80%) b. Alta (60-80%) c. Media (40-60%) d. Baja (20-40%) e. Muy baja (no se ha disminuido la producción de GEI / <20%)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	Se estima que la planta evite la emisión de 100.000 toneladas de CO2 a la atmósfera al año.

Criterios	Descripción	Preguntas	Indicadores	Calificación	Comentarios
PLANETA					
8. Ecología	A través de las medidas de protección adecuadas, REP no tendrá impactos negativos, o será un impacto mínimo en el medio ambiente natural y la biodiversidad.	¿Grado de afectación al acceso o calidad de servicios ecosistémicos (SE) utilizados por la comunidad? (preguntar si han mejorado SE específicos y calificar de 0-100% proporcionalmente)	a. Muy alto (la comunidad percibe que los SE han mejorado desde la implementación del proyecto) b. Alto c. Medio d. Bajo e. Muy bajo (la comunidad ya no puede acceder a SE desde la implementación del proyecto)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	Todavía no se hace la compensación ambiental, pero la comunidad no está de acuerdo con la tala para la implementación.
		¿El proyecto ha hecho un estudio ambiental analizando la fragmentación de hábitat de fauna y flora, y la afectación de áreas focales o protegidas?	a. Muy alta (hay un estudio muy detallado sobre las afectaciones al hábitat para la flora y fauna, y sus implicaciones en áreas focales/protegidas) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no hay estudio)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
9. Eficiencia	REP puede incluir elementos de innovaciones técnicas que apuntan a la eficiencia energética de los consumidores finales (p. ej., como aislamiento térmico, refrigeradores de bajo consumo, etc.). Esto tiene como objetivo reducir la cantidad de energía utilizada mientras se mantiene el nivel de bienestar. La eficiencia debe ser abordada, en particular, por sociedades/comunidades de alto consumo energético.	¿El proyecto ha implementado acciones para aumentar su eficiencia energética?	Porcentaje de kWh disminuidos	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
			a. Muy alta (se ha hecho un análisis de eficiencia energética y se han tomado medidas correspondientes) b. Alta (se ha hecho un análisis y algunas medidas se han implementado) c. Media (la mitad) d. Baja (pocas) e. Muy baja (no se han implementado acciones con este objetivo)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
10. Suficiencia	El proceso de implementación del REP deberá contener reflexiones sobre medidas para reducir el consumo de energía mediante la reducción del uso de bienes materiales. La suficiencia debe ser abordada en particular por las sociedades/ comunidades de alto consumo energético.	¿El proyecto promueve reflexiones sobre el consumo de energía a través de cambios en el estilo de vida/modos de producción (consumidores y productores)?	a. Muy alta (se ha tomado acción/campañas, para disminuir el consumo de energía en la producción y en los consumidores en barrios de estratos más altos) b. Alta c. Media d. Baja e. Muy baja (no se ha propuesto nada para disminuir el consumo)	a. 5 b. 4 c. 3 d. 2 e. 1	
Puntaje total				44	

Parque Eólico Jepírachi (EPM) - La Guajira

El Parque Eólico Jepírachi es el pionero en energía eólica en Colombia, y el primero en ser registrado oficialmente ante las Naciones Unidas en el marco de la estrategia de cambio climático. Está ubicado en el municipio de Uribe (La Guajira), en la zona alta del departamento, donde se encuentra el resguardo de la comunidad indígena Wayúu (EPM, n.d.). Este proyecto piloto empezó su operación en 2004, con una capacidad instalada de 19,5 MW proveniente de 15 aerogeneradores interconectados. Hace más de 15 años que las Empresas Públicas de Medellín (EPM), propietarios del parque, entregan la energía al SIN como una planta menor (EPM, n.d.).

El parque cuenta con permisos ambientales de aprovechamiento forestal, manejo de residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales, que fueron otorgados por la Corporación Autónoma Regional de La Guajira - Corpoguajira; sin embargo, no tuvo la necesidad de una licencia ambiental (EPM, n.d.).

Jepírachi ocupa 4,9 hectáreas y tiene un área de protección de 160,1 hectáreas que comparte con la comunidad Wayúu para que puedan desarrollar sus actividades económicas y culturales (EPM, n.d.). Esto se concertó mediante una consulta previa con los pobladores del área de influencia, y la comunidad autorizó la construcción del parque “para el uso de su territorio, y con el permiso de Corpoguajira, para la ejecución de las obras” (EPM, n.d.). Además, según el libro Jepírachi, no hubo necesidad de desplazamiento de la comunidad, pues se hizo un estudio de las condiciones de la zona, donde EPM “buscó no interferir con las actividades cotidianas de la comunidad indígena, evitando y minimizando los impactos ambientales al medio” (EPM, n.d.). En el proceso consultivo se abordaron temas de legitimidad, entendimiento cultural, participación amplia y consciente, continuidad, gradualidad, responsabilidad, transparencia, respeto, flexibilidad, conocimiento empresa-comunidad, confianza, no al paternalismo y motivación (Isaza, C., comunicación personal, octubre 4, 2021).

Mediante la consulta previa se identificaron las necesidades de la comunidad: “el abastecimiento de agua, generación de fuentes de empleo y el desarrollo de proyectos de pesca, artesanías, seguridad alimentaria, mejoramiento de la calidad de la educación y salud” (Isaza, C., comunicación personal, octubre 4, 2021). Para abordar esto, EPM construyó y mejoró la calidad de “varios jagüeyes y la planta desalinizadora de agua

que fue entregada al municipio, pero que hoy está siendo administrada por EPM a través de un convenio interadministrativo. De igual forma, se priorizó el mejoramiento de la infraestructura del centro etnoeducativo, se entregó dotación, al igual que al Centro de Salud aledaño al proyecto [y] se realizaron mejoramiento de viviendas, construcción de un espolón para el atracadero de las lanchas y mejoramiento de la práctica pesquera" (Isaza, C., comunicación personal, octubre 4, 2021).

Sin embargo, en el libro *El viento del este llega con revoluciones* se afirma que a la comunidad no se le compartió "la información técnica y financiera adecuada del proyecto y del negocio, donde se establece el pago de arriendo, el pago por 'tránsito e infraestructura' [donde] no establece distinción entre pago por el uso de la tierra, pago por compensaciones ambientales, pago por participación y gastos filantrópicos; la comunidad no tiene información sobre los bonos de carbón, ni sobre cuanto se recibe, ni cuál es el reparto o en razón de qué; no hace ninguna cuantificación de obligaciones anuales o periódicas con los dueños del territorio y las comunidades vecinas a los parques que tienen impactos; no valora los impactos culturales y a la vida en relación; [...] no establece ninguna relación con autoridades Wayúu en el conjunto del resguardo" (González Posso & Barney, 2019b).

