

Hoja de ruta para el despliegue de comunidades energéticas en Colombia

Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección del Clima,
Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE



Interfaz



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Hoja de ruta para el despliegue de comunidades energéticas en Colombia

Esta publicación es apoyada por el Proyecto Interfaz IKI, implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y sus contrapartes colombianas, por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección del Clima, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMUKN) en el marco de la Iniciativa Climática Internacional (IKI)

Las ideas vertidas en imagen y texto son responsabilidad exclusiva de los autores, para cualquier duda o aclaración relacionada con el contenido, favor remitirse directamente a los mismos.

Como empresa federal, la GIZ asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für

Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la Sociedad

Bonn y Eschborn, Alemania

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Proyecto Interfaz IKI

Sören Kirstein, director Proyecto Interfaz IKI

Andres Oliveros, coordinador técnico
Proyecto Interfaz IKI

Carolina Nocua, asesora transición energética justa
Proyecto Interfaz IKI

Laura María García, asesora comunicaciones
Proyecto Interfaz IKI

Calle 125 # 19-24
Bogotá, Colombia
www.giz.de/en/es/colombia
E info@giz.de
l www.giz.de/en

Autores:
IFCAYA S.A.S

Diseño/diagramación:
PuntoAparte editores

Fotografías:
Ministerio de Minas y Energía de Colombia
shutterstock.com

Por encargo de:
Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección del Clima,
Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania
(BMUKN)
Colombia, 2025

Identificación de los territorios con mayor potencial para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia.

Diciembre de 2024

Contrato No:83473572 Creado por: IFCAYA S.A.S

Por encargo de:



de la República Federal de Alemania




Interfaz



Contenido

1	Introducción	6	5	Tipos de Comunidades energéticas	64
			5.1	Colombia	66
			5.2	Latinoamérica y Estados Unidos	68
			5.3	Unión Europea	70
2	Contexto internacional	10	6	Propuesta de fortalecimiento a los tipos de comunidades energéticas en Colombia	74
3	Normatividad colombiana en el marco de comunidades energéticas	30	7	Mecanismos de participación	78
	3.1 Cambio Climático	34		7.1 Mecanismos de participación a nivel internacional	82
	3.2 Transición Energética	34		7.2 Mecanismos regulados a nivel nacional	86
	3.3 Comunidades energéticas	36		7.3 Mecanismos de participación para Comunidades Étnicas	86
				7.4 Mecanismos de participación para Comunidades Energéticas	87
				7.5 Propuestas de mecanismos a utilizar en Colombia	88
4	Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia	38		Anexos	92
	4.1 Metodología de determinación de potencial para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia	42		Referencias	96
	Calibración de variables				
	Variables cuantitativas				
	Variables cualitativas				
	4.2 Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas	48			
	Potencial energía solar fotovoltaica				
	Potencial energía eólica				
	Potencial energía hidráulica				
	Potencial energía biomasa animal y vegetal				

Introducción



Las comunidades energéticas constituyen una forma innovadora de organización colectiva orientada a transformar la manera en que se genera, gestiona y consume energía. Mediante la asociación de ciudadanos, empresas y entidades locales, estas iniciativas fomentan el uso de tecnologías renovables como la energía solar, eólica y biomasa, buscando garantizar el acceso a fuentes limpias y sostenibles, reducir la dependencia de combustibles fósiles y fortalecer las economías locales. Además de su impacto ambiental, las comunidades energéticas promueven principios de equidad y democracia energética, fortaleciendo la participación ciudadana y la cohesión social. Este modelo ha sido un pilar central en la transición energética de países como Alemania, Dinamarca y el Reino Unido, donde la descentralización energética ha permitido aumentar la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas energéticos.

A nivel global, la formulación de hojas de ruta ha sido fundamental para estructurar y fomentar el desarrollo de comunidades energéticas. Países como Chile, Brasil y España han diseñado marcos normativos que facilitan el autoconsumo colectivo, la financiación participativa y la gestión comunitaria de proyectos energéticos. Estas estrategias han demostrado beneficios significativos, incluyendo la autosuficiencia energética, la reducción de emisiones de carbono y una mayor inclusión social, ofreciendo modelos replicables y adaptables a otros contextos.

En Colombia, el contexto socioeconómico y geográfico plantea desafíos únicos para la implementación de comunidades energéticas. A pesar de los avances normativos recientes, como el Decreto 2236 de 2023 “Por el cual se adiciona al Decreto 1073 de 2015

con el fin de reglamentar parcialmente el artículo 235 de la Ley 2294 de 2023 del Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026 en lo relacionado con las Comunidades Energéticas en el marco de la Transición Energética Justa en Colombia”, la Resolución 40137 “Por la cual se definen los criterios de focalización para la orientación de recursos públicos con destino a Comunidades Energéticas” y la Resolución 40136 “Por la cual se crea el Registro Único de Comunidades Energéticas - RUCE”, persisten barreras relacionadas con la falta de mecanismos claros de implementación, limitada coordinación interinstitucional y desafíos técnicos en zonas no interconectadas. Estas circunstancias hacen imperativa la formulación de una hoja de ruta que considere las particularidades del país, establezca estrategias específicas y articule esfuerzos entre los sectores público, privado y comunitario.

El presente documento propone una hoja de ruta para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia, basada en experiencias internacionales exitosas y adaptada a las condiciones locales. La propuesta aborda aspectos a nivel normativo: revisión de normatividad existente; técnico: la identificación de los territorios con mayor potencial para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia; tipos de comunidades energéticas y mecanismos de participación de la sociedad, con el objetivo de promover una transición energética inclusiva y sostenible. Este enfoque no solo busca, ampliar el acceso a energía en las regiones más vulnerables, sino también generar impactos positivos en términos de sostenibilidad ambiental, cohesión social y desarrollo económico regional.

Contexto internacional




A nivel internacional, se han desarrollado hojas de ruta para guiar la implementación de comunidades energéticas y fomentar la transición hacia sistemas energéticos sostenibles y resilientes en distintas regiones del mundo. La Tabla 1 consolida un conjunto de hojas de ruta internacionales. Cada hoja de ruta se adapta a contextos específicos, incluyendo Canadá, la Unión Europea, Irlanda, Italia y España, reflejando enfoques diversos que responden a las particularidades locales en términos de recursos, regulaciones y participación comunitaria.

Estas estrategias están estructuradas en metodologías detalladas que incluyen fases de desarrollo, desde proyectos piloto hasta la adopción a gran escala de tecnologías de energía renovable. A través de indicadores clave de desempeño (KPIs), se


monitorean aspectos fundamentales como la reducción de emisiones de carbono, la generación de empleo, la autosuficiencia energética y la participación inclusiva de la comunidad. Adicionalmente, se emplean herramientas de optimización y modelado energético, como redes inteligentes, sistemas de almacenamiento y simulaciones predictivas, que permiten maximizar el aprovechamiento de los recursos renovables y asegurar la eficiencia en el suministro de energía.

Esta recopilación ofrece una visión comparativa de las mejores prácticas, los indicadores de éxito y los desafíos comunes que enfrentan las regiones en la transición hacia un modelo energético sostenible, con comunidades energéticas como pilar central.


Tabla 1. Hojas de ruta en el contexto internacional.

<div> Canadá¹</div>		
<p>Fase I: Inicios Rápidos para Impactos Tempranos (2010– 2015): Impulsa proyectos piloto y demostrativos para obtener resultados iniciales, sentando las bases para la adopción a largo plazo.</p> <p>Fase II: Aceleración (2016– 2020): Incluye el desarrollo de políticas, programas y regulaciones que favorezcan la implementación amplia de Integrated Community Energy Solutions (ICES), incentivando la inversión privada y la investigación.</p> <p>Fase III: Adopción a Gran Escala (2020–2050): Fomenta el desarrollo de la próxima generación de tecnologías ICES y su implementación generalizada en las comunidades.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Hoja de Ruta	Optimización y modelado
<p>Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Evaluación de las emisiones reducidas en relación con los objetivos nacionales y provinciales. Se utiliza una combinación de inventarios de emisiones y modelos de proyección para medir las emisiones actuales y estimar las reducciones asociadas con la implementación de soluciones energéticas.</p> <p>Generación de Energía Renovable Local: Cantidad de energía generada a partir de fuentes renovables dentro de cada comunidad. Se mide de manera directa la cantidad de energía generada a través de sistemas renovables locales, como paneles solares, turbinas eólicas, y biomasa.</p> <p>Mejoras en la Eficiencia Energética: Medición de la eficiencia energética lograda en edificios, transporte y otros sectores locales. Se identifican, cuantifican y estiman consumos energéticos para determinar mejoras porcentuales en la eficiencia de sistemas existentes.</p> <p>Impacto Económico Local: Se mide el impacto económico en términos de empleos creados, inversiones locales, y ahorros generados por las mejoras energéticas debido a la implementación de ICES.</p>	<p>Colaboración Intergubernamental y Comunitaria: La implementación de ICES requiere cooperación entre el gobierno federal, provincial, y municipal, además de asociaciones con el sector privado y organizaciones comunitarias.</p> <p>Optimización de Recursos Locales: La hoja de ruta sugiere aprovechar recursos locales, como biomasa y energía solar, en combinación con redes de distribución de energía térmica y eléctrica.</p> <p>Enfoque en la Autosuficiencia y la Seguridad Energética: Los ICES están diseñados para hacer que las comunidades sean menos dependientes de fuentes externas, mejorando la resiliencia ante fluctuaciones de precios de la energía.</p>	<p>Uso de Tecnologías de Energía Distribuida: La implementación de redes de energía distribuida, almacenamiento de energía y gestión de energía térmica y eléctrica optimiza el uso local y reduce la dependencia de la red nacional.</p> <p>Herramientas de Monitoreo y Simulación: Se recomienda el uso de herramientas de simulación y sistemas de monitoreo en tiempo real para gestionar la demanda y oferta energética de manera eficiente.</p> <p>Integración de Sectores: El enfoque integrado incluye la energía para transporte, edificios, servicios comunitarios y gestión de residuos, maximizando las sinergias entre sectores y mejorando el rendimiento general.</p>

1. Council of Energy Ministers. (2009). Integrated Community Energy Solutions – A Roadmap for Action. <https://natural-resources.canada.ca/homes/about-integrated-community-energy-solutions/integrated-community-energy-solutions-roadmap-for-action/6541>


<div> Unión Europea²</div>		
<p>Desarrollo de marcos normativos y de políticas que fomenten el crecimiento de las comunidades energéticas “Learning-by-doing” (aprendizaje mediante la práctica), que implica la creación de un marco legal temporal y mínimo que se va ajustando conforme se adquiere experiencia.</p> <p>Este enfoque incluye cinco bloques fundamentales (building blocks):</p> <p>Definición clara de comunidades energéticas Comunidades de Energía Renovable (RECs, por sus siglas en inglés) y Comunidades de Energía Ciudadana (CECs, por sus siglas en inglés): Establecimiento de criterios y principios de elegibilidad.</p> <p>Acceso a información y concienciación: Creación de canales de información para ciudadanos y actores interesados.</p> <p>Acceso a financiamiento: Disponibilidad de recursos financieros y adaptación de los esquemas de apoyo a las características de las comunidades energéticas.</p> <p>Condiciones regulatorias mínimas: Implementación de normas experimentales o “regulatory sandboxes” para actividades emergentes.</p> <p>Sistema de registro y monitoreo: Registro y evaluación de proyectos piloto para identificar barreras y facilitar retroalimentación.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Hoja de Ruta	Optimización y modelado
<p>Reducción de barreras: Medición de la eficacia de las políticas en reducir obstáculos legales y de acceso a recursos. En el contexto europeo, los ejemplos incluyen el uso de sandboxes regulatorios y marcos legales iterativos que se ajustan con el tiempo para facilitar la adopción de proyectos piloto (ver Building Blocks).</p> <p>Número de comunidades energéticas establecidas: Conteo directo de nuevas comunidades energéticas activas, con sistemas de monitoreo y registro (Actividad y sostenibilidad a largo plazo de las comunidades).</p> <p>Participación ciudadana: Nivel de involucramiento de la ciudadanía y actores locales. se utilizan encuestas de percepción, conteos de eventos comunitarios y la proporción de ciudadanos que participan en proyectos energéticos. Además, herramientas como portales interactivos (mapas digitales de potencial energético) facilitan la transparencia y el involucramiento, como se observó en Italia y Bélgica.</p> <p>Autonomía y control comunitario: Evaluación del cumplimiento de principios de proximidad, autonomía y control efectivo por parte de la comunidad, evitando la captura corporativa. En Europa, ejemplos incluyen estatutos legales que limitan la participación corporativa y establecen sistemas de votación igualitaria (“una persona, un voto”) para decisiones clave.</p>	<p>Fomenta una participación inclusiva y democrática en las comunidades energéticas.</p> <p>Incluye recomendaciones para la creación de proyectos piloto que permitan probar el marco regulatorio inicial y ajustar las políticas a partir de los resultados obtenidos.</p> <p>Promueve la colaboración entre los actores nacionales y locales para facilitar el despliegue y sostenibilidad de las comunidades energéticas.</p>	<p>Uso de pilotos y regulaciones experimentales que permiten probar y ajustar políticas y prácticas.</p> <p>La implementación de un sistema de monitoreo y retroalimentación permite recopilar datos de las comunidades energéticas activas, optimizar el marco regulatorio y mejorar la efectividad de las políticas aplicadas.</p>

2. European Commision. (2024). A Roadmap to Developing a Policy and Legal Framework That Enables the Development of Energy Communities. <https://circabc.europa.eu/ui/group/8f5f9424-a7ef-4dbf-b914-1af1d12ff5d2/library/27392344-e8be-40f9-97ec-9d0a25ad4a42/details>


<div> Unión Europea³</div>		
Metodología		
<p>Estudio de Viabilidad: Caracteriza a los usuarios y dimensiona los sistemas energéticos en función de recursos renovables disponibles, evaluando beneficios energéticos, económicos, ambientales y sociales para asegurar la viabilidad del proyecto.</p> <p>Agregación de Miembros: Clasifica a los miembros en productores, consumidores y prosumidores, establece la estructura legal de la comunidad y busca financiamiento y subvenciones para asegurar el respaldo financiero.</p> <p>Fase Operativa: Instala y pone en marcha sistemas de conversión de energía, ajustando el suministro de acuerdo con los datos de consumo real para maximizar la eficiencia.</p> <p>Gestión Continua: Implementa un proceso continuo de mantenimiento y optimización, revisando el rendimiento del sistema y ajustando el uso de recursos energéticos para garantizar su eficiencia y sostenibilidad.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Hoja de Ruta	Optimización y modelado
<p>Energía: consumo energético total, la producción de energía renovable, la tasa de autosuficiencia energética y el porcentaje de energía renovable consumida dentro de la comunidad.</p> <p>Economía: ahorro en costos de energía, la rentabilidad de la inversión (ROI), el coste de operación y mantenimiento, y los beneficios económicos directos e indirectos para la comunidad.</p> <p>Medio Ambiente: las reducciones en emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, la eficiencia energética general y el impacto en la reducción de residuos o uso de suelo en comparación con sistemas energéticos convencionales.</p> <p>Sociedad:</p> <p><i>La creación de empleos locales:</i> Cantidad de empleos creados durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento de las plantas de energía renovable.</p> <p><i>La satisfacción de los miembros de la comunidad:</i> Se analizan factores como la participación en la toma de decisiones, el acceso a información y los beneficios percibidos, utilizando herramientas cualitativas (encuestas y entrevistas) para la recolección de datos.</p> <p><i>La reducción de la pobreza energética:</i> El principal indicador es el índice del 10%, que relaciona los costos energéticos con los ingresos totales de los hogares. Este indicador evalúa si los costos de energía superan el 10% de los ingresos familiares, señalando condiciones de pobreza energética.</p>	<p>Beneficios: Desde un punto de vista energético, se incrementa la autosuficiencia y se reduce la dependencia de la red externa. En términos sociales, se promueve la inclusión y se reducen las desigualdades energéticas. A nivel ambiental, se minimiza la huella de carbono y se fomenta un uso sostenible de los recursos.</p> <p>Sostenibilidad a Largo Plazo: La hoja de ruta destaca que la sostenibilidad del proyecto depende de una combinación de aspectos técnicos, financieros y sociales. Se busca asegurar que la comunidad energética pueda operar a largo plazo, adaptándose a las necesidades cambiantes de sus miembros y ajustándose a los avances tecnológicos.</p>	<p>iHOGA/MHOGA (Hybrid Optimization by Genetic Algorithms): Optimización Híbrida mediante Algoritmos Genéticos⁴, diseñada para sistemas eléctricos de energías renovables, desde unos pocos vatios hasta sistemas de megavatios. Este sistema puede incorporar varios componentes, como sistemas solares, turbinas eólicas, hidroeléctricas y baterías.</p>