Joanna Barney, coautora del libro antes mencionado, asegura que "[...] el gobierno nacional no les ha informado con claridad a las comunidades sobre lo que está en juego. Las compañías llegan directamente al territorio, ubican el sitio donde quieren construir el parque y comienzan a relacionarse con las rancherías [...] El Ministerio del Interior solo se ha dedicado a expedir los certificados en los que les informan a las empresas sobre las comunidades indígenas presentes en el territorio [...] Las comunidades se ven abocadas a enfrentar solas a grandes monstruos (empresas), sin ninguna asesoría" (Ochoa, 2020).

Hasta 2014, la población de La Guajira no había recibido ningún KW proveniente del Parque Eólico Jepírachi, y los servicios públicos eran de muy mala calidad, a pesar de que el paisaje del pueblo Wayúu está transformado drásticamente y la cultura de la comunidad está cada vez más amenazada (Contexto ganadero, 2014; EJAtlas, 2019). Sin embargo, EPM manifiesta que "las comunidades ven la presencia del parque eólico en su territorio como una oportunidad que contribuye al mejoramiento de su calidad de vida, a pesar de algunas dificultades que se han presentado a lo largo de 17 años de operación" (Isaza, C., comunicación personal, octubre 4, 2021). EPM explica que la falta de suministro de energía eléc-

trica para las comunidades en la zona del parque Jepírachi es porque sólo tienen permiso para la generación de energía, según la Comisión de Regulación de Energía y Gas –CREG– (Isaza, C., comunicación personal, octubre 4, 2021) y no para la transmisión, distribución y comercialización.

Por otro lado, a las comunidades no se les da apoyo con asesorías a la hora de la concertación con las empresas, y no existe “una normatividad que regule las fórmulas de pago a las comunidades y, más aún, en términos de un recurso renovable como el viento”, según Barney, no existe una remuneración proporcional a las ganancias que tienen las empresas. El líder Wayúu y expresidente de la Organización Nacional Indígena de Colombia (ONIC), Armando Custodio Wouriyu Valbuena, asegura que, a pesar de que las empresas realicen la consulta previa, el Estado no se asegura de que en el proceso participe toda la comunidad o que en este proceso se exponga la información transparentemente acerca del proyecto y la equidad de sus compensaciones (Ochoa, 2020).

A lo anterior, EPM responde que Jepírachi solamente es un “proyecto piloto y la inversión social no es proporcional con los ingresos obtenidos por la generación” (Isaza, C., comunicación personal, octubre 4, 2021).

A lo largo de casi dos décadas de operación del parque, especialmente el último año de pandemia que el turismo se vio interrumpido, “las necesidades de las comunidades se han centrado en el desarrollo de proyectos socioeconómicos que permitan el mejoramiento de ingresos y la seguridad alimentaria como la pesca y venta de artesanías, energía eléctrica y, en menor medida, el acceso a tecnologías de información y conectividad para la comercialización de sus artesanías. [...] [Para abordar estas necesidades] se abren espacios de diálogo y concertación con las comunidades para la definición de los proyectos que se priorizarán” (Isaza, C., comunicación personal, octubre 4, 2021).

EPM manifiesta que se están haciendo reuniones mensuales para tratar temas puntuales con la comunidad. Estos espacios no hacen ninguna distinción de género o edad; sin embargo, las mujeres no tienen mucha participación en los espacios donde se resuelven conflictos o definen asuntos importantes para el clan por costumbres Wayúu (Isaza, C., comunicación personal, octubre 4, 2021).



Conclusiones y recomendaciones

La transición energética en Colombia se ha planteado como un camino para lograr el objetivo de reducir el 51 % de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para 2030, y poder lograr la carbono-neutralidad en 2050. Esta transición ha avanzado rápidamente en los últimos años, lo que ha posicionado a Colombia como uno de los países líderes en la región. Para 2022 se espera contar con más del 12 % de participación de energías renovables no convencionales (ERNC) en la matriz eléctrica del país y, para 2023, una capacidad instalada de 4,5 GW. Las ERNC pueden lograr la mitigación de los impactos del cambio climático, mejorar las condiciones de las comunidades del territorio donde operan los proyectos mediante el acceso y soberanía energética, equilibrar los costos de producción y consumo de energía, así como también disminuir la vulnerabilidad del sistema energético actual.

Las conclusiones que podemos destacar de este estudio son las siguientes:

- La transición energética está dando los primeros pasos en la implementación de ERNC en el país, por lo que aún no se pueden identificar todos los impactos a nivel social y ambiental. Adicionalmente, no hay información consolidada de fuentes oficiales donde se puedan consultar, en detalle, los avances, desafíos y aprendizajes de esta.
- La matriz energética de Colombia se basa principalmente en la generación de energía a través de hidroeléctricas, debido a su alto potencial de pluviosidad e hidrografía. A pesar de definirse como una energía renovable, estudios revelan que las hidroeléctricas emiten GEI en su vida útil, han tenido impactos negativos socioambientales en su ejecución, y son vulnerables a las consecuencias del cambio climático, especialmente a fenómenos de sequías.

- En Colombia está aumentando el número de proyectos de energía que aprovechan las abundantes fuentes no convencionales del país, como los recursos solares y eólicos. Esto ha permitido proyectar una transformación de la matriz que, para 2018 solo contaba con el 1 % (menos de 0,03 GW) de cuota de energías renovables, pero que para 2023 se espera tenga una capacidad de 4,5 GW.
- Es necesario realizar estudios incluyendo a los diferentes actores (comunidades, implementadores, representantes locales, etc.) que participan en la implementación de ER, especialmente a las comunidades en el área de influencia que, generalmente, son las que más afectadas se ven en estos procesos. Esta información se debería obtener con el fin de evitar los errores e injusticias de los proyectos de energía tradicional, y empezar a promover una justicia social y ambiental en el país.
- A pesar de que se ha diseñado un marco regulatorio e institucional para encaminar esta transición, éste no asegura el fortalecimiento de la gobernanza ni la mejora de las condiciones de vida en el territorio, la divulgación de la información, y tampoco el trabajo conjunto con las entidades territoriales y las comunidades de las zonas de implementación. Especialmente, porque los lugares de implementación de proyectos son zonas donde existe presencia de grupos al margen de la ley, lo que dificulta el trabajo.
- Los proyectos de ERNC brindan una primera aproximación al aprovechamiento de los recursos locales, lo que da una esperanza en términos ambientales después de años de explotación de las fuentes de energía fósil del país. Sin embargo, estas alternativas limpias, más allá de brindar beneficios en la matriz energética, pueden tener implicar efectos sociales, ambientales y ecológicas que deben ser estudiados en detalle. Se debe tener en cuenta el contexto de cada lugar para evitar cometer los errores del pasado y propiciar una transición más allá de lo corporativo, en donde hay un cambio en la tecnología, pero no una vinculación de las comunidades locales en la planeación, construcción e implementación de los proyectos.
- A pesar de que la actualización de la NDC es más ambiciosa, los objetivos energéticos siguen siendo débiles para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París. Colombia necesita una acción más contundente y rápida. El gobierno pasado avanzó en la transición energética al impulsar inversiones en ER y promover la transición corporativa, sin embargo, su política también se alineó hacia la expansión de los