3. Esposito, Paolo et al. (2024). A roadmap for the implementation of a renewable energy community. Heliyon, Volume 10, Issue 7, e28269. [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)04300-7?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844024043007%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)04300-7?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844024043007%3Fshowall%3Dtrue)

4. Un algoritmo es una serie de pasos organizados que describe el proceso que se debe seguir, para dar solución a un problema específico. Un algoritmo genético (o AG para abreviar) es una técnica de programación inspirada en la reproducción de los seres vivos y que imita a la evolución biológica como estrategia para resolver problemas de optimización. En general, los algoritmos genéticos (AGs) son parte de la llamada inteligencia artificial; es decir, la resolución de problemas mediante el uso de programas de computación que imitan el funcionamiento de la inteligencia natural. Autor Conogasi. (2018). Algoritmos genéticos. 2024, Diciembre 6, Conogasi.org Sitio web: <https://conogasi.org/articulos/algoritmos-geneticos/>

<div> Unión Europea, LIFE Programme European Commission⁵</div>		
Metodología		
<p>Colaboración con autoridades locales: Identificar sinergias y objetivos compartidos entre las comunidades energéticas y los gobiernos locales, promoviendo una participación temprana de las autoridades para construir una relación de cooperación.</p> <p>Formación del equipo de liderazgo: Se establece un equipo representativo de todos los interesados en la comunidad energética, con enfoque en la equidad de género y la inclusión de actores gubernamentales.</p> <p>Análisis del contexto local: Incluye la evaluación del entorno geográfico, economía local, indicadores de pobreza energética y las capacidades energéticas actuales y potenciales, como energías renovables disponibles y eficiencia energética.</p> <p>Desarrollo de una visión compartida: Definición de principios orientadores y desarrollo de una visión común que refleje las prioridades locales, como la seguridad energética y la minimización de impactos ambientales.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Hoja de Ruta	Optimización y modelado
<p>Reducción de emisiones de CO₂: Medición en toneladas de CO₂ evitadas.</p> <p>Porcentaje de energía renovable en el consumo total de la comunidad.</p> <p>Nivel de autosuficiencia energética: Cuantificación del porcentaje de energía local generada respecto al consumo.</p> <p>Costo de energía: Comparación de los costos de energía en la comunidad energética versus los costos de red.</p> <p>Participación comunitaria: Niveles de involucramiento y compromiso de la población local en el proyecto:</p> <ol style="list-style-type: none">Se enfatiza la importancia de identificar a los residentes, organizaciones, gobiernos locales y empresas que podrían estar involucrados en la transición energética.Se examinan los incentivos que motivan a cada grupo a participar en el proyecto de la comunidad energética.Se sugiere desarrollar un plan de comunicación para transmitir la visión del proyecto a todos los actores relevantes, esto incluye organizar eventos abiertos a la comunidad.Se propone vincular objetivos, estrategias y acciones específicas con las habilidades e incentivos identificados para cada parte interesada.Se requiere monitoreo regular y ajustes según las necesidades de la comunidad.	<p>Empoderamiento comunitario y sostenibilidad: Promueve la inclusión y el beneficio económico para los miembros de la comunidad, priorizando una distribución equitativa de los beneficios energéticos.</p> <p>Alivio de la pobreza energética: Foco en la integración de hogares en situación de pobreza energética en el proyecto, buscando hacer la energía accesible y económica.</p> <p>Educación y sensibilización: Fomenta la creación de programas de capacitación y la participación activa de la comunidad en la transición energética.</p>	<p>Mapeo GIS y estudios de viabilidad: Se utilizan Sistemas de Información Geográfica (GIS) y estudios de factibilidad para identificar y analizar el potencial de energías renovables locales, incluyendo herramientas como PVGIS para recursos solares y el New European Wind Atlas para viento.</p> <p>Auditorías de eficiencia energética: Evaluaciones en sectores residenciales e industriales para identificar mejoras en el uso de energía.</p> <p>Simulaciones y algoritmos de control inteligente: Implementación de modelos predictivos para la gestión de la demanda energética, así como sistemas de almacenamiento que optimizan la utilización de recursos energéticos locales.</p>

5. Electra Energy Cooperative. LIFE LOOP – Energy Community Roadmap Guide (2022-2025). https://energy-cities.eu/wp-content/uploads/2024/07/Roadmap_EN.docx

<div> Irlanda (Kerry)⁶</div>		
Metodología		
<p>Evaluación de Recursos y Consumo: Se analiza la demanda energética de Kerry, así como su dependencia de combustibles fósiles, estableciendo un inventario de emisiones de CO₂ y de gasto energético.</p> <p>Modelado de Escenarios: Usando la herramienta EnergyPLAN, se modelaron varios escenarios de transición, comparando el “Business as Usual” con el escenario de energía renovable al 100%. Esto incluyó la integración de sistemas eléctricos, térmicos y de transporte en un esquema equilibrado de oferta y demanda.</p> <p>Cooperativas Energéticas Comunitarias (REScoops): Se promueve el desarrollo de cooperativas para asegurar la participación comunitaria en la generación y propiedad de proyectos renovables.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Hoja de Ruta	Optimización y modelado
<p>Reducción de CO₂: Se espera una reducción de emisiones de hasta 1 millón de toneladas de CO₂ anuales para 2030.</p> <p>Ahorro en Combustibles Fósiles: Reducción significativa de la dependencia de combustibles fósiles, lo que evitaría que el gasto energético salga de la economía local.</p> <p>Creación de Empleo Local: Proyección de hasta 2,700 nuevos empleos en construcción y mantenimiento de infraestructura renovable.</p>	<p>Autosuficiencia y Sostenibilidad Local: El modelo propuesto asegura que Kerry pueda satisfacer su demanda energética de forma independiente y sostenible.</p> <p>Apoyo a la Participación Comunitaria: La hoja de ruta fomenta modelos cooperativos de energía comunitaria, siguiendo principios de propiedad democrática y participación local en la transición energética.</p> <p>Transición Económica: Propuesta de inversión de €1.8 mil millones, compensada por la eliminación del gasto en combustibles fósiles, fortaleciendo la economía local y generando ahorros a largo plazo.</p>	<p>Integración de Energía Eólica y Biomasa: La energía eólica cubriría hasta el 45% de la demanda, mientras que la biomasa se emplearía como fuente de energía térmica y en redes de calefacción comunitaria.</p> <p>Uso de Tecnología Inteligente: Sistemas inteligentes y tecnologías de almacenamiento (como vehículos eléctricos y bombas de calor) permiten la adaptación al suministro intermitente de renovables.</p> <p>Balance y Resiliencia Energética: El uso de herramientas de simulación garantiza que el sistema mantenga el equilibrio entre la generación y el consumo, maximizando la eficiencia de las fuentes renovables locales.</p>

6. Transition Kerry (2014).Transition Kerry’s Sustainable Energy Community Roadmap <http://www.transitionkerry.org/wp->

<div> Italia⁷</div>		
Metodología		
<p>PDCA (Plan-Do-Check-Act)</p> <p>Planificación (Plan): Se identifican los recursos locales, se analiza la viabilidad técnica y se evalúan las condiciones socioeconómicas.</p> <p>Implementación (Do): Incluye la construcción de la infraestructura energética y la integración de la comunidad a través de esquemas de participación ciudadana y propiedad compartida.</p> <p>Monitoreo (Check): Se revisan los resultados obtenidos con indicadores clave para asegurar que se cumplan los objetivos y se mantenga la estabilidad operativa.</p> <p>Acción y Mejora (Act): Se ajustan los parámetros y procedimientos en función de los resultados obtenidos, incorporando lecciones aprendidas para futuras aplicaciones.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Hoja de Ruta	Optimización y modelado
<p>Social: Indicadores de inclusión, reducción de pobreza energética, satisfacción de los miembros de la comunidad y beneficios sociales.</p> <p>Económico: Costos de inversión, tasa de retorno de la inversión (ROI), costos de operación y mantenimiento, y eficiencia económica.</p> <p>Ambiental: Emisiones de CO₂ reducidas, eficiencia energética, consumo de energía renovable y huella de carbono.</p>	<p>Participación Local y Propiedad Compartida: La hoja de ruta destaca la importancia de involucrar a la comunidad local, no solo como usuarios, sino como coproductores de energía (prosumidores), permitiéndoles participar activamente en la gobernanza del proyecto.</p> <p>Fomento de la Inclusión Social: Se incluye un enfoque hacia la reducción de la pobreza energética, asegurando que las familias en situación de vulnerabilidad también tengan acceso a la energía generada.</p> <p>Apoyo Financiero y Regulador: Se establecen incentivos financieros, como exenciones fiscales, para reducir las barreras económicas y fomentar la adopción de proyectos de comunidades energéticas.</p>	<p>Programación Lineal Entera Mixta (MILP): Empleada para optimizar la capacidad de generación y almacenamiento de energía, ajustando variables para maximizar el autoconsumo y minimizar la dependencia de la red externa.</p>

7. Cutore, E.; Fichera, A.; Volpe, R. A. (2023). Roadmap for the Design, Operation and Monitoring of Renewable Energy Communities in Italy. Sustainability, 15, 8118. <https://doi.org/10.3390/su15108118>

<div> Vitoria- Gasteiz, España⁸</div>		
Metodología		
<p>Sensibilización y Captación Ciudadana: Se inicia con una campaña para despertar el interés y atraer a los ciudadanos, empresas, y entidades públicas. Esto incluye actividades de sensibilización y la creación de un “grupo promotor” que impulsa la iniciativa.</p> <p>Preparación y Empoderamiento: La segunda fase involucra la formación de grupos de trabajo y el empoderamiento de los interesados para liderar el desarrollo de la Comunidad de Energía Renovable (CER), compartiendo conocimientos sobre el modelo de comunidad energética.</p> <p>Creación Formal de la CER: Incluye la definición de la forma jurídica de la comunidad energética (como cooperativa o asociación) y la formulación del proyecto energético específico.</p> <p>Puesta en Marcha de Proyectos Energéticos: Finalmente, se implementan los proyectos energéticos planificados, con la incorporación continua de nuevos miembros y la gestión operativa de la CER.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Hoja de Ruta	Optimización y modelado
<p>Participación y Expansión de Socios: Número de ciudadanos y empresas que se unen como socios activos de la CER.</p> <p>Producción de Energía Renovable: Cantidad de energía generada localmente a través de fuentes renovables, y su proporción respecto al consumo total de la comunidad.</p> <p>Reducción de la Pobreza Energética: Número de hogares que acceden a energía renovable a precios accesibles y disminuyen su vulnerabilidad energética.</p> <p>Impacto Social y Ambiental: Beneficios sociales, como la creación de empleos locales y la reducción de la huella de carbono en la comunidad por la implementación del proyecto.</p>	<p>Inclusión y Participación Democrática: La hoja de ruta destaca la importancia de la participación inclusiva y democrática en la toma de decisiones dentro de la CER, asegurando el acceso igualitario a la energía.</p> <p>Apoyo de las Instituciones Públicas: Se recomienda la colaboración con el ayuntamiento, que puede facilitar la infraestructura y promover el modelo de comunidad energética en la región.</p> <p>Uso de Recursos Locales y Cooperación entre Ciudad y Campo: La estrategia se enfoca en aprovechar los recursos disponibles a nivel local, fomentando una red de cooperación entre áreas urbanas y rurales para maximizar el acceso a fuentes de energía renovable.</p>	<p>Autoconsumo Colectivo: Implementación de sistemas de autoconsumo compartido para optimizar el uso de la energía producida localmente, con opciones de compensación y venta de excedentes.</p> <p>Redes de Calor y Movilidad Sostenible: desarrollo de redes de calor comunitarias y soluciones de movilidad sostenible más allá del uso del vehículo eléctrico.</p> <p>Financiación Ética y Crowdfunding: Fomenta la obtención de financiamiento mediante banca ética⁹ y plataformas de crowdfunding para asegurar la sostenibilidad financiera del proyecto.</p>

Fuente: Construcción propia.

8. Servicio de Sostenibilidad, Clima y Energía Departamento de Territorio y Acción por el Clima. Vitoria-Gasteizko Udala. (2022). Comunidades energéticas. El poder de las personas. <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/46/95/94695.pdf>

9. La banca ética es una iniciativa surgida como alternativa a la banca tradicional, cuyo principal objetivo es dar un nuevo enfoque a las prácticas y los servicios que se prestan desde las entidades financieras basadas en sus beneficios para la sociedad. La aparición de este nuevo enfoque obedece a una mayor conciencia de ahorradores e inversores que abogan por un sistema financiero responsable, transparente y que, sobre todo, responda a las necesidades de desarrollo humano y social.


La Tabla 2 presenta una serie de guías para la formulación e implementación de comunidades energéticas en el contexto internacional, abarcando experiencias en África Subsahariana, Europa, Italia, el Mediterráneo, España, y América Latina (México, Chile y Brasil). Cada guía establece metodologías específicas adaptadas a las realidades locales, destacando la participación ciudadana, la sostenibilidad energética y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles.

En particular, las guías de México, Chile y Brasil abordan el desarrollo de cooperativas de energía y estrategias energéticas locales. En México, se enfatiza la creación de cooperativas de energía sustentable con un modelo de gobernanza democrática que optimiza el ahorro de costos. Chile promueve Estrategias Energéticas Locales que, a través de diagnósticos energé-


ticos comunales, impulsan la participación comunitaria y el uso de energías renovables. En Brasil, el enfoque se centra en cooperativas de generación distribuida en áreas rurales, con un aprovechamiento destacado de la energía solar y una fuerte inclusión social.

En conjunto, estas guías presentan una base integral para el desarrollo de comunidades energéticas, abarcando indicadores de desempeño clave (como la reducción de emisiones de CO₂, la autosuficiencia energética y la creación de empleo) y proponiendo soluciones tecnológicas avanzadas, como redes inteligentes y almacenamiento de energía. Esta recopilación ofrece una referencia valiosa de mejores prácticas y desafíos en la transición hacia sistemas energéticos inclusivos y sostenibles.


Tabla 2. Guías para la creación e implementación de comunidades energéticas en el contexto internacional.

<div> África Subsahariana¹⁰</div>		
Metodología		
<p>Participación y Codiseño Comunitario: La propuesta central es el uso de enfoques participativos, incluyendo la participación comunitaria y el codiseño de proyectos, para enfrentar los retos de acceso energético en África Subsahariana.</p> <p>Transición a la Democracia Energética: Se considera que las comunidades energéticas son una vía hacia la justicia energética, promoviendo la gobernanza democrática y la participación ciudadana en la generación y consumo de energía.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Guía	Optimización y modelado
<p>Reducción de la Pobreza Energética: Número de hogares que logran acceso a energía a través de proyectos comunitarios.</p> <p>Participación y Gobernanza Democrática: Nivel de participación de la comunidad en el liderazgo y toma de decisiones de los proyectos.</p> <p>Sostenibilidad y Reducción de Emisiones: Impacto ambiental de los proyectos en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.</p>	<p>Desafíos y Barreras Estructurales: Se identifican obstáculos significativos como la falta de apoyo institucional, financiamiento inadecuado y limitaciones técnicas y regulatorias que dificultan la implementación de proyectos energéticos comunitarios.</p> <p>Apoyo Institucional y Marco Regulatorio: resalta la necesidad de un entorno de políticas favorables y el soporte institucional para el éxito de estos proyectos en SSA.</p>	<p>Micro-redes y Sistemas Descentralizados: La optimización se logra principalmente a través de sistemas de energía descentralizados como micro-redes, que permiten la producción y el consumo local de energía renovable.</p> <p>Codiseño y Participación de Múltiples Actores: codiseño con la comunidad y actores locales como una estrategia para superar los retos y adaptar los proyectos a las necesidades específicas de cada región.</p>


10. Ambole, A.; Koranteng, K.; Njoroge, P.; Luhangala, D.L. (2021). A Review of Energy Communities in Sub-Saharan Africa as a Transition Pathway to Energy Democracy. Sustainability, 13, 2128. <https://doi.org/10.3390/su13042128>

<div>Brasil¹¹</div>		
Metodología		
<p>Sensibilización y Movilización: Promueve la concienciación sobre los beneficios de la generación distribuida y la organización cooperativa, incentivando la participación comunitaria.</p> <p>Estudios de Viabilidad: Realiza análisis técnicos y económicos para evaluar la factibilidad del proyecto, considerando recursos solares disponibles, demanda energética y retorno de inversión.</p> <p>Constitución Legal de la Cooperativa: Proporciona orientaciones sobre los procedimientos legales para la formalización de la cooperativa, incluyendo estatutos y registros necesarios.</p> <p>Implementación del Proyecto: Detalla los pasos para la instalación de sistemas fotovoltaicos, gestión operativa y mantenimiento de las instalaciones.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Guía	Optimización y modelado
<p>Capacidad de Generación Instalada: Medición de la potencia instalada en kilovatios (kW) de los sistemas fotovoltaicos implementados.</p> <p>Reducción de Costos Energéticos: Evaluación del ahorro en las facturas de electricidad de los miembros de la cooperativa.</p> <p>Número de Miembros de la Cooperativa: Cantidad de personas o entidades que participan activamente en la cooperativa.</p> <p>Impacto Ambiental: Reducción de emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero como resultado de la generación de energía renovable.</p>	<p>Fomento de la Inclusión Social y Económica: La guía enfatiza la importancia de las cooperativas como herramientas para el desarrollo local, promoviendo la inclusión de pequeños productores y comunidades rurales en el sector energético.</p> <p>Adaptación al Marco Regulatorio Brasileño: Proporciona orientaciones específicas sobre cómo navegar las regulaciones nacionales relacionadas con la generación distribuida y las cooperativas.</p> <p>Sostenibilidad y Autonomía Energética: Promueve la independencia energética de las comunidades, reduciendo la dependencia de fuentes externas y fortaleciendo la resiliencia local.</p>	<p>Herramientas de Simulación y Planificación :uso de software especializado para dimensionar los sistemas fotovoltaicos y prever la producción energética, asegurando una planificación adecuada.</p> <p>Monitoreo y Gestión de la Producción: Instaura sistemas de monitoreo continuo para evaluar el desempeño de las instalaciones y realizar ajustes que optimicen la generación y el consumo de energía.</p>


11. Organización de las Cooperativas Brasileñas (OCB) y Confederación Alemana de Cooperativas (DGRV). Guía para la Constitución de Cooperativas de Generación Fotovoltaica Distribuida. <https://www.dgrv.coop/es/publicaciones-2/cooperativas-en-la-transicion-energetica-de-brasil/>

<div>Chile¹²</div>		
Metodología		
<p>Diagnóstico Energético: Análisis de la situación energética actual de la comuna, identificando consumos, fuentes de energía y potenciales locales.</p> <p>Definición de Visión y Objetivos: Establecimiento de una visión compartida y objetivos específicos en materia energética, alineados con las necesidades y aspiraciones de la comunidad.</p> <p>Plan de Acción: Diseño de un conjunto de acciones concretas para alcanzar los objetivos propuestos, incluyendo proyectos de energías renovables, medidas de eficiencia energética y programas de educación y sensibilización.</p> <p>Implementación y Seguimiento: Ejecución de las acciones planificadas y establecimiento de mecanismos de monitoreo y evaluación para asegurar el cumplimiento de las metas.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Guía	Optimización y modelado
<p>Reducción del Consumo Energético: Medición de la disminución en el consumo de energía en la comuna tras la implementación de las acciones propuestas.</p> <p>Incremento en la Generación de Energía Renovable: Evaluación de la cantidad de energía generada a partir de fuentes renovables locales.</p> <p>Participación Ciudadana: Número de actores locales involucrados en las iniciativas energéticas y nivel de compromiso de la comunidad.</p> <p>Impacto Económico Local: Creación de empleos y desarrollo económico derivado de los proyectos energéticos implementados.</p>	<p>Participación Activa de la Comunidad: La guía enfatiza la importancia de involucrar a la ciudadanía en todas las etapas del proceso, desde la planificación hasta la ejecución y seguimiento de las acciones.</p> <p>Adaptabilidad y Flexibilidad: Se reconoce la diversidad de realidades comunales en Chile, por lo que la metodología es adaptable a diferentes contextos y necesidades locales.</p> <p>Fomento de la Eficiencia Energética y Energías Renovables: Se promueve la implementación de proyectos que contribuyan a la sostenibilidad energética y ambiental de las comunas.</p>	<p>Herramientas de Diagnóstico y Planificación: La guía sugiere el uso de herramientas y metodologías para realizar diagnósticos energéticos precisos y elaborar planes de acción efectivos.</p> <p>Monitoreo y Evaluación Continua: Se recomienda establecer sistemas de seguimiento que permitan evaluar el desempeño de las acciones implementadas y realizar ajustes necesarios para optimizar los resultados.</p>

12. Agencia de Sostenibilidad Energética. (2021). Guía Metodológica para el Desarrollo de Estrategias Energéticas Locales. https://comunaenergetica.cl/wp-content/uploads/2021/07/Guia_EEL_vCarta.pdf

<div> España¹³</div>		
Metodología		
<p>Dinamización: En esta fase inicial, se generan actividades para captar socios y difundir la idea. Esto incluye la formación de un “grupo motor” que lidera el proyecto y organiza reuniones y eventos para asegurar la participación comunitaria.</p> <p>Estudios de Viabilidad: Se realizan estudios técnicos y económicos, además de un análisis de viabilidad legal, para definir las actividades de la comunidad y sus costos.</p> <p>Formalización Jurídica: La guía propone modelos legales, tales como cooperativas o asociaciones, que sean adecuados para la gobernanza de una comunidad energética.</p> <p>Ejecución y Gestión: Esta fase incluye la implementación de las infraestructuras energéticas y la gestión diaria de la comunidad, que abarca aspectos técnicos, financieros y de relación con los socios.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Guía	Optimización y modelado
<p>Reducción del Consumo Energético Fósil: Monitoreo de la disminución en el uso de fuentes fósiles, con metas específicas de ahorro energético.</p> <p>Número de Participantes y Satisfacción: Nivel de participación de la comunidad, satisfacción de los socios y número de nuevos socios involucrados.</p> <p>Ahorro Económico: Medición del ahorro en las facturas de energía de los socios de la comunidad energética.</p> <p>Impacto Social y Ambiental: Número de hogares beneficiados con energía renovable y reducción de la huella de carbono.</p>	<p>Flexibilidad en los Modelos de Organización: Se detallan opciones de modelos jurídicos como asociaciones, cooperativas y sociedades limitadas, adaptables según el contexto y necesidades de cada comunidad.</p> <p>Acceso a subvenciones y financiación pública: La guía menciona el acceso a subvenciones nacionales y europeas, y cómo aprovechar estas oportunidades para financiar proyectos comunitarios de energía.</p> <p>Participación Inclusiva y Social: Énfasis en la inclusión de colectivos vulnerables, fomentando una participación equitativa en la comunidad energética.</p>	<p>Herramientas de Gestión Energética: uso de plataformas de monitoreo y gestión de energía que permitan a los participantes hacer seguimiento de sus consumos y la generación de energía renovable.</p> <p>Autoconsumo Colectivo y Almacenamiento: Propuestas para optimizar el uso de la energía generada a nivel local mediante instalaciones fotovoltaicas colectivas y sistemas de almacenamiento que aumenten la autonomía energética.</p> <p>Uso de Energías Renovables: Se incluyen recomendaciones para instalaciones solares, eólicas y otras fuentes de energía limpia, de acuerdo con la disponibilidad de recursos en cada comunidad.</p>

13. Red Española de Ciudades por el Clima. Recomendaciones para poner en marcha una comunidad energética local. <https://redciudadesclima.es/sites/default/files/2023-03/Guia%20Comunidad%20Energetica.pdf>

<div> España (Comarcas del Vallès Occidental y el Vallès Oriental, Barcelona)¹⁴</div>		
Metodología		
<p>Fase de Promoción:</p> <p>Identificación de Actores y Oportunidades: Se recomienda involucrar a diversos actores locales, como administraciones públicas, pymes, ONGs, y ciudadanía en general.</p> <p>Herramientas de Difusión: Esta fase incluye la realización de talleres informativos, uso de materiales de comunicación (carteles, folletos, campañas en redes sociales), y sesiones informativas para fomentar el interés y la participación en la comunidad energética.</p> <p>Fase de Creación:</p> <p>Formación del Grupo Motor: La guía sugiere crear un grupo de liderazgo inicial compuesto por ciudadanos y representantes locales interesados en llevar adelante el proyecto.</p> <p>Definición del Proyecto: Esta etapa incluye el diseño del proyecto energético (como la elección de tecnología y la determinación de objetivos) y la identificación de modelos de participación comunitaria, como autoconsumo compartido o asociaciones de usuarios.</p> <p>Elección de la Figura Jurídica: La comunidad energética puede constituirse como una cooperativa, asociación, o consorcio público-privado, lo cual depende del alcance del proyecto y de los actores involucrados. Este aspecto legal es crucial para definir la gobernanza y la gestión futura de la Comunidad Energética Local (CEL).</p> <p>Fase de Operación y Gestión:</p> <p>Constitución Legal y Ejecución del Proyecto: Formalización de la comunidad energética, instalación de infraestructura renovable (como paneles solares) y puesta en marcha de las actividades de generación y consumo energético.</p> <p>Gestión Continua: Una vez operativa, la CEL debe contar con un sistema de gestión que permita la monitorización del rendimiento energético, el mantenimiento de instalaciones, y la optimización del uso de la energía generada.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Guía	Optimización y modelado
<p>Reducción de la Pobreza Energética: Se mide la cantidad de hogares que reducen su gasto energético mediante la participación en comunidades energéticas.</p> <p>Participación y Satisfacción de la Comunidad: Nivel de participación ciudadana y grado de satisfacción de los miembros de la comunidad.</p> <p>Generación de Empleo Local: Seguimiento del empleo generado en el ámbito local gracias a los proyectos energéticos.</p> <p>Producción y Consumo de Energía Renovable: Medición del porcentaje de energía renovable producida y autoconsumida a nivel local.</p>	<p>Uno de los modelos promovidos es el de autoconsumo colectivo, donde los miembros de una CEL pueden compartir la energía generada en instalaciones comunitarias.</p> <p>Este modelo se facilita mediante coeficientes de reparto horario que optimizan el consumo en función de la demanda de cada miembro.</p>	<p>Oficinas de la Energía: Espacios físicos de asesoría donde los ciudadanos pueden recibir ayuda para optimizar su consumo energético, entender sus facturas, y conocer oportunidades de autoconsumo y eficiencia energética. Estas oficinas actúan como puntos de referencia para la comunidad.</p> <p>Plataformas Digitales y Mapas de Distancia: Herramientas como Joint Energy ayudan a optimizar el reparto de energía en el autoconsumo compartido, y el mapa de distancias facilita el diseño de redes de generación y distribución adecuadas.</p>


14. Universitat Autònoma de Barcelona. (2024). Guía práctica para la creación de Comunidades Energéticas. https://www.consellvallesoccidental.cat/wp-content/uploads/Guia_completa_Com_Energ_ES.pdf

<div> Europa, Sur del Mediterraneo¹⁵</div>		
Metodología		
<p>Integración Física, Convergencia Regulatoria y Despliegue Normativo: La metodología incluye tres vías de desarrollo:</p> <p>Integración de Infraestructura: Mejorar y consolidar las conexiones físicas, como los anillos de gas y electricidad entre Europa y el Mediterráneo.</p> <p>Convergencia Regulatoria: Armonizar los marcos regulatorios entre los países para facilitar el comercio de energía.</p> <p>Narrativa Normativa: Crear una narrativa atractiva que promueva valores de sostenibilidad y democracia energética, ajustándose a las preferencias y realidades de los países del Mediterráneo.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Guía	Optimización y modelado
<p>Reducción de la Dependencia Energética: Medir la disminución de la dependencia de Europa respecto a fuentes de energía externas, como Rusia.</p> <p>Conectividad Energética: Número de interconexiones energéticas operativas entre Europa y sus vecinos mediterráneos.</p> <p>Avances en Energía Sostenible: Cantidad de proyectos renovables desplegados en el Mediterráneo y su impacto en la reducción de emisiones.</p>	<p>Gobernanza Energética</p> <p>Transparente: La transparencia en la gestión de recursos es crucial para evitar conflictos por recursos y promover la inclusión en el sur del Mediterráneo.</p> <p>Sostenibilidad y Buena Gobernanza: Se destaca la importancia de proyectos sostenibles y de gobernanza democrática para una comunidad energética exitosa y estable.</p> <p>Narrativa Euro-Mediterránea: Es clave crear una narrativa compartida que incluya objetivos de desarrollo, transparencia y sostenibilidad como base para la cooperación energética.</p>	<p>Interdependencia Cooperativa: En lugar de solo reducir la dependencia, se enfatiza la creación de una relación de interdependencia cooperativa que permita una mejor seguridad energética para ambas partes.</p> <p>Estrategia de Buen Gobierno: Fomentar la transparencia y una distribución justa de los ingresos energéticos para asegurar que las poblaciones mediterráneas se beneficien directamente de los recursos locales.</p> <p>Seguridad Energética Suave y Dura: Abordar tanto las amenazas directas a la seguridad energética (como el riesgo de conflictos por recursos) como la necesidad de cooperación en la infraestructura de seguridad.</p>

15. Escribano, G. (2016). Toward a Mediterranean Energy Community: No Roadmap Without a Narrative. En: Regulation and Investments in Energy Markets. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804436-0.00007-2>

<div> Italia y otros contextos europeos¹⁶</div>		
Metodología		
<p>Implementación de comunidades energéticas inteligentes en Europa, principalmente en áreas urbanas.</p> <p>Enfoque Multidisciplinario y de Integración Sectorial: La metodología propuesta enfatiza una estrategia de integración de sectores energéticos (como electricidad, calefacción y transporte) a través del uso de redes inteligentes y el almacenamiento energético, promoviendo sinergias y eficiencia energética a nivel local.</p> <p>Desarrollo de Prosumismo y Energía Compartida: Propone la figura de los prosumidores, quienes no solo consumen energía, sino que también la producen y comparten dentro de la comunidad.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Guía	Optimización y modelado
<p>Reducción de Emisiones de CO2: Medición de las emisiones reducidas y su contribución a los objetivos climáticos locales.</p> <p>Aumento en la Generación de Energía Renovable: Evaluación de la capacidad de generación de energías renovables a nivel de comunidad.</p> <p>Nivel de Participación Ciudadana y Autonomía Energética: Porcentaje de hogares y empresas involucrados en la generación y consumo de energía compartida.</p>	<p>Compromiso Comunitario: El desarrollo de comunidades energéticas requiere de la cooperación activa de los ciudadanos y de los gobiernos locales.</p> <p>Beneficios Económicos y Sociales: Además de los beneficios ambientales, subraya el potencial de las comunidades energéticas para reducir costos y mejorar la seguridad energética local, además de proporcionar beneficios sociales como la creación de empleo.</p>	<p>Redes Inteligentes y Almacenamiento Energético: Utilización de redes inteligentes que permitan la integración de múltiples fuentes de energía renovable, combinadas con sistemas de almacenamiento.</p> <p>Integración de Vehículos Eléctricos y Sistemas de Calefacción: La infraestructura de carga de vehículos eléctricos y el uso de bombas de calor se integran en el sistema comunitario para optimizar el consumo y reducir la dependencia de la red.</p>


16. Ceglia, P. Esposito, E. Marrasso, M. Sasso. (2020). From smart energy community to smart energy municipalities: Literature review, agendas and pathways, Journal of Cleaner Production, 254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120118>.