combustibles fósiles y la proliferación del gas, marcando un camino en contravía a los objetivos del Acuerdo. El nuevo gobierno ha mostrado una postura crítica ante la minería y la extracción petrolera a través del fracking y resalta la necesidad de poner en marcha estrategias para afianzar el proceso de descarbonización y el incremento en el uso de las energías renovables. Pero tiene retos económicos, de abastecimiento energético, de construcción de estrategias para la disminución progresiva del uso de combustibles fósiles y de lograr gobernanza de las energías renovables.

- Aunque Colombia adoptó una Estrategia a Largo Plazo (LTS) para alcanzar la neutralidad de carbono, aún presenta vacíos en medidas sólidas para evaluar las acciones de mitigación, sostenibilidad de iniciativas de mitigación y metas sectoriales, así como vacíos en cuanto a asegurar la gobernanza de los pueblos campesinos y étnicos, donde se están implementando los proyectos.
- En proyectos ya implementados, como el Parque Eólico Jepírachi y el Parque Pétalo de Córdoba, se identificaron algunas falencias durante el desarrollo del proyecto. Se ha detectado que las comunidades no están satisfechas con la presencia de las empresas ejecutoras en sus territorios, y se han generado y agudizado conflictos socioambientales por su operación.
- La evaluación según los criterios e indicadores del marco Energía Renovable para la Gente (REP por sus siglas en inglés), sólo se pudo realizar con la información obtenida en entrevistas virtuales y en fuentes secundarias, por el difícil acceso a la información y la inseguridad en las zonas de implementación de los proyectos. Además, varios criterios quedaron sin calificación porque no se adaptaban al contexto local o no eran aplicables. Esto hizo que el ejercicio de evaluación fuera difícil de efectuar y que su resultado deba profundizarse cuando se tenga la posibilidad de acceder a mayor información.

Adicionalmente, de este estudio surgieron varias recomendaciones para las diferentes instancias. En primer lugar, para las empresas que están implementando proyectos se recomienda mejorar la relación y el apoyo a las comunidades locales presentando un plan de trabajo detallado para cada fase, con transparencia, donde se resuelvan las inquietudes y se satisfagan las necesidades e intereses de la comunidad, con base en una consulta participativa y previa con los miembros de la comunidad. Para ello, es necesario que las autoridades nacionales participen como

un organismo regulador y de seguimiento efectivo para los proyectos energéticos, de modo que la transición energética se realice de manera justa para todas las partes implicadas.

En segundo lugar, para las autoridades locales y nacionales se recomienda que se lleve a cabo un análisis exhaustivo de cada proyecto para determinar si se está considerando el contexto y la participación de las comunidades locales en las diferentes fases, y así poder diversificar oportunidades y asegurar sus derechos. De otro lado, hacer seguimiento a la destinación del 1 % del valor de las inversiones, establecido en la legislación, para apoyar proyectos comunitarios del área de influencia. Se recomienda, además, consolidar la información a través de una base de datos pública en el sitio web oficial del Ministerio de Minas y Energía, para facilitar el acceso y el seguimiento de la información sobre energías renovables en el país.

Por su parte, la sociedad civil debe exigir la divulgación de información de forma transparente sobre el avance de la transición energética mediante la creación de órganos de supervisión ciudadana que puedan monitorizar y garantizar el desarrollo responsable de los proyectos. Esto, mientras que buscan la obtención de información in situ para verificar lo que mencionan tanto el gobierno nacional como las empresas, acerca de la implementación de estos proyectos.

Por último, se observó que la base para la calificación de indicadores del proyecto Energía Renovable para la Gente (REP) requiere detalles específicos, lo que dificulta su aplicación y hace que su calificación no sea tan rigurosa como se esperaría. En el caso colombiano, se basa en la percepción de las personas entrevistadas y los investigadores. Por esta razón, se recomienda que en estudios futuros se plantee una base más sencilla que permita tener resultados más cercanos a la realidad de Colombia y los países en vía de desarrollo, donde los proyectos no se manejan con esos niveles de especificidad.

Referencias

- Aguilar, M. A., Beltran, A., & Bonilla, N. (2020). *Climate action in Colombia through the Rights of Access to Information and Participation: Analyzing the Monitoring and Verification System of Climate Implementation in Colombia.*
- Alcalde, S. (2022). Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo. National Geographic España, 09 de mayo de 2022, 17:35. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo_14897
- Caceres, A. L., Jaramillo, P., Matthews, H. S., Samaras, C., & Nijssen, B. (2021). Hydropower under climate uncertainty: Characterizing the usable capacity of Brazilian, Colombian and Peruvian power plants under climate scenarios. *Energy for Sustainable Development*, 61(April), 217–229. <https://doi.org/10.1016/J.ESD.2021.02.006>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2018). *El Gobierno expidió un decreto para diversificar la matriz energética - Cluster de Energía Eléctrica.* Cámara de Comercio de Bogotá. <https://wwwccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Energia-Electrica>
- Cano, L. & Rodríguez, L. (2020). El impacto social de las energías limpias en comunidades vulnerables. La energía eólica en la comunidad zapoteca de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca. *Ambiente y Desarrollo*, 24(46). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-46.isel>
- Castaño-Gómez, M., & García-Rendón, J. J. (2020). Installed capacity of photovoltaic solar energy in Colombia: An analysis of economic incentives. *Lecturas de Economía*, 93, 23–64. <https://doi.org/10.17533/udea.1e.N93A338727>
- CDEC-SIC. (2013). Sistema Interconectado Nacional. *Celsia*, 1.