<div> México¹⁷</div>		
Metodología		
<p>Identificación de Oportunidades: Fase inicial en la cual se evalúan las necesidades energéticas locales y el potencial de fuentes renovables, especialmente solar.</p> <p>Formación del Grupo Promotor: Agrupación de miembros interesados y liderazgo inicial para formalizar la cooperativa, enfatizando la importancia de una estructura democrática y transparente.</p> <p>Formalización Legal y Financiera: Expone opciones de constitución legal y obtención de financiamiento, tanto en esquemas de financiamiento colectivo como en créditos y subvenciones específicas para energía sustentable.</p> <p>Implementación y Operación: Se abordan aspectos técnicos, como la instalación de infraestructura solar fotovoltaica y los procesos de administración y mantenimiento de la cooperativa.</p>		
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	Aspectos destacados de la Guía	Optimización y modelado
<p>Ahorro en Costos de Energía: Medición del ahorro en las facturas de electricidad para los miembros de la cooperativa.</p> <p>Reducción de Emisiones de CO₂: Cuantificación de la disminución en la huella de carbono de la comunidad debido al uso de energía renovable.</p> <p>Impacto Socioeconómico: Creación de empleos y desarrollo económico local, considerando el número de personas capacitadas y empleadas dentro de la cooperativa.</p>	<p>Participación Democrática y Transparente: La guía subraya que las decisiones deben tomarse de manera democrática, con la participación activa de todos los miembros, lo que es fundamental para el éxito de las cooperativas.</p> <p>Modelos de Negocio Adaptados al Marco Mexicano: Ofrece opciones de modelos de negocio como generación para autoconsumo compartido, venta de excedentes de energía y servicios de financiamiento colectivo, alineados con las normativas locales.</p>	<p>Evaluación de Viabilidad Técnica y Económica: Herramientas para realizar estudios de viabilidad que incluyen análisis de retorno de inversión, consumo estimado y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.</p> <p>Sistemas de Medición y Facturación: Explicación detallada de los esquemas de medición neta y facturación neta, que permiten a los miembros de la cooperativa optimizar el uso de la energía generada y ahorrar en costos.</p>

Fuente: Construcción propia

17. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2020). Guía: cooperativas de energía sustentable en México. <https://www.gob.mx/inaes/documentos/guia-cooperativas-de-energia-sustentable-en-mexico?idiom=es>





Normatividad colombiana en el marco de comunidades energéticas



Una comunidad energética es una forma de organización orientada a mitigar los efectos del cambio climático, facilitar la transición hacia sistemas energéticos sostenibles y fomentar un modelo energético inclusivo, equitativo y resiliente. Estas comunidades están conformadas por asociaciones de carácter colaborativo entre usuarios actuales o potenciales de servicios energéticos, constituidas por personas naturales o jurídicas que trabajan conjuntamente para generar, comercializar y utilizar la energía de manera eficiente.

En el contexto colombiano, las comunidades energéticas se fundamentan en el uso de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), combustibles renovables y recursos energéticos distribuidos. Operan bajo esquemas como la autogenera-

ción colectiva (AGRC) y la generación distribuida colectiva (GDC), los cuales permiten satisfacer las demandas energéticas locales y comercializar excedentes, promoviendo la descentralización energética, el acceso equitativo y el desarrollo sostenible. (Minenergía, 2024-a).

Colombia ha avanzado en la construcción de un marco normativo que respalda estas iniciativas, alineado con los compromisos internacionales en materia de cambio climático y transición energética. No obstante, el proceso de consolidación de las comunidades energéticas en el país continúa en evolución, requiriendo ajustes y desarrollos adicionales en las políticas públicas para garantizar su viabilidad técnica, económica y social. A continuación, se exponen las leyes y normativas más relevantes que sustentan estos procesos:

Cambio Climático

El cambio climático es una de las prioridades en la agenda política y legal de Colombia. Algunas de las principales normativas son:

- Ley 99 de 1993: Establece el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Aunque la ley no es exclusivamente sobre cambio climático, es fundamental para la gestión ambiental del país.
- Resolución 1447 de 2017: Reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de las acciones de mitigación a nivel nacional de que trata la Ley 1753 de 2015.
- Ley 1931 de 2018: Regula la implementación de la Política Nacional de Cambio Climático y establece el Sistema Nacional de Cambio Climático. Esta ley se enfoca en la mitigación y adaptación al cambio climático, la reducción de emisiones, la restauración de ecosistemas y el fortalecimiento de la capacidad técnica y financiera.
- Ley 2169 de 2021: Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones. El Artículo 5 y el Artículo 6, comprenden las metas en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, respectivamente. Estas metas están alineadas en la Ley y en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por su sigla en inglés), donde Colombia se comprometió a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero un 51% para 2030 y ser carbono neutral para 2050, en el marco del Acuerdo de París. Estas metas están incluidas en la política nacional y son de cumplimiento obligatorio.

Transición Energética

La transición energética en Colombia está orientada a reducir la dependencia de los combustibles fósiles, promover energías renovables y mejorar la eficiencia energética. Algunas de las principales leyes y normativas son:

- Ley 1715 de 2014: Establece un marco normativo para la integración de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Esta ley regula los incentivos fiscales, el acceso a financiamiento y las condiciones para el desarrollo de proyectos de energía solar, eólica, biomasa, entre otras fuentes.
- Ley 143 de 1994 (Ley Eléctrica): Establece las bases para la organización y operación del sector eléctrico en Colombia, promoviendo la liberalización y la competencia en la generación y comercialización de energía eléctrica. En el contexto de la transición energética, ha sido importante para abrir el mercado a las ERNC.
- Decreto 357 de 2020: Reglamenta la autoproducción de energía por parte de los usuarios, en especial las instalaciones de energía renovable distribuida (paneles solares, por ejemplo), permitiendo a los usuarios generar su propia electricidad y vender excedentes al sistema.
- Resolución CREG 030 de 2018: La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha venido promoviendo el desarrollo de nuevas tarifas y mecanismos regulatorios que favorezcan la inclusión de energías renovables al mercado eléctrico.



- Ley 1955 de 2019 (Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022): El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 establece objetivos clave para la transición energética del país, como la expansión de las ERNC y la modernización de la infraestructura eléctrica. La Ley 1955 de 2019, que formaliza y da carácter legal a este plan, refuerza el enfoque hacia la diversificación de la matriz energética y el impulso de las energías renovables, consolidando la transición energética como un componente esencial para la sostenibilidad del país.
- Ley 2099 de 2021: Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones.
- Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero Energético (PIGCCme 2050): Se considera como un soporte a la Ley de Transición Energética, dado que el plan tiene por objeto desarrollar insumos, implementar acciones, generar recomendaciones y establecer lineamientos que permitan: 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.

- Ley 2294 de 2023 (Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026) : El Plan Nacional de Desarrollo 2022- 2026 incluye el desarrollo de comunidades energéticas dentro de las líneas de inversión nacional, como parte del cierre de brechas energéticas para una transición energética justa, segura, confiable y eficiente. La Ley 2294 de 2023 formaliza y da carácter legal a este plan.
- Resolución 40350 de 2021: Por medio de la cual se modifica el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el Sector Minero Energético (PIGCCme), adoptado a través de la Resolución 40807 de 2018. El PIGCCme tiene como objetivo reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y la promoción de un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial, fortaleciendo y protegiendo la sostenibilidad y competitividad de la industria, para en el largo plazo alcanzar la carbono neutralidad.
- Resolución 501 de 2024: Por la cual se establecen los límites máximos de potencia y dispersión de Autogenerador Colectivo y Generador Distribuido Colectivo de que trata el Decreto 2236 de 2023.

Comunidades energéticas


En 2024 se publicó por parte del Ministerio de Minas y Energía, la Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa (TEJ) la cual da orientaciones para que Colombia transite de una matriz energética basada principalmente en combustibles fósiles, hacia una soportada en su gran mayoría por energías renovables, teniendo en cuenta condiciones de participación vinculante, de reconocimiento de múltiples saberes, de democratización energética, y de prevención y mitigación de daños sociales y ambientales. En este contexto se plantea la estrategia de comunidades energéticas como soporte a la creciente demanda eléctrica. Las comunidades energéticas están ganando entonces relevancia como un vehículo para la reconstrucción del tejido social, el fortalecimiento organizativo, de iniciativas productivas y, así, son una herramienta que puede contribuir a fortalecer economías populares y comunitarias. La legislación sobre comunidades energéticas aún está en desarrollo y presenta un gran potencial, existen varios avances:

- Decreto 2236 del 22 de diciembre de 2024: Mediante el cual se adiciona al decreto 1073 de 2015 con el fin de reglamentar parcialmente el artículo

235 de la Ley 2294 de 2023 del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 en lo relacionado con las comunidades energéticas en el marco de la transición energética justa en Colombia. Establece la Naturaleza Jurídica y objetivos de las comunidades energéticas, algunos lineamientos de implementación y el registro de comunidades energéticas entre otros aspectos de interés.

- Resolución 40137 del 23 de abril de 2024: Mediante la cual se definen los criterios de focalización para la orientación de recursos públicos con destino a Comunidades energéticas. Minenergía.
- Resolución 40136 del 23 de abril de 2024: Por la cual se crea el Registro único de comunidades energéticas - RUCE. Minenergía.
- Resolución 501 del 28 de junio de 2024: Por la cual se establecen los límites máximos de potencia y dispersión de Autogenerador Colectivo y Generador Distribuido Colectivo de que trata el Decreto 2236 de 2023.





Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia



En Colombia, las comunidades energéticas se han consolidado como una estrategia clave para promover la transición energética y garantizar el acceso sostenible a la energía en territorios rurales y zonas con limitaciones de conexión a la red eléctrica. Actualmente, se han postulado 18.462 comunidades energéticas (Minenergía, 2024-b), de las cuales el gobierno ha priorizado 1.000, con el objetivo de avanzar progresivamente hacia la implementación de más proyectos en diversas regiones del país. Estas iniciativas son impulsadas por el gobierno, en conjunto con organizaciones no gubernamentales y empresas privadas, bajo un marco normativo en evolución que busca superar desafíos relacionados con la infraestructura energética, la financiación y el acceso a la tecnología en áreas apartadas.

El proceso de desarrollo de estas comunidades sigue un enfoque estructurado que inicia con la postulación de proyectos, de carácter no vinculante, a través del portal de Comunidades Energéticas. A partir de allí, se realiza la focalización, mediante criterios técnicos, sociales y económicos definidos por el Ministerio de Minas y Energía, para determinar qué regiones y comunidades son objeto de recursos públicos. Posteriormente, en la etapa de prioriza-

ción, se establece el orden de implementación de los proyectos seleccionados, avanzando luego a la implementación, donde se ejecutan las soluciones energéticas. Finalmente, las comunidades formalizan su registro oficial y participan en procesos de seguimiento continuo para evaluar su desempeño e impacto. Este proceso se complementa con seis momentos clave que incluyen desde el diagnóstico inicial del territorio hasta la sostenibilidad técnica, social y ambiental de la comunidad. (Minenergía, 2024-a).

Para garantizar la viabilidad financiera de estas comunidades, el Ministerio de Minas y Energía propone una variedad de fuentes de financiación (Minenergía, 2024-a). Entre estas destacan el Presupuesto General de la Nación, el presupuesto del Ministerio de Minas y Energía, y fondos específicos como el FENOGE, el FAER, el FAZNI y el PRONE, diseñados para apoyar proyectos en zonas rurales e interconectadas.

Sin embargo, y a pesar de los avances, aún existen desafíos en la implementación efectiva de estas normativas, en particular en lo que respecta a la infraestructura energética, la financiación y el acceso a la tecnología en zonas rurales.

Metodología de determinación de potencial para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia


En el país existen el Sistema Interconectado Nacional (SIN) que está conformado por un conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, incluyendo las interconexiones internacionales, que transportan la energía desde las plantas de generación a las subestaciones de transformación y finalmente al consumidor final. Sin embargo, existen las zonas no interconectadas (ZNI), es decir municipios, corregimientos, localidades y caseríos que no están conectados al SIN.




El potencial para establecer comunidades energéticas que permitan a más comunidades y ZNI en el país acceder a la energía, depende de múltiples variables ambientales, sociales, económicas y técnicas.

Por lo cual se seleccionaron variables de estas cuatro categorías teniendo en cuenta la disponibilidad de información y se asignó una ponderación basada en la revisión bibliográfica, en la cual se identifica que el aspecto social es una de las variables más importantes, dado que al existir comunidades organizadas se facilita la implementación de una comunidad energética.

El potencial total se estimó con la ponderación de las variables de la tabla 3 más el potencial normalizado de cada tipo de energía (eólica, solar, hídrica, biomasa animal y biomasa vegetal), para un puntaje máximo de 2.

Tabla 3. Variables incluidas en el análisis de potencial para el desarrollo de comunidades energéticas.

Tipología	Variable	Peso
 Ambiental	Índice de riesgo ajustado por capacidades	10%
	Vulnerabilidad al cambio climático	5%
	Precipitación multianual	5%
TOTAL AMBIENTAL		20%

Tipología	Variable	Peso
 Social	Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (Proporción de personas en necesidad)	5%
	Índice Multidimensional de Pobreza Energética media anual	8%
	Consejos comunitarios (SI o NO)	5%
	Resguardos Indígenas Formalizados y Cartografiados (SI o NO)	5%
	Zonas de Reserva Campesina (SI o NO)	5%
	Territorios campesinos agroalimentarios (SI o NO)	5%
	Municipios pertenecientes a las zonas más afectadas por el conflicto armado - ZOMAC (SI o NO)	5%
	Tasa de desempleo por género	2%
TOTAL SOCIAL		40%
 Económico	Recursos regalías pagados promedio 2024 segundo semestre	4%
	PIB promedio anual en pesos	3%
	Pérdida anual esperada multiamenaza (inundación, huracán, sismo, ciclón, tsunami)	8%
TOTAL ECONÓMICO		15%
 Técnicas	Índice de cobertura de energía eléctrica por municipio	25%
TOTAL TÉCNICO		25%



Calibración de variables

Para variable cuantitativas, se realizó un proceso de normalización de los datos entre 0 y 1, donde 1 es mayor potencial, aplicando la metodología min-max scoring, así:

$$x' = \frac{x - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

Donde:

x' corresponde al valor normalizado.

min(x) es el valor mínimo del conjunto de datos de la variable. max(x) es el valor máximo del conjunto de datos de la variable.