- Center for Climate and Energy Solutions. (n.d.). *Global Emissions*. Recuperado el 23 de mayo de 2021 de <https://www.c2es.org/content/international-emissions/>
- CEPAL. (2019). *Economics of climate change in Latin America and the Caribbean*. <https://www.cepal.org/en/work-areas/sustainable-development-and-human-settlements>
- Chubraeva, L., & Sergey, T. (2018). Project of Autonomous Power Plant with High-Temperature Superconductive Devices. *2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018*. <https://doi.org/10.1109/FarEastCon.2018.8602671>
- Climate Action Tracker. (2021, 1 de julio). *Colombia*. <https://climateactiontracker.org/countries/colombia/>
- Climate Watch. (n.d.). *Colombia. Nationally Determined Contribution (NDC)*. Recuperado el 18 de junio de 2021 de https://www.climatewatchdata.org/ndcs/country/COL/full?document=revised_first_ndc-EN&-query=7&searchBy=goal
- Collazos, A., Esquivel, C. L., & Paz, A. (2019). De los hidrocarburos a las energías renovables en Colombia. *Cultura Latinoamericana*, 29(1), 138–162. <https://doi.org/10.14718/CULTURALATINOAM.2019.29.1.6>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (n.d.). *Zonas no Interconectadas*. Recuperado el 9 de julio de 2021 de <https://www.creg.gov.co/sectores/energia-electrica/zonas-no-interconectadas>
- Congreso de la República de Colombia. (2020). Proyecto de Ley 365 de 2020. <https://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2021/03/PL-365-20-Transicion-Energetica.pdf>
- Contexto ganadero. (2014). *Jepírachi, el parque eólico que no le aporta energía a La Guajira*. <https://www.contextoganadero.com/regiones/jepirachi-el-parque-eolico-que-no-le-aporta-energia-la-guajira>
- Cortés, S., & Londoño, A. A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 375–390. <https://doi.org/10.18566/v25n38.a7>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (n.d.). *¿Qué es el Plan Nacional de Desarrollo?* Recuperado el 19 de junio de 2022 de <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Que-es-el-Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). Política de Crecimiento Verde - CONPES 3934. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3934.pdf>

- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). *Pacto por Colombia, pacto por la equidad - Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Retos, estrategias y metas.* <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-Resumen-2018-2022.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). CONPES 4075. Política de Transición Energética. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>
- Department of Energy. (n.d.-a). *Biopower Basics.* Recuperado el 23 de agosto de 2021 de <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/biopower-basics>
- Department of Energy. (n.d.-b). *Biofuel Basics.* Recuperado el 23 de agosto de 2021 de <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/biofuel-basics>
- Di Terlizzi, S., Gama, I., & Jaramillo, T. (2021). Transición Energética en Colombia: no necesariamente una realidad que se sustenta en el cambio climático. *Verba Iuris*, 17(46), 105-128. <https://doi.org/10.18041/0121-3474/verbaiuris.2.8493>
- E2050 Colombia. (n.d.). *Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia E2050.* Recuperado el 3 de septiembre de 2021 de <https://e2050colombia.com/>
- EIA. (2021). *World Energy Balances: Overview.* <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview/world>
- EJAtlas. (2019). *Parque eólico Jepirachi, Colombia.* <https://ejatlas.org/conflict/parque-eolico-jepirachi-colombia>
- Enel Green Power. (2019). *La planta fotovoltaica de El Paso en Colombia se ha puesto en marcha.* <https://www.enelgreenpower.com/es/medios/news/2019/04/planta-fotovoltaica-el-paso-colombia-puesto-marcha>
- Energía Estratégica. (2021). GWEC: América del Norte y Latinoamérica aumentaron las instalaciones de energía eólica en un 62% en 2020. <https://www.energiaestrategica.com/gwec-america-del-norte-y-latinoamericana-aumentaron-las-instalaciones-de-energia-eolica-en-un-62-en-2020/>
- Energía solar. (2019). *¿Qué es una central geotérmica?* <https://solar-energia.net/energias-renovables/energia-geotermica/central-geotermica>
- Energy Education. (n.d.). *Photovoltaic cell.* Recuperado el 6 de agosto de 2021 de https://energyeducation.ca/encyclopedia/Photovoltaic_cell
- EPM. (n.d.). *Parque Eólico Jepírachi.* <https://www.epm.com.co/site/home/nuestra-empresa/nuestras-plantas/energia/parque-eolico>

- Forbes Staff. (2020). Colombia recibió más de US\$5.000 millones de inversión extranjera en energías renovables. *Forbes Colombia*. <https://forbes.co/2020/12/09/economia-y-finanzas/colombia-recibio-mas-de-us5-000-millones-de-inversion-extranjera-en-energias-renovables/>
- Función Pública. (2017). *Decreto 348 de 2017*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=79793>
- Función Pública. (2018a). *Decreto 570 de 2018*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=85659>
- Función Pública. (2018b). *Ley 1931 de 2018*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765>
- Función Pública. (2019). *Ley 1955 de 2019*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>
- Giraldo, A., & Gómez, J. (2013). *Estrategia de Energía Sustentable y Biocombustibles para Colombia*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Estrategia-de-energia-sustentable-y-biocombustibles-para-Colombia-Resultados-cooperacion-tecnica-CO-T1250.pdf>
- Giraldo, M., Vacca Ramírez, R., & Urrego, A. (2018). Las Energías Alternativas ¿Una Oportunidad Para Colombia? *Punto de Vista*, 9(13). <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1117>
- Gobierno de Colombia. (2020). *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)*. 112. https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Colombia_First/NDC_actualizada_de_Colombia.pdf
- Gobierno de Colombia. (2021). *Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el Acuerdo de París*. MADS, DNP, Cancillería, AFD, Expertise France, & WRI (Eds.). https://unfccc.int/sites/default/files/resource/COL_LTS_Nov2021.pdf
- González Posso, C., & Barney, J. (2019a). ¿Transición-eólica-vrs-descarbonización en La Guajira? Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz - INDEPAZ.
- González Posso, C., & Barney, J. (2019b). *El viento del Este llega con revoluciones*. Multinacionales y transición con energía eólica en territorio Wayúu. Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz - INDEPAZ. <http://www.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2019/04/EL-VIENTO-DEL-ESTE-LLEGA-CON-REVOLUCIONES-INDEPAZ.pdf>

- Gualteros, M. V., & Hurtado, E. (2013). Revisión de las regulaciones e incentivos para el uso de las energías renovables en Colombia. *Juridicas*, 10, 209–224. [http://juridicas.ucaldas.edu.co/downloads/Juridicas10\(1\)_13.pdf](http://juridicas.ucaldas.edu.co/downloads/Juridicas10(1)_13.pdf)
- Gubinelli, G. (2019). *El Gobierno de Colombia aprobó 90 proyectos por más de 6 GW para que puedan competir en la subasta de energías renovables - Energía Estratégica*. <https://www.energiaestrategica.com/el-gobierno-de-colombia-aprobo-90-proyectos-por-mas-de-6-gw-para-que-puedan-competir-en-la-subasta-de-energias-renovables/>
- Gubinelli, G. (2021). *Exclusivo: Los 37 proyectos de energías renovables que se inaugurarán este año en Colombia - Energía Estratégica*. <https://www.energiaestrategica.com/exclusivo-los-37-proyectos-de-energias-renovables-que-se-inaugurararan-en-colombia-este-ano/>
- Global Wind Energy Council (GWEC) (2021). GWEC | *Global Wind Report 2021*. <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf>
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería. (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia* (Tercera Co). <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería. (2018). *Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)*. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia. http://www.ideam.gov.co/documents/24277/77448440/PNUD-IDEAM_2RBA.pdf
- IEA. (2021). *Electricity Market Report*.
- IRENA. (n.d.-a). *Benefits*. Recuperado el 13 de agosto de 2021 de <https://www.irena.org/benefits>
- IRENA. (n.d.-b). *Hydropower*. Recuperado el 6 de agosto de 2021 de <https://www.irena.org/hydropower>
- IRENA. (n.d.-c). *Solar energy*. Recuperado el 6 de agosto de 2021 de <https://www.irena.org/solar>
- IRENA. (n.d.-d). *Geothermal energy*. /Geothermal. Recuperado el 10 de agosto de 2021 de <https://www.irena.org/geothermal>
- IRENA. (n.d.-e). *Ocean energy*. Recuperado el 11 de agosto de 2021 de <https://www.irena.org/ocean>

- IRENA. (n.d.-f). *Bioenergy*. Recuperado el 12 de agosto de 2021 de <https://www.irena.org/bioenergy>
- IRENA. (n.d.-g). *Energy profile - Colombia*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de https://www.irena.org/IRENADocuments/Statistical_Profiles/South_America/Colombia_South_America_RE_SP.pdf
- IRENA. (n.d.-h). *Wind energy*. Recuperado el 21 de agosto de 2021 de <https://www.irena.org/wind>
- IRENA. (2017). Geothermal Power: Technology Brief, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. In *Transition to Renewable Energy Systems* (Issue September). <https://doi.org/10.1002/9783527673872.ch18>
- IRENA. (2019a). *Future of Wind - Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*. www.irena.org/publications
- IRENA. (2019b). Latin America and the Caribbean Announce Ambitious New Renewables Target. <https://www.irena.org/newsroom/articles/2019/Dec/Latin-America-and-the-Caribbean-Announce-Ambitious-New-Renewables-Target>
- IRENA. (2020a). Regional Trends. <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Regional-Trends>
- IRENA. (2020b). *OLADE and IRENA Put Renewables at Heart of Economic Recovery in Latin America and Caribbean*. <https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2020/Jul/OLADE-and-IRENA-Put-Renewables-at-Heart-of-Post-Pandemic-Economic-Recovery>
- IRENA. (2020c). *Recycle: Bioenergy*. August, 76. <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Recycle-Bioenergy>
- IRENA. (2021a). Renewable Capacity Statistics 2021. In *International Renewable Energy Agency*. <https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021>
- IRENA. (2021b). *OFFSHORE An action agenda for deployment*.
- Kulasekara, H., & Seynulabdeen, V. (2019). A review of geothermal energy for future power generation. *5th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, 26–28. <https://doi.org/10.1109/icaee48663.2019.8975470>
- LEDS -Global Partnership. (2019). *RELAC: Latin America and the Caribbean's historic commitment towards renewable energy*. https://leds-gp.org/2019/12/latin-america-and-the-caribbeans-historic-commitment-towards-renewable-energy/?loclang=en_gb

- Maradin, D. (2021). Advantages and Disadvantages of Renewable Energy Sources Utilization. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(3), 176–183. <https://doi.org/10.32479/ijep.11027>
- Medina R., S., & Vanegas C., A. K. (2018). Energías renovables un futuro óptimo para Colombia. *Punto de Vista*, 9(13). <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1120>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2014). *MRV System of Colombian Low Carbon Development Strategy*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018a). *Resolución 1447 de 2018*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/15.-Resolucion-1447-de-2018.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018b). Ley 1931 de 2018. *Ley 1931 de 2018*, 53(9). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2020). *Colombia reducirá en un 51% sus emisiones de gases efecto invernadero para el año 2030*. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/colombia-reducira-en-un-51-sus-emisiones-de-gases-efecto-invernadero-para-el-ano-2030/#:~:text=Bogot%C3%A1%2C%202026%20de%20noviembre%20de,pa%C3%ADs%20para%20el%20a%C3%B3o%202030>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2021a). *Impacto del Cambio Climático en Colombia*. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/457-plantilla-cambio-climatico-13>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2021b). *Planes Sectoriales de Mitigación*. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=470:plantilla-cambio-climatico-26>
- Ministerio de Minas y Energía. (n.d.). *Así avanza la Nueva Energía*. Recuperado el 13 de septiembre de 2021 de <https://www.minenergia.gov.co/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). *Plan de acción de mitigación del sector energético energía eléctrica antecedentes*.
- Ministerio de Minas y Energía. (2016a). *Invierta y Gane con Energía - Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014* (p. 28). http://ccep.co/attachments/article/424/ccep_invista-y-gane-con-energia.pdf

- Ministerio de Minas y Energía. (2016b). *Resolución 41286 de 2016*. http://www1.upme.gov.co/Documents/Resolucion_41286_de_2016_PROURE.pdf
- Ministerio de Minas y Energía. (2019a). *Resolución 40590 de 2019*. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/48155-res.+4+0590+del+9-7-20192019-07-09-120048+%281%29.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (2019b). *La transición energética de Colombia*. Memorias del Congreso.
- Ministerio de Minas y Energía. (2021a). *Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia*. www.laimprentaeditores.com
- Ministerio de Minas y Energía. (2021b). *Misión de transformación energética*. <https://www.minenergia.gov.co/cartilla-mision-transformacion-energetica>
- Ministerio de Minas y Energía. (2021c). *PIGCCme 2050*. https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24309752/PIGCCme+2050_vf.pdf/6bf-8dd94-4d38-4d68-b8b0-79d0efafe7c6
- Ministerio de Minas y Energía. (2021d). *Hoja de ruta del hidrógeno en Colombia*. https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24309272/Hoja+Ruta+Hidrogeno+Colombia_2810.pdf
- Ministerio de Minas y Energía. (2021e). *Resolución número 40350 de 2021*. <https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/2021/11/Resolucion-N0040350-de-2021.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (2021f). *Presidente Iván Duque sancionó la Ley de Transición Energética*. <https://www.minenergia.gov.co/historico-de-noticias?idNoticia=24297172>
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). *Informe de Empalme entre Gobiernos Nacionales*. https://img.lalr.co/cms/2022/07/26223230/30-06-22_Informe-de-Empalme-Ministerio-Minas-y-Energia-VF.pdf
- Ministerio de Minas y Energía & UPME. (2015). Integración de las Energías Renovables No Convencionales en Colombia. http://www1.upme.gov.co/DemandaNergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf
- Mohammad, A., Mirzaei, V., Mirhabibi, M., & Dehghani, P. (2015, abril). Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages. *American Journal of Energy Science*, 2(2), 17–20. <http://www.openscienceonline.com/journal/energy>