Variables cuantitativas

a. Variables técnicas

- Índice de cobertura de energía eléctrica por municipio

Esta variable mide el porcentaje de hogares en un municipio que cuentan con acceso al servicio de energía eléctrica. Se interpreta como un indicador inverso para priorizar el potencial de implementación de comunidades energéticas. Un menor porcentaje de cobertura

eléctrica refleja una mayor necesidad y, por ende, un mayor potencial para estas iniciativas. Por el contrario, los municipios con alta cobertura eléctrica tienen menor prioridad en la implementación.

La normalización de los valores se realiza mediante la metodología min-max scoring, asegurando que los resultados reflejen adecuadamente la relación inversa entre la cobertura eléctrica y el potencial para el desarrollo de comunidades energéticas.

b. Variables económicas

- Recursos regalías pagados primer semestre de 2024

Esta variable mide el promedio anual de presupuesto destinado a regalías pagadas por cada departamento, representando su capacidad económica para financiar proyectos energéticos. Un mayor monto de regalías indica una mayor disponibilidad de recursos, lo que incrementa el potencial para la implementación de comunidades energéticas en el territorio.

La normalización de los valores se realiza mediante la metodología min-max scoring, donde los departamentos con los mayores ingresos por regalías reciben puntajes más altos, identificando las regiones con mayor capacidad financiera.

- Producto Interno Bruto promedio anual en pesos

Corresponde al valor monetario total de los bienes y servicios producidos en un país durante un año, expresado en la moneda nacional y ajustado para reflejar un promedio anual. Este indicador mide la actividad económica general de un país y sirve para evaluar su desempeño económico a lo largo del tiempo, proporcionando una base comparativa para analizar el crecimiento, la productividad y el bienestar económico de su población.

Los municipios con un PIB promedio anual más alto tienen menos necesidades para implementar comunidades energéticas, ya que cuentan con mayores recursos disponibles y un desarrollo económico más avanzado. La normalización de esta variable se realiza utilizando la metodología min-max scoring, invirtiendo el resultado (1 - valor obtenido), lo que permite identificar las zonas con menores recursos económicos y mayores necesidades de desarrollo energético.

- Pérdida anual esperada multiamenaza (inundación, huracán, sismo, ciclón, tsunami)

Hace referencia a la pérdida anual esperada por múltiples amenazas (ciclones, inundaciones, tsunamis y sismos) en millones de pesos a nivel municipal. La Pérdida Anual Esperada (PAE o o Average Annual Loss, AAL, en inglés), es el valor anual esperado de la pérdida o el equivalente al pago anual que se necesitaría para compensar las pérdidas acumuladas en una ventana de tiempo larga. Para el cálculo de la AAL, el proceso de ocurrencia de los escenarios de daño se supone estacionario.

Esta pérdida anual promedio es una métrica útil porque encierra en un valor único los impactos (en términos de pérdidas económicas) de la ocurrencia de escenarios peligrosos sobre elementos expuestos vulnerables. (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD).

Los municipios con menores pérdidas anuales esperadas tienen un mayor potencial para implementar comunidades energéticas, ya que enfrentan menos riesgos que comprometan su sostenibilidad. La normalización de los valores se realiza mediante la metodología min-max scoring, invirtiendo el resultado (1 - valor obtenido), lo que permite identificar las zonas con menor riesgo económico.

c. Variables ambientales

- Índice de riesgo ajustado por capacidades

Esta variable mide el nivel de riesgo de un municipio frente a desastres naturales, ajustado por su capacidad institucional y comunitaria para responder a ellos. Los valores del índice están en un rango de 0 a 100, donde 0 representa un municipio con menor riesgo y mayor capacidad, y 100 indica un municipio con mayor riesgo y baja capacidad, según lo indicado por el DNP.

Para su normalización, se utiliza la metodología min-max scoring, invirtiendo el resultado (1 - valor obtenido), esto permite priorizar los municipios con menor riesgo y mayor capacidad, ya que estos tienen un mayor potencial para establecer comunidades energéticas.

Nota: En el cálculo de potencial para comunidades energéticas, se utilizó el Índice Municipal de Riesgo de Desastres Ajustado por Capacidades desarrollado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en lugar del Índice de Riesgo de Desastres (IRD) debido a la integración de capacidades adaptativas y de respuesta en su metodología. El IMRD-AC no solo evalúa los niveles de riesgo derivados de amenazas naturales, sino que también considera la capacidad institucional, social y económica de los municipios para gestionar y mitigar estos riesgos, lo cual es fundamental en la planificación de proyectos sostenibles (DNP, 2018). El IRD, aunque útil para identificar áreas vulnerables, se centra principalmente en los niveles de exposición y susceptibilidad frente a desastres, sin incluir factores que reflejen las fortalezas o debilidades de las comunidades para hacer frente a estos eventos.

- Vulnerabilidad al cambio climático

Esta variable se define como el grado en que un sistema natural, social o económico es susceptible de ser afectado por los impactos del cambio climático; incluye factores como la exposición a fenómenos climáticos extremos, la sensibilidad de las comunidades y ecosistemas frente a estos eventos, y la capacidad adaptativa para mitigar sus efectos. En el contexto de las comunidades energéticas, la vulnerabilidad al cambio climático refleja los riesgos asociados a la implementación y sostenibilidad de los proyectos en regiones particularmente afectadas por estos fenómenos.

Para integrar esta variable en el análisis, se aplica una metodología de normalización utilizando el min-max scoring, donde el resultado se invierte (1 - valor obtenido). Este enfoque permite identificar las zonas con mayor vulnerabilidad, ya que presentan un mayor riesgo climático que podría comprometer el éxito de las comunidades energéticas.

- Precipitación multianual

Se refiere al promedio anual de lluvias acumuladas en una región, calculado a lo largo de un período prolongado, generalmente de 30 años o más. Este indicador permite identificar patrones climáticos históricos, evaluar la disponibilidad hídrica en una zona y determinar la capacidad de soporte ambiental para proyectos energéticos.

Para su normalización, se utiliza la metodología min-max scoring, identificando las regiones con niveles de precipitación adecuados para el tipo de energía que se busca implementar.

d. Variables sociales

- Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (Proporción de personas en necesidad)

Esta variable mide el porcentaje de población en un municipio que carece de acceso a servicios básicos, como agua, electricidad y saneamiento. Un mayor índice de NBI refleja una mayor necesidad de intervención, lo que aumenta el poten-

cial de implementación de comunidades energéticas en la región.

La normalización se realiza mediante min-max scoring, identificando los municipios con los índices más altos de necesidades básicas insatisfechas.

- Índice Multidimensional de Pobreza Energética media anual

Esta variable mide el nivel de pobreza energética en un municipio, considerando factores como acceso a fuentes de energía, calidad del suministro y capacidad de pago. Un mayor valor del índice indica una mayor pobreza energética, lo que implica un mayor potencial para implementar comunidades energéticas que puedan mejorar estas condiciones.

La normalización de los valores se realiza mediante la metodología min-max scoring, donde los municipios con índices más altos reciben puntajes más elevados, identificando aquellas zonas con mayores necesidades energéticas.

- Tasa de empleo por género

Mide la proporción de empleo desagregado por género dentro de una comunidad, identificando las diferencias en las tasas de empleo entre mujeres y hombres (GEDI, 2024). Para su cálculo se tienen en cuenta la tasa de desempleo de hombres y mujeres:

$$\text{Diferencia de desempleo (\%)} = \text{Tasa de desempleo mujeres (\%)} - \text{Tasa de desempleo hombres (\%)}$$

La normalización de los resultados se realiza mediante la metodología min-max scoring, donde los municipios con diferencias de desempleo más altos reciben puntajes más elevados, identificando aquellas zonas con mayores necesidades energéticas.

- Pobreza Multidimensional

Variable incluida para focalizar a aquellas comunidades ubicadas en entidades territoriales con los más altos niveles de pobreza multidimensio-

nal, esto es, con un índice de pobreza multidimensional (IPM) superior al 50%; como indicador prioritario a intervenir en el marco de los cierres de brechas socioeconómicas. Su medición estará dada por el último registro de Pobreza Multidimensional publicado por el DANE al nivel de desagregación municipal. (Minenergía, 2024)

La normalización se realiza mediante min-max scoring, identificando los municipios con los índices más altos de pobreza multidimensional.

e. Potencial de producción de energía eléctrica a partir de energías renovables

- Potencial eólico

Esta variable mide la densidad promedio de potencia eólica a 50 metros de altura (W/m²) en una región. Los municipios con mayor densidad tienen un mayor potencial para desarrollar proyectos de generación eólica, una de las fuentes renovables más importantes en el contexto energético.

Los valores se normalizan mediante min-max scoring, asignando puntajes más altos a las regiones con mayor densidad de potencia eólica, priorizando estas áreas para proyectos energéticos.

- Potencial hidroeléctrico

Esta variable refleja la capacidad hidroenergética total de una subzona hidrográfica, evaluada en términos de su potencial para generar electricidad (Kw). Las regiones con mayores capacidades hidroeléctricas son ideales para proyectos sostenibles basados en esta fuente renovable.

Los datos se ajustan mediante la metodología min-max scoring, asignando un puntaje más alto a las subzonas con mayor potencial hidroeléctrico disponible.

- Potencial solar

Esta variable mide la cantidad de energía que se puede producir de acuerdo con la radiación solar disponible (kWh/kWp). Los municipios con mayor

capacidad de producción tienen mayor viabilidad para proyectos de energía solar.

La normalización de los valores se realiza mediante mín-máx scoring, priorizando las áreas con mayor irradiación anual.

- Potencial de biomasa (animal y vegetal)

Estas variables evalúan la disponibilidad de residuos pecuarios y agrícolas en una región, que pueden utilizarse para generar energía a través de biomasa. Los municipios con mayores cantidades de residuos tienen un mayor potencial para el desarrollo de estos proyectos.

La normalización se realiza utilizando min-max scoring, donde los municipios con mayor producción de biomasa obtienen los puntajes más altos.

Variables cualitativas

Esta variable mide la existencia de estructuras comunitarias formalizadas en los municipios conforme la Resolución 40137 de 2024 (Minenergía), ya que estas organizaciones pueden ser clave para la gestión, sostenibilidad y apropiación de proyectos de comunidades energéticas. La variable asigna un puntaje de 1 cuando la organización está presente en el municipio (SI) y 0 cuando no lo está (NO), permitiendo identificar aquellas zonas con mayor capacidad de movilización social y gobernanza comunitaria.

Las organizaciones consideradas incluyen:

- Consejos Comunitarios.
- Territorios colectivos de pueblos originarios o comunidades indígenas: Resguardos Indígenas Formalizados y Cartografiados.
- Territorios del Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural, entre otras: Zonas de Reserva Campesina (ZRC) y Territorios Campesinos Agroalimentarios.
- Territorios de Paz: Municipios ZOMAC (Zonas Más Afectadas por el Conflicto Armado).

Este enfoque permite priorizar municipios con estructuras organizativas ya establecidas, las cuales incrementan las posibilidades de éxito en la implementación y operación de comunidades energéti-

cas. La variable no requiere normalización, ya que su puntaje binario es suficiente para reflejar la presencia o ausencia de estas estructuras.

Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas

El análisis del potencial para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia se llevó a cabo de forma independiente para cada tipo de energía, utilizando cuatro dimensiones: ambiental, social, económica y técnica. Estas dimensiones permitieron identificar territorios con características favorables para la implementación de proyectos energéticos sostenibles. En la dimensión ambiental, se analiza la exposición a riesgos asociados a desastres naturales; sin embargo, no se consideraron factores geográficos específicos, lo que podría influir en las etapas operativas de los proyectos identificados.

En la dimensión social, se evaluaron las carencias estructurales de las comunidades y su relación con el potencial energético. Los municipios con elevados índices de pobreza energética, bajo PIB y necesidades básicas insatisfechas, junto con la presencia de estructuras organizativas como consejos comunitarios, resguardos indígenas y territorios campesinos, presentan condiciones que pueden favorecer el desarrollo de proyectos enfocados en fortalecer la cohesión social y fomentar modelos de gestión energética sostenibles.

En las dimensiones económica y técnica, se identificaron territorios con baja capacidad instalada y limitado acceso a electricidad como áreas con un potencial teórico relevante, basado en variables normalizadas y ponderadas. Los resultados sugieren la necesidad de realizar evaluaciones complementarias que integren factores locales específicos y consideren las particularidades de cada territorio, con el fin de adaptar los proyectos a sus contextos. Así mismo, se incluyó dentro del análisis de potencial la brecha de la tasa de desempleo entre hombres y mujeres, mostrando que,

en general, aquellos territorios con brechas superiores presentan mayor potencial energético, ya que estos proyectos pueden convertirse en una herramienta para promover la equidad de género mediante la creación de empleos inclusivos, asegurando que tanto hombres como mujeres participen activamente y se benefician equitativamente de las oportunidades generadas por las comunidades energéticas.

En este análisis se consideraron las áreas protegidas como territorios esenciales para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. En estos espacios, es crucial que los proyectos energéticos respeten los planes de manejo ambiental y se alineen con las regulaciones existentes, priorizando tecnologías de bajo impacto como la energía solar o eólica. Así, resulta fundamental realizar evaluaciones de impacto ambiental y garantizar la participación activa de las comunidades locales en la planificación y toma de decisiones. Esto permite que las iniciativas energéticas refuercen los objetivos de conservación, generen beneficios para las comunidades y promuevan la sostenibilidad sin comprometer los valores ambientales de estas áreas.

En síntesis, este análisis resalta la relevancia de abordar el desarrollo de comunidades energéticas desde un enfoque multidimensional que integre sostenibilidad ambiental, inclusión social y viabilidad económica. Este enfoque permite diseñar proyectos alineados con las condiciones propias de cada territorio, promoviendo una transición energética que contribuya al mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades identificadas.

Potencial energía solar fotovoltaica

La evaluación del potencial para implementar comunidades energéticas basadas en energía solar fotovoltaica posiciona a Uribia (La Guajira) como uno de los municipios con condiciones favorables, junto con Manaure, Distracción y Hatonuevo, también en La Guajira. Esta región combina una radiación solar constante con altos niveles de vulnerabilidad social, evidenciados en una limitada cobertura eléctrica y una población con evidentes necesidades básicas. Además estos municipios tienden a ser económicamente menos desarrollados, lo que potencia las barreras para acceder a fuentes de energía. Por su parte, Covarachía (Boyacá) resalta por sus características técnicas, que ofrecen una oportunidad para mejorar el acceso a energía, especialmente en áreas rurales con altas necesidades insatisfechas. En el ámbito departamental, La Guajira, en la región Caribe, se consolida como una zona con potencial técnico y social, con varios municipios que reúnen condiciones para el desarrollo de proyectos solares. Magdalena, Cesar, y Bolívar complementan esta lista con municipios destacados que presentan condiciones técnicas y necesidades sociales considerables, lo que amplía las posibilidades de impacto en la región. En la región Andina, Santander ofrece potencial para diversificar las iniciativas, con municipios que combinan buena radiación solar y características sociales que justifican intervenciones estratégicas. Estas áreas, en conjunto, representan oportunidades clave para avanzar en la implementación de proyectos energéticos sostenibles. Estos resultados, están alineados con lo indicado en el documento de Minenergía de Potencial energéti-

co subnacional y oportunidades de descarbonización donde destacan la región Caribe, los valles interandinos y los Llanos Orientales en cuanto a potencial solar.

Considerar variables como la cobertura eléctrica, el índice de necesidades básicas insatisfechas y el índice de pobreza energética multidimensional permite identificar las áreas con mayor potencial. Municipios como Uribia y Manaure, reflejan una oportunidad significativa para generar impacto social mediante la implementación de comunidades energéticas. Adicionalmente, municipios como Remolino (Magdalena), situados en zonas con menor riesgo multiamenaza, presentan ventajas para garantizar la sostenibilidad técnica y social de los proyectos a largo plazo, disminuyendo los riesgos asociados al entorno.

Finalmente, se puede establecer que departamentos como La Guajira, Magdalena, César y Bolívar, en el Caribe, y Santander y Boyacá, en la región Andina, concentran las características para desarrollar comunidades energéticas basadas en energía solar. Estos territorios reúnen condiciones adecuadas desde el punto de vista técnico, al tiempo que abordan problemáticas sociales asociadas a la desigualdad en el acceso a la energía.

En la figura 1 se presenta el resultado de potencial y en la figura 2 se superpone la información de las áreas protegidas donde existen restricciones para implementar este tipo de proyectos y por tanto se excluyen de las zonas con potencial.



Figura 1. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía solar.

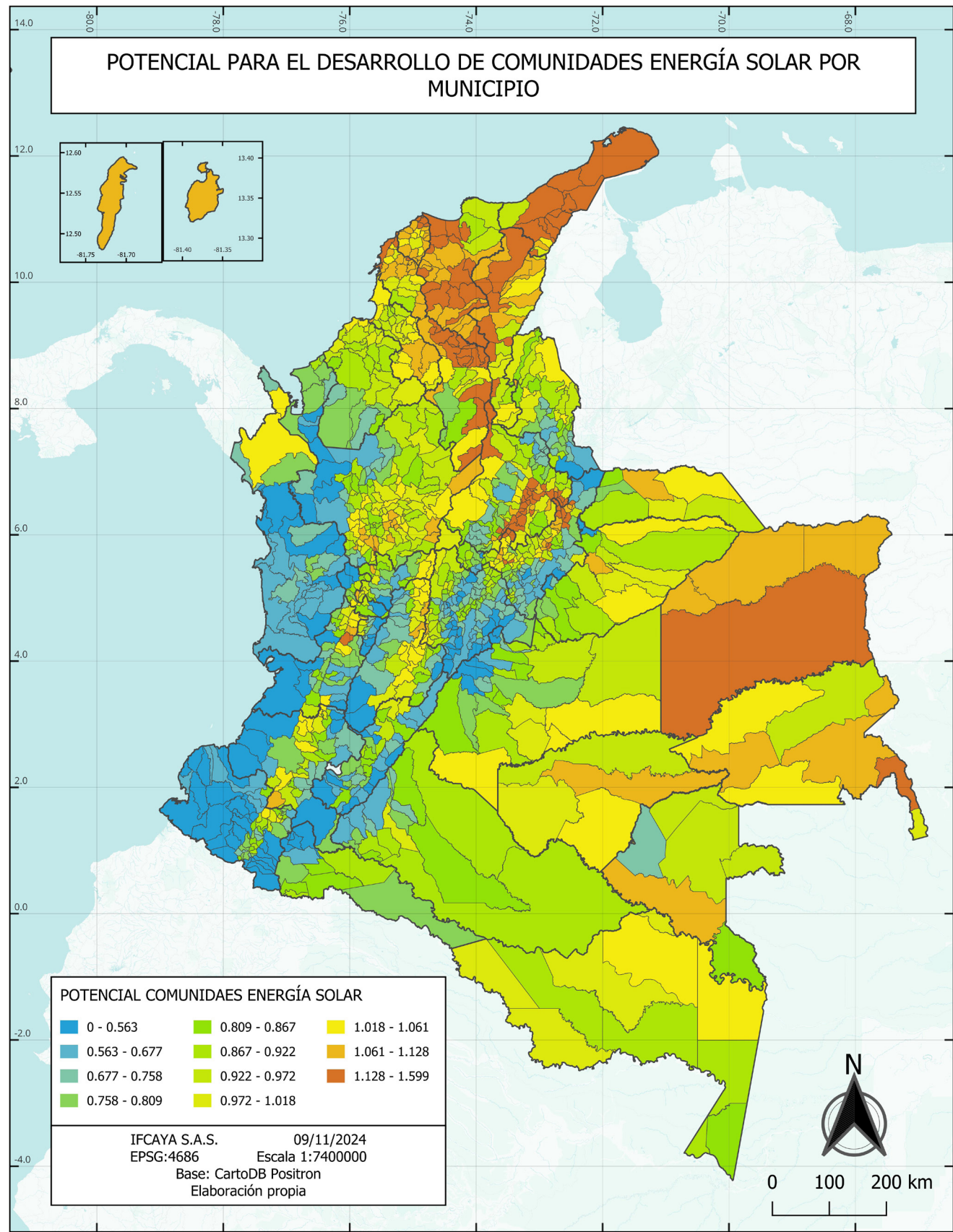
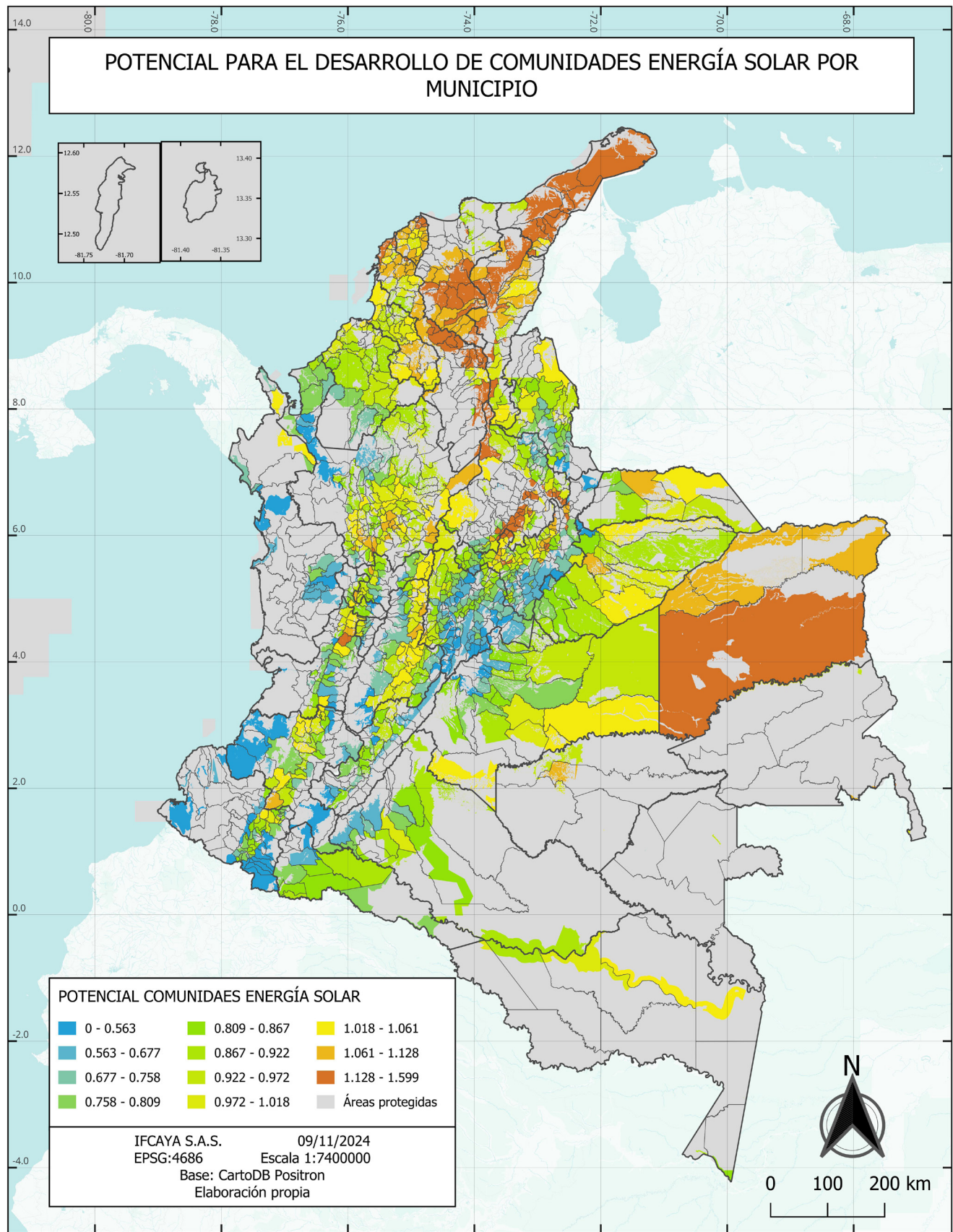


Figura 2. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía solar. Excluyendo áreas protegidas.



Potencial energía eólica

La evaluación del potencial eólico para implementar comunidades energéticas identifica a Uribia en la Guajira, El Tablón, Buesaco y La Cruz en el departamento de Nariño, Villa del Rosario en Norte de Santander como municipios con potencial para proyectos energéticos. Estas regiones combinan un potencial eólico favorable, y los diferentes factores socioeconómicos, como la limitada cobertura eléctrica y las necesidades básicas insatisfechas evidencian la necesidad de desarrollar proyectos energéticos en estas zonas. Por lo que el aprovechamiento de recursos renovables puede contribuir a enfrentar los desafíos energéticos de manera estructurada y efectiva. Sin embargo, se recalca que en este análisis no se incluyen variables geográficas que pueden llegar a generar limitantes en la implementación de los proyectos. Estos resultados tienen sentido frente a lo presentado en el documento de Minenergía Potencial energético subnacional y oportunidades de descarbonización donde destacan la región de la Guajira.

A nivel departamental, se destacan Nariño, Boyacá, La Guajira, Cauca, Norte de Santander y Cesar disponen de un mayor número de municipios con caracte-

rísticas técnicas favorables. Donde existen oportunidades para incorporar generación de energía a partir de fuentes renovables. Adicionalmente, se contribuye de manera directa al fortalecimiento del acceso energético en áreas con infraestructura limitada, lo que impacta positivamente en las condiciones de vida de sus habitantes.

Al considerar dentro del análisis de variables como cobertura eléctrica, necesidades básicas insatisfechas, exposición a riesgos naturales permite identificar con mayor claridad las áreas con potencial favorable. En ese sentido, en municipios como El Tablón (Nariño) y San Sebastián (Cauca), más del 70% de la población enfrenta carencias relacionadas con necesidades básicas insatisfechas. Por otro lado, municipios ubicados en zonas con menor exposición a riesgos multiamenaza y baja vulnerabilidad al cambio climático ofrecen un entorno técnico más adecuado para garantizar la implementación efectiva y la sostenibilidad de estos proyectos a largo plazo.

En la figura 3 se presenta el resultado de potencial y en la figura 4 se superpone la información de las áreas protegidas donde existen restricciones para implementar este tipo de proyectos y por tanto se excluyen de las zonas con potencial.



Figura 3. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía eólica.

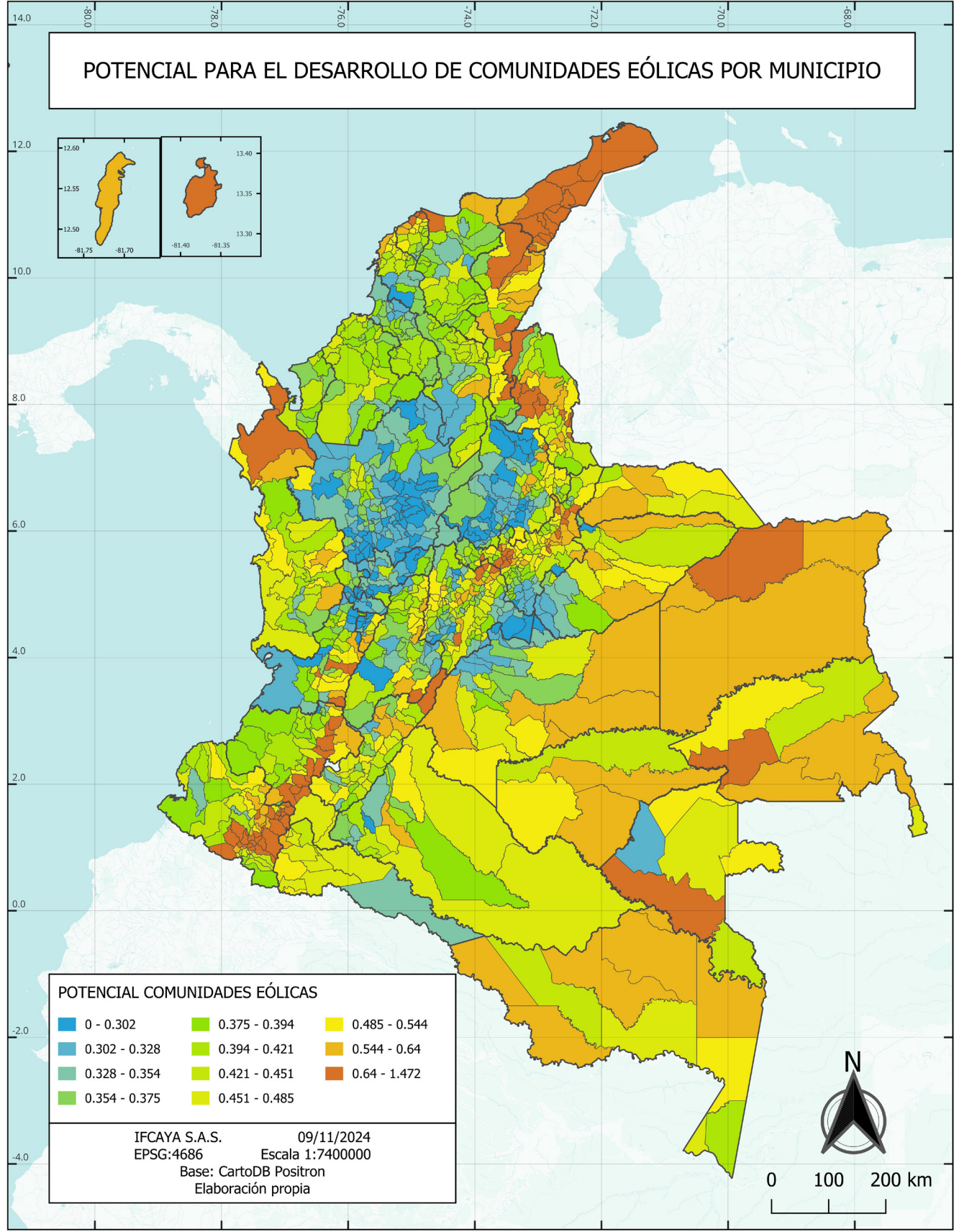
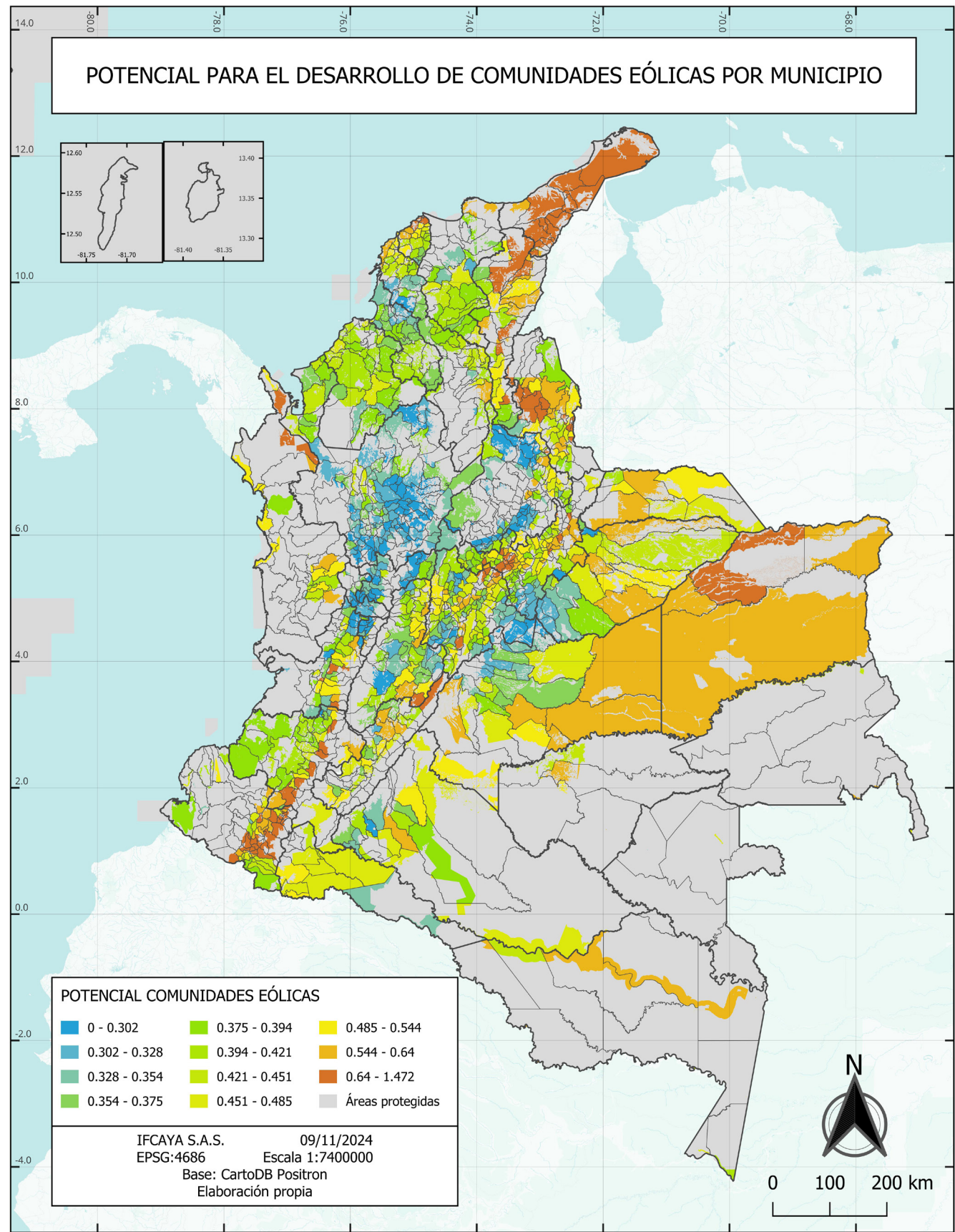


Figura 4. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía eólica. Excluyendo áreas protegidas.