- Moragues, J., & Rapallini, A. (2004). *Aspectos ambientales de la energía eólica*, 1–10. http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/32bib_arch.pdf
- Ochoa, M. (2020). Energía eólica: un tema de alto voltaje para los wayú. *Semana*. <https://www.semana.com/impacto/articulo/energia-eolica-un-tema-de-alto-voltaje-para-los-wayu/47189/>
- OECD. (2014). *Colombia Highlights | 2014* (Issue September 2013).
- OLADE & GWEC. (2020). *Procesos competitivos para el financiamiento de proyectos de energías renovables*. www.olade.org
- Ortúzar, F. (2014). Desmantelando el mito de las grandes represas. AIDA. <https://aida-americas.org/es/blog/desmantelando-el-mito-de-las-grandes-represas>
- Paucar, M. & Amancha, P. (2015). *Estimación de emisiones de metano producidas por embalses de las centrales hidroeléctricas en Ecuador*. 12º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, Guayaquil, 10 a 13 de noviembre de 2015.
- Pelfini, A., Fulquet, G., & Beling, A. (Eds.). (2012). *La energía de los emergentes: Innovación y cooperación para la promoción de las energías renovables en el Sur Global* (Editorial).
- Planas, M. A., & Cárdenas, J. C. (2019, 26 de marzo). *La matriz energética de Colombia se renueva*. <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/>
- Portafolio. (2019). *Inauguran el parque solar más grande de Colombia*. <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/inauguran-el-parque-solar-mas-grande-de-colombia-528264>
- Portafolio. (2020, 20 de febrero). El Paso, con problemas para operación normal. *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/el-paso-con-problemas-para-operacion-normal-538313>
- Registraduría Nacional del Estado Civil. (n.d.). *Consultas populares: mecanismo de participación creado por la Ley 134 de 1994- Registraduría Nacional del Estado Civil*. Recuperado el 26 de julio de 2021 de <https://www.registraduria.gov.co/Consultas-populares-mecanismo-de.html>
- Rico, G. (2018). Hidroeléctricas en Colombia: entre el impacto ambiental y el desarrollo. *Mongabay*. <https://es.mongabay.com/2018/06/hidroelectricas-colombia-hidroituango/>

- Ritchie, H., & Roser, M. (2021). Energy mix. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/energy>
- Rodríguez-Lechuga, D. (n.d.). *Potencial de Energías Renovables en La Guajira: importancia y desafíos de la transición energética*. Recuperado el 23 de agosto de 2021 de <https://crudotransparente.com/2021/04/14/potencial-de-energias-renovables-en-la-guajira-importancia-y-desafios-de-la-transicion-energetica/>
- Rubio, M. del M., & Tafunell, X. (2014). Latin American hydropower: A century of uneven evolution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38(October), 323-334. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.068>
- Soler, J. P. (2021). *Energías Comunitarias: Oportunidades y Desafíos en Colombia*.
- Universidad Externado de Colombia. (n.d.). *Retos y desafíos de la transformación energética en Colombia*. Recuperado el 23 de septiembre de 2021 de <https://www.uexternado.edu.co/derecho/retos-y-desafios-de-la-transformacion-energetica-en-colombia/>
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2016). Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022. Ministerio de Minas y Energía, pp. 1–157. http://www.upme.gov.co/SeccionDemandada/Normatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2019a). *Boletín estadístico de minas y energía 2000-2013*. UPME. www.minergia.gov.co/retie
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2019b). *Metodología y resultados de la estimación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica*. http://www.siel.gov.co/siel/portals/0/Piec/Metodologia_ICEE_2018_correccionDic30.pdf
- UPME & Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Plan Energético Nacional 2020-2050*. https://www.eltiempo.com/uploads/files/2021/09/23/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf
- UPME & Ministerio de Minas y Energía. (2021). PEN 2020-2050. Unidad de Planeación Minero Energética.
- Vasconcelo-Sampaio, P. G., & Aguirre-González, M. O. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(July), 590-601. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081>
- Vergara, W., Finch, M., Langer, P., Studart, R., & Keneally, S. (2021). *Colombia Shows Leadership in the Race Against Climate Change*. Worlds Resour-

- ces Institute. <https://www.wri.org/insights/colombia-shows-leadership-race-against-climate-change>
- Wang, S., & Wang, S. (2015). Impacts of wind energy on environment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 437–443. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.137>
- Wicke, B. (2014). Palm oil as a case study of distal land connections. In *Rethinking global land use in an urban era* (pp. 163–181). MIT Press.
- Wockner, G. (s.f.). La bomba de metano de las hidroeléctricas de la que nadie quiere hablar. <https://waterkeeper.org/magazines/summer-2015-3/la-bomba-de-metano-de-las-hidroelectricas-de-la-que-nadie-quiere-hablar>
- WWEA. (2010). *World Wind Energy Report 2009*. http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/sleiter2/docs/worldwindenergyreport2009_s.pdf