Potencial energía hidráulica

La evaluación del potencial para implementar comunidades energéticas basadas en energía hidráulica permite identificar al municipio de Solano (Caquetá) como uno con las condiciones más favorables, ya que además de presentar un potencial hídrico importante, se identifica que la cobertura eléctrica alcanza solo el 62%. Mirití-Paraná (Amazonas), Cumaribo (Vichada), La Pedrera (Amazonas) y Barrancominas (Guainía), son municipios que resaltan por sus condiciones técnicas favorables y altos niveles de necesidades básicas insatisfechas, lo que evidencia su potencial para el desarrollo de comunidades energéticas sostenibles.

A nivel departamental, Guainía y Vichada, en la región de la Orinoquía y Putumayo, de la región de la Amazonía, resultan relevantes por su potencial hídrico. Caquetá y Amazonas completan este grupo, ya que cuentan con más del 70% de municipios con potencial hídrico importante; además, presentan cobertura eléctrica limitada y pobreza energética multidimensional, que supera el 98% en departamentos como en Vichada. En Amazonas, aunque la cobertura eléctrica es mayor (63%), más del 50% de su población enfrenta necesidades básicas insatisfechas, mientras que en Caquetá, con una cobertura del 33%, la exposición a riesgos multiamenaza alcanza el 99%. En conjunto, estas condiciones refuerzan la importancia de implementar proyectos energéticos.

Al considerar otras variables como las necesidades básicas insatisfechas, la pobreza energética multidimen-

sional y la exposición a riesgos naturales es posible identificar con claridad las áreas aptas para la implementación de comunidades energéticas. En ese sentido, municipios como Barrancominas (Guainía) y Cumaribo (Vichada) que tienen una población que enfrenta niveles elevados de pobreza energética, refuerzan la relevancia de implementar proyectos hidráulicos. Por otro lado, Mirití-Paraná (Amazonas), con un índice de pobreza energética menor al promedio de su región y ubicado en una zona de menor exposición a riesgos multiamenaza (con pérdidas esperadas inferiores al 1% de su infraestructura) ofrece un entorno técnico favorable que mejora la sostenibilidad y operatividad de los proyectos a largo plazo.

Los resultados están alineados con lo indicado por Minenergía en el documento Potencial energético subnacional y oportunidades de descarbonización donde destacan la región de la Guajira, donde se resalta que en general, el territorio colombiano goza de un potencial hidroenergético bien distribuido, pero abunda en las áreas montañosas ubicadas cerca de las cordilleras.

Adicionalmente, se puede considerar que al presentar mayores niveles de precipitación anual en estas regiones, hay mayor disponibilidad de recursos hídricos, lo cual es un factor determinante para proyectos de aprovechamiento hídrico sostenible. En la figura 5 se presenta el resultado de potencial y en la figura 6 se superpone la información de las áreas protegidas donde existen restricciones para implementar este tipo de proyectos y por tanto se excluyen de las zonas con potencial.

Figura 5. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía hidráulica.

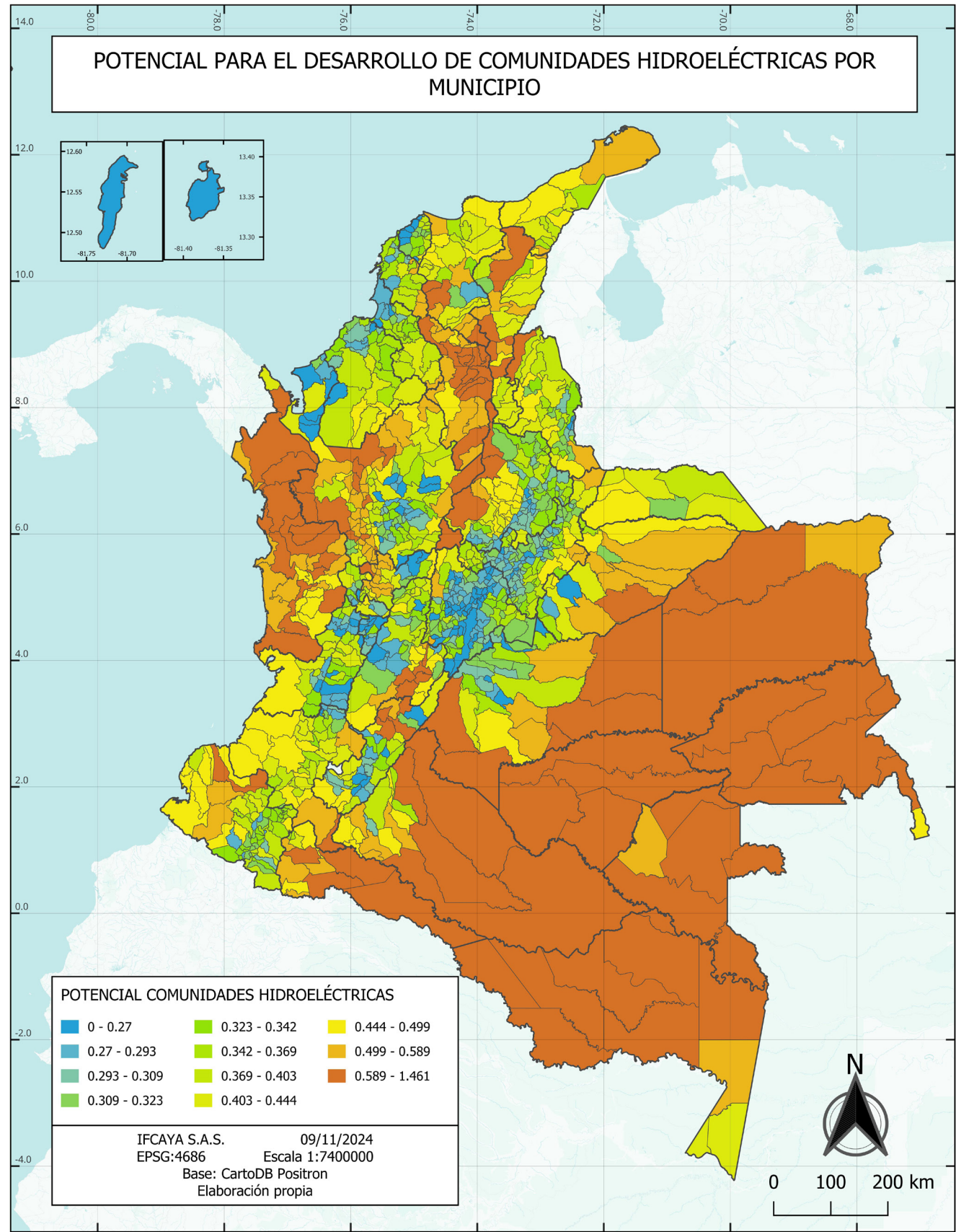
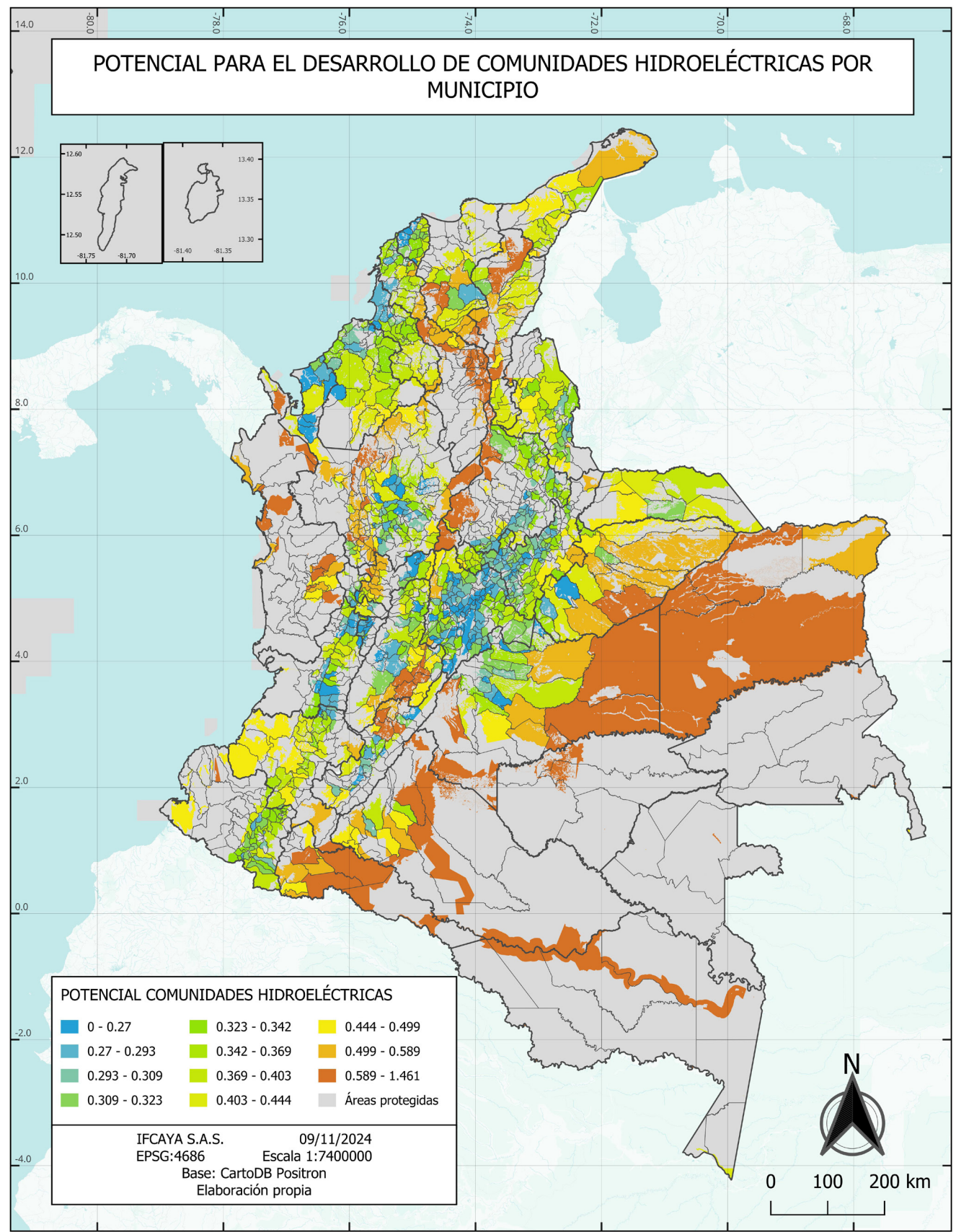


Figura 6. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía hidráulica. Excluyendo áreas protegidas.



Potencial energía biomasa animal y vegetal

La evaluación del potencial de biomasa animal para comunidades energéticas permite establecer que los municipios de San Vicente del Caguán (Caquetá), Lebrija (Santander) y Piedecuesta (Santander) presentan potencial técnico para la implementación de este tipo de proyectos. En general, estos municipios presentan limitaciones en cobertura eléctrica (con índices inferiores al 30%) y una alta proporción de necesidades básicas insatisfechas; esta combinación de factores refleja la alta vulnerabilidad de estas zonas y subraya su idoneidad para beneficiarse de iniciativas basadas en biomasa animal.

Los departamentos con mayor número de municipios que tienen potencial para energía proveniente de biomasa animal son Chocó, Meta, Córdoba y Putumayo. Además Guaviare, Arauca y Guainía presentan condiciones sociales y energéticas críticas, como elevados índices de pobreza energética y deficiencias en cobertura eléctrica. Estas características representan una oportunidad estratégica para mejorar las condiciones de vida mediante el desarrollo de comunidades energéticas. Sin embargo, desde una perspectiva económica, estos departamentos presentan regalías menores en comparación con departamentos más industrializados con mayor PIB. En términos generales, estos departamentos combinan factores técnicos, sociales y ambientales que los posicionan como prioritarios para la implementación de proyectos sostenibles basados en biomasa animal.

En cuanto al potencial de biomasa vegetal, los municipios de Palmira, Candelaria, Tuluá, El Cerrito, y Bugalagrande en el Valle del Cauca, Riosucio en

Chocó y Morichal en Guainía se identifican como potenciales para el desarrollo de proyectos energéticos. Aunque Palmira, Candelaria y Tuluá (Valle del Cauca) cuentan con alto potencial técnico, sus condiciones socioeconómicas, reflejadas en bajos índices de necesidades básicas insatisfechas y pobreza energética, los hacen menos prioritarios en este contexto. Por el contrario, los municipios del Chocó y Guainía, además del potencial técnico favorable presentan bajos índices de cobertura de energía eléctrica (alrededor del 10%), además presentan bajos recursos por regalías, indicando su necesidad de financiación para proyectos energéticos.

Desde el punto de vista departamental, Chocó y Guainía se consolidan como las regiones con mayor potencial para el desarrollo de comunidades energéticas basadas en biomasa vegetal, al presentar un equilibrio entre necesidades energéticas y disponibilidad de recursos, además de una baja vulnerabilidad al cambio climático. En general, estos departamentos concentran municipios con potencial técnico y vulnerabilidades socioeconómicas que justifican que en estas regiones se desarrollen iniciativas que promuevan el acceso a energía sostenible y contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de sus comunidades.

En las figuras 7 y 9 se presenta el resultado de potencial a partir de biomasa vegetal y animal, respectivamente; y en las figura 8 y 10 se superpone la información de las áreas protegidas donde existen restricciones para implementar este tipo de proyectos y por tanto se excluyen de las zonas con potencial.

Figura 7. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía a partir de biomasa vegetal.