Anexo

Tabla
Matriz de proyectos energéticos en Colombia

#	Proyecto	Tecnología	Creación	Capacidad instalada (MW)	Ubicación	Encargado
1	Andrea Jusayu (Cerrito)	Eólica	2023	378	Uribia, La Guajira	Desarrollos Eólicos Uribia
2	Autogeneración Sabana S.A.S.	Biomasa	2019	0,43	Rionegro, Santander	Extractora Sabana S.A.S.
3	Bosque de los Llanos I	Solar	2021	27,2	Puerto Gaitán, Meta	Trina Solar y Matrix Renewables
4	Bosque Solares Los Llanos II	Solar	2021	27,2	Puerto Gaitán, Meta	Trina Solar y Matrix Renewables
5	Bosque Solares Los Llanos III	Solar	2021	27,2	Puerto Gaitán, Meta	Trina Solar y Matrix Renewables
6	Carulla Oviedo	Solar	s.d.	0,123	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
7	Celsia Solar Bolívar	Solar	2018	8,06	Santa Rosa de Lima, Bolívar	Celsia
8	Celsia Solar Espinal	Solar	2020	9,9	El Espinal, Tolima	Celsia
9	Celsia Solar Yumbo	Solar	2017	9,8	Yumbo, Valle del Cauca	Epsa, filial de Celsia
10	Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada (CTMA)	Solar	2020	44	Antioquia	Ministerio de Minas y Energía & Sena
11	Chemesky	Eólica	2022	99	La Guajira	Enel Green Power
12	Ecoparque Aipe	Solar	2021	8,3	Aipe, Huila	Ecopetrol
13	Ecoparque Brisas	Solar	2021	8,3	Yaguará y Aipe, Huila	Ecopetrol
14	Ecoparque del Río	Solar	2021	3	Yondó, Antioquia	Ecopetrol
15	Ecoparque Magdalena	Solar	2021	3	Cantagallo, Bolívar	Ecopetrol
16	Ecoparque Ocelote	Solar	2021	14	Puerto Gaitán, Meta	Hocol
17	Ecoparque Yaguará	Solar	2021	8,3	Yaguará, Huila	Ecopetrol
18	Energía Solar Autogás Fla	Solar	s.d.	0,00972	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
19	EO200i	Eólica	2023	201	Uribia, La Guajira	EPM
20	Estación Castilla 3	Solar	2021	s.d.	Castilla La Nueva, Meta	Ecopetrol
21	Generación de energía eléctrica a partir de cascarilla de arroz	Biomasa	2019	0,35	Piedras, Tolima	FEDERAL S.A.S.
22	La Orquídea	Solar	2022	200	Santa Rosa, Bolívar	La Orquídea Solar
23	La Sierra Solar	Solar	2021	200	Antioquia	
24	Leo Solar I	Solar	2023	19,9	San Juan del Cesar, La Guajira	LEO SOLAR SAS
25	Leo Solar II	Solar	2023	80	San Juan del Cesar, La Guajira	LEO SOLAR SAS
26	Makro Lindalana	Solar	s.d.	0,129	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
27	Parque Castilla Solar	Solar	2019	21	Castilla la Nueva, Meta	AES Colombia
28	Parque de generación eólica Omega	Eólica	2023	300	Maicao, La Guajira	Omega Energía SAS ESP
29	Parque de generación Fotovoltaica Altamira	Solar	2021	200,13	Altamira, Huila	Parque Solar Colombia III
30	Parque de generación Fotovoltaica Santa Teresa	Solar	2021	200	La Guajira	
31	Parque eólico Acacia	Eólica	2022	80	Maicao, La Guajira	Begonia Power
32	Parque eólico Alpha	Eólica	2022	212	Maicao, La Guajira	EDP Renováveis
33	Parque eólico Apotolorru	Eólica	2022	75	Uribia, La Guajira	AES Colombia
34	Parque eólico Beta	Eólica	2022	280	Maicao, La Guajira	EDP Renováveis
35	Parque eólico Camelia	Eólica	2022	250	Uribia, La Guajira	Begonia Power

#	Proyecto	Tecnología	Creación	Capacidad instalada (MW)	Ubicación	Encargado
36	Parque eólico Carrizal	Eólica	2022	195	Uribia, La Guajira	AES Colombia
37	Parque eólico Casa eléctrica	Eólica	2022	180	Uribia, La Guajira	AES Colombia
38	Parque eólico El Ahumado	Eólica	2022	50	Riohacha, La Guajira	Guajira Eólica I S.A.S
39	Parque eólico Guajira I	Eólica	2021	20	Uribia, La Guajira	Isagen
40	Parque eólico Guajira II	Eólica				Isagen
41	Parque eólico Irraipa	Eólica	2022	99	Uribia, La Guajira	AES Colombia
42	Parque eólico Jepírachi	Eólica	2004	19,5	Cabo de la Vela y Puerto Bolívar, La Guajira	Empresas Públicas de Medellín (EPM)
43	Parque eólico Jotomana	Eólica	2022	99	Uribia, La Guajira	AES Colombia
44	Parque eólico María	Solar	2021	200	La Guajira	
45	Parque eólico Patomana			200	Uribia, La Guajira	Enel Green Power
46	Parque eólico Ricaurte	Eólica	2022	125	Samacá y Sora, Boyacá	AES Colombia
47	Parque eólico Tumawind	Eólica	2022	208	La Guajira	Enel Green Power
48	Parque eólico Wakuipa	Eólica	2024	200	Uribia, La Guajira	Parque Eólico Wakuipa S.A.S.
49	Parque eólico Warepet				Uribia, La Guajira	
50	Parque eólico Windpeshi	Eólica	2022	200	La Guajira	Enel Green Power
51	Parque fotovoltaico Valle Negro	Solar	2021	200	Montelíbano, Córdoba	Due Capital Services S.A.S
52	Parque San Juan	Eólica	2022	103,2	Fonseca, La Guajira	SJ Renovables Wind 1 S.A.S. E.S.P
53	Parque solar Bayunca 1	Solar	2020		Cartagena de Indias, Bolívar	Promoenercol y Egal
54	Parque solar Colombina	Solar			Santander de Quilichao	CEO y Grupo Empresarial Colombina
55	Parque solar Cuestecitas	Solar	2024	600	La Guajira	
56	Parque solar El Paso	Solar	2019	86,2	Cesar	Enel Green Power
57	Parque solar Flotante	Solar	s.d.	0,09936	Guatapé, Antioquia	SER-Colombia
58	Parque solar fotovoltaico El Copey	Solar	2024	200	El Copey, Cesar	SOWITEC Operation Colombia S.A.S.
59	Parque solar fotovoltaico Guayacanes	Solar	2020	200	Puerto Boyacá, Boyacá	Fotovoltaico Los Guayacanes S.A.S.
60	Parque solar fotovoltaico Perales	Solar	2022	200	Ocaña, Norte de Santander	TW Solar
61	Parque solar fotovoltaico Pétalo de Córdoba	Solar	2020	9,9	Planeta Rica, Córdoba	GreenYellow
62	Parque solar Guayepo	Solar	2023	400	Ponedera, Atlántico	Enel Green Power
63	Parque solar Khiron	Solar	2020	1	Doima, Tolima	Khiron Life Sciences & ReFeel
64	Parque solar La Loma	Solar	2022	173,2	Cesar	Enel Green Power
65	Parque solar San Fernando	Solar	2021	59	Castilla La Nueva, Meta	AES Colombia
66	Parque solar San Juan	Solar	2022	70	San Juan del Cesar, La Guajira	Parque Solar Fotovoltaico San Juan S.A.S.
67	Parque solar Wimke	Solar	2023	76	San Juan del Cesar, La Guajira	Parque Solar Fotovoltaico WIMKE S.A.S.
68	Planta de biogás MR PIG	Biomasa	2019	0,03	Honda, Tolima	MR PIG DE COLOMBIA SAS
69	Planta eólica Jehová	Eólica	2024	9,9	Maicao, La Guajira	COLGEOLICA S.A.S.
70	Planta eólica La Manita	Eólica	2024	9,9	Maicao, La Guajira	COLGEOLICA S.A.S.
71	Planta eólica Noé	Eólica	2024	9,9	Maicao, La Guajira	COLGEOLICA S.A.S.
72	Planta fotovoltaica solar Guardientera – PV	Solar	2023	181,25	El Molino, La Guajira	AMBENER S.A.S
73	Proyecto de generación de energía eólica Elipse	Eólica	2023	200	Maicao, La Guajira	Elipse Energía SAS ESP
74	Proyecto de generación de energía eólica KAPPA	Eólica	2024	500	Uribia, La Guajira	Kappa Energía SAS ESP
75	Proyecto Villanueva	Biomasa	2021	25	Villanueva, Casanare	SPV Villanueva S.A.S.