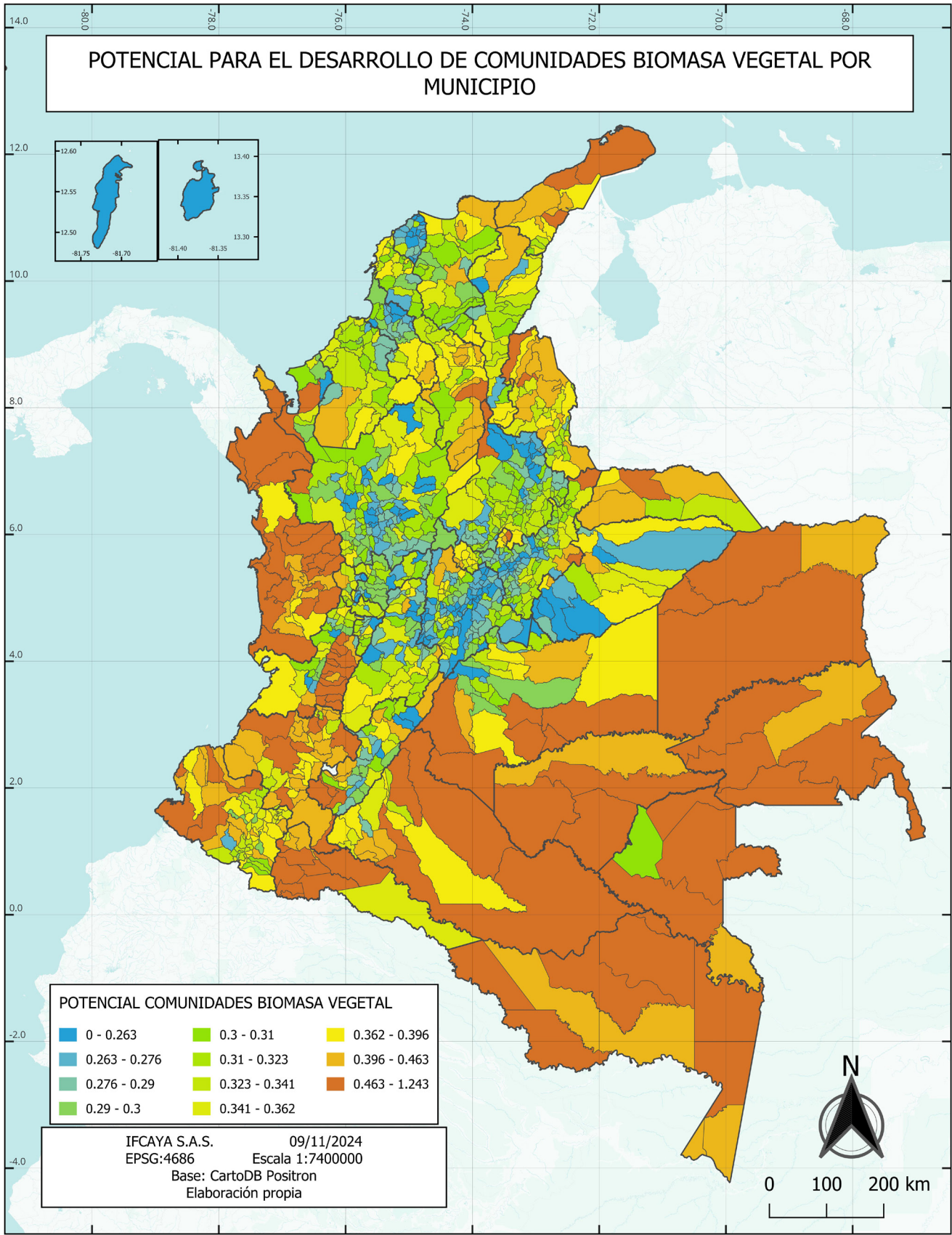


Figura 8. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía a partir de biomasa vegetal. Excluyendo áreas protegidas.

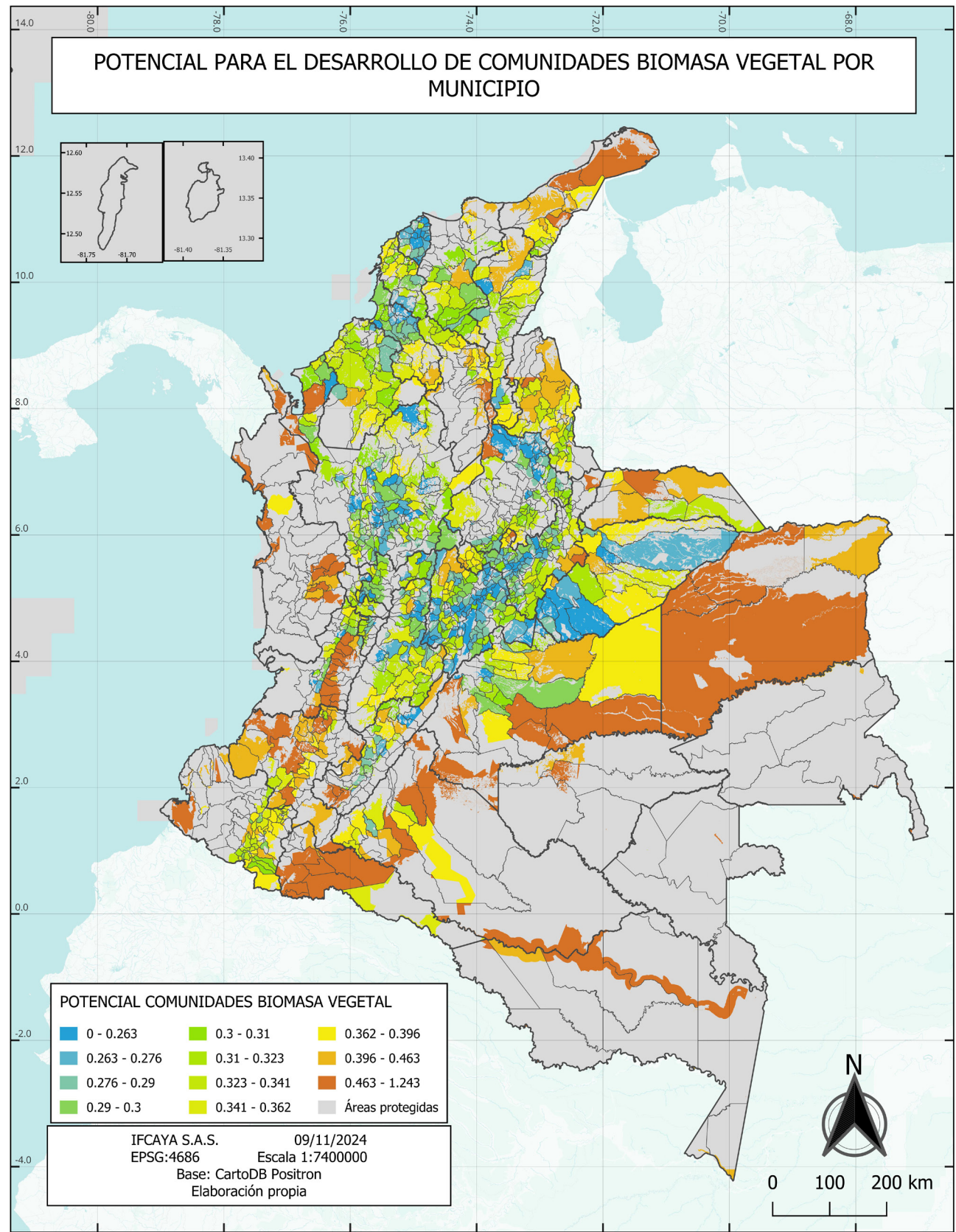


Figura 9. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía a partir de biomasa animal.

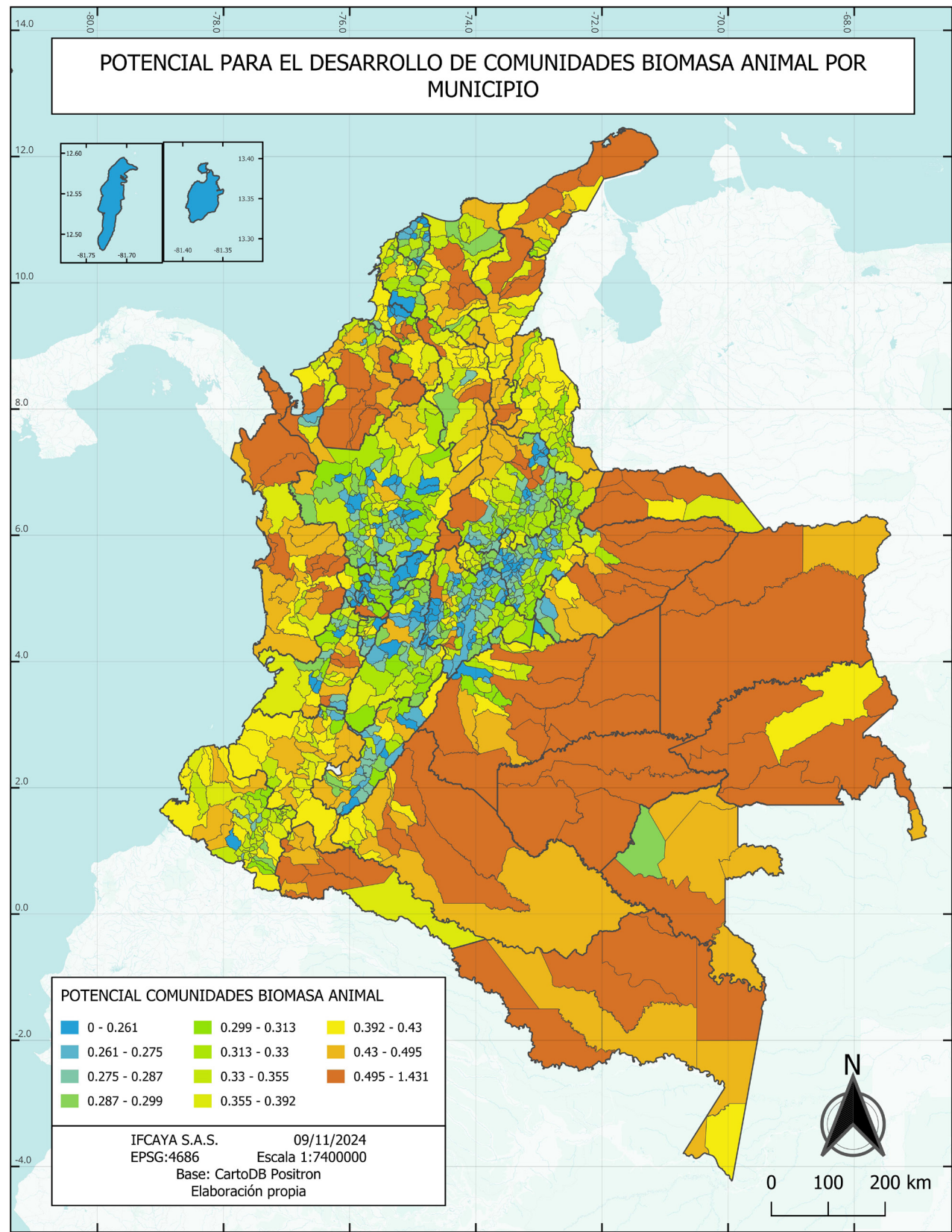
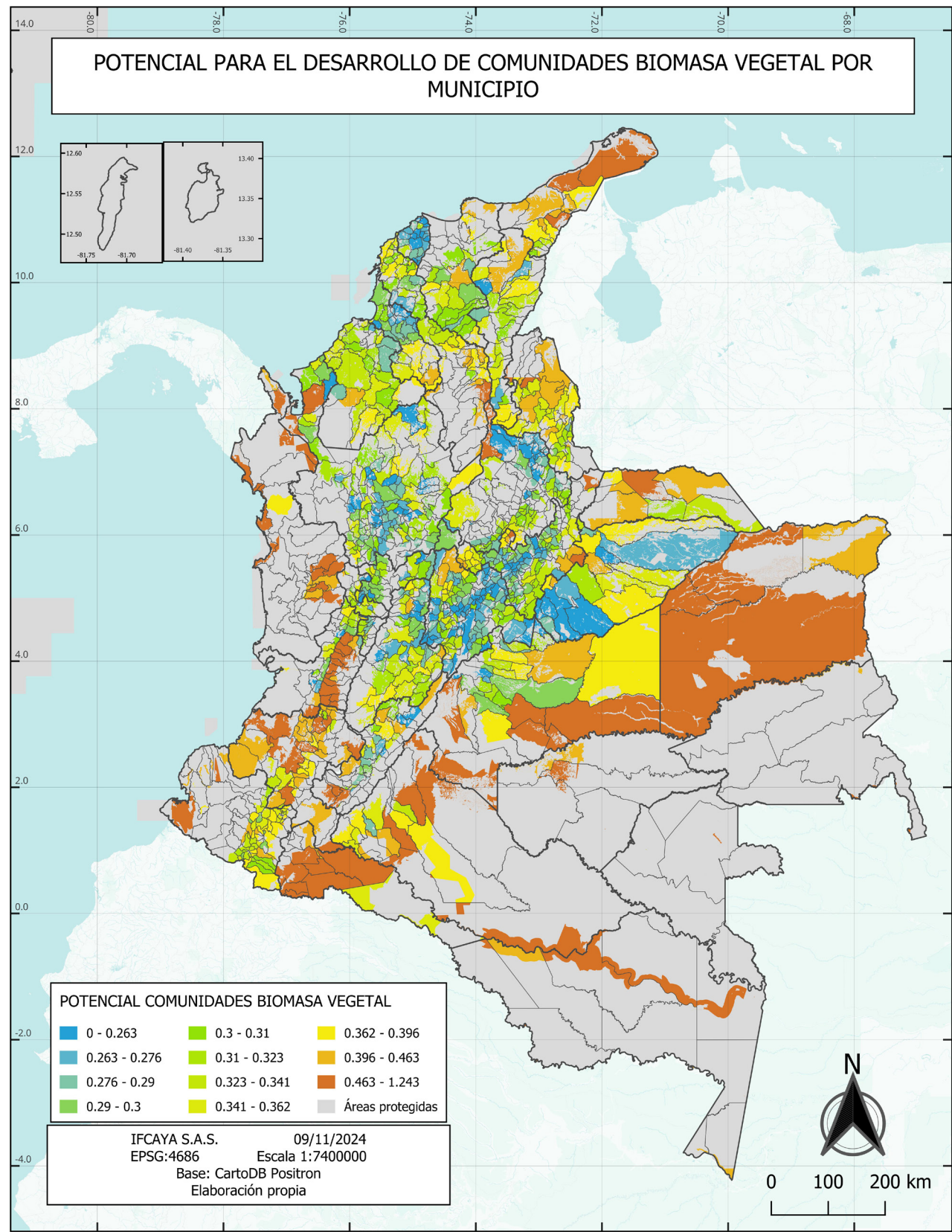


Figura 10. Potencial para el desarrollo de comunidades energéticas - Energía a partir de biomasa animal. Excluyendo áreas protegidas.





Tipos de Comunidades energéticas

Colombia

En Colombia existen dos formas regulatorias para conectar la generación distribuida al sistema interconectado: Autogenerador Colectivo (AGRC) y Generador Distribuido Colectivo (GDC). La primera actividad se caracteriza por producir energía, destinada al prosumismo y a la inyección de los excedentes energía a la red, mientras que la segunda actividad vende toda la electricidad generada. La generación, comercialización y uso eficiente de la energía a través del uso de Fuentes No Convencional de Energía Renovables FNCER, combustibles renovables y recursos energéticos se logra mediante contratos o convenios asociativos entre personas naturales y/o jurídicas de derecho público o privado que cooperan entre sí como comunidades organizadas y son denominadas como Comunidades Energéticas.


Las Comunidades