#	Proyecto	Tecnología	Creación	Capacidad instalada (MW)	Ubicación	Encargado
76	Puerta de Oro	Solar	2021	300	Guaduas y Chaguaní, Cundinamarca	Parque Solar Puerta De Oro S.A.S
77	Punta Cocos	Solar	2021	362,25	La Guajira	
78	San Juan solar	Solar	2021	100	San Juan del Cesar, La Guajira	SJ Renovables SUN 1 S.A.S. E.S.P
79	San Martín Energy Green	Eólica	2022	300	Piojo, Atlántico	San Martin Energy Green
80	Sebastosol	Solar	2022	700	Santander	
81	Sistema Aislado de 2 kWp Estación de Servicio Colibrí	Solar	s.d.	0,002	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
82	Sistema de Energía Solar Aislado 1 kWp	Solar	s.d.	0,001	Rionegro, Antioquia	SER-Colombia
83	Sistema de Energía Solar Aislado 1,25 kWp	Solar	s.d.	0,00125	Alto de las palmas, Antioquia	SER-Colombia
84	Sistema de Energía Solar Aislado 500 Wp	Solar	s.d.	0,0005	Apartadó, Antioquia	SER-Colombia
85	Sistema de Energía Solar Aislado 750 Wp	Solar	s.d.	0,00075	La Vega, Cundinamarca	SER-Colombia
86	Sistema de Energía Solar Centro Comercial Mercurio	Solar	s.d.	0,254	Soacha, Cundinamarca	SER-Colombia
87	Sistema de Energía Solar de 49,68 kWp en Talsa	Solar	s.d.	0,04968	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
88	Sistema de energía Solar De los Andes Cooperativa	Solar	s.d.	0,09936	Andes, Antioquia	SER-Colombia
89	Sistema de Energía Solar en Avinal S.A	Solar	s.d.	0,261	Sabanalarga, Atlántico	SER-Colombia
90	Sistema de Energía Solar en Bosi	Solar	s.d.	0,09	Itagüí, Antioquia	SER-Colombia
91	Sistema de Energía Solar en EDS Autogas Santa Marta	Solar	s.d.	0,00972	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
92	Sistema de Energía Solar en EDS Autogas Aguacatala	Solar	s.d.	0,04968	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
93	Sistema de Energía Solar en EDS Autogas Castilla	Solar	s.d.	0,04968	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
94	Sistema de Energía Solar en EDS Autogas Coltejer	Solar	s.d.	0,03564	Itagüí, Antioquia	SER-Colombia
95	Sistema de Energía Solar en EDS Autogas Mobil Sur	Solar	s.d.	0,00972	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
96	Sistema de Energía Solar en EDS Autogas Texaco 28	Solar	s.d.	0,00972	Bogotá, Cundinamarca	SER-Colombia
97	Sistema de Energía solar en El Tesoro	Solar	s.d.	0,42336	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
98	Sistema de Energía Solar en Estra	Solar	s.d.	0,09936	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
99	Sistema de Energía Solar en Hacienda Mandalay	Solar	s.d.	0,0081	Villa María, Caldas	SER-Colombia
100	Sistema de Energía Solar en la empresa Allers Group	Solar	s.d.	0,0621	Cali, Valle del Cauca	SER-Colombia
101	Sistema de Energía Solar en Ladrillera	Solar	s.d.	0,09936	Medellín, Antioquia	SER-Colombia

#	Proyecto	Tecnología	Creación	Capacidad instalada (MW)	Ubicación	Encargado
102	Sistema de Energía Solar en Suratex	Solar	s.d.	0,06588	Envigado, Antioquia	SER-Colombia
103	Sistema de Energía Solar en Tercol de 45,36 kWp	Solar	s.d.	0,04536	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
104	Sistema de Energía Solar Híbrido de 4,5 kWp	Solar	s.d.	0,0045	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
105	Sistema Fotovoltaico Aislado 1 kWp	Solar	s.d.	0,001	Valledupar, Cesar	SER-Colombia
106	Sistema Fotovoltaico Interconectado 8 kWp	Solar	s.d.	0,008	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
107	Sistema Fotovoltaico Interconectado de 5,4 kWp	Solar	s.d.	0,0054	Cali, Valle del Cauca	SER-Colombia
108	Sistema Fotovoltaico para Contenedores	Solar	s.d.	0,00216	Envigado, Antioquia	SER-Colombia
109	Sistema Interconectado de 32,4 kWp	Solar	s.d.	0,0324	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
110	Sistema Interconectado de 6 kWp	Solar	s.d.	0,006	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
111	Sistema Solar Interconectado en EcoPark Antioquia	Solar	s.d.	0,003	Envigado, Antioquia	SER-Colombia
112	Trailer solar de 6 kWp	Solar	s.d.	0,006	Medellín, Antioquia	SER-Colombia
113	Viva Envigado	Solar	s.d.	0,451	Envigado, Antioquia	SER-Colombia
114	Viva Wajira	Solar	s.d.	0,129	Riohacha, La Guajira	SER-Colombia

Fuente: elaboración propia.

s.d. = sin dato.

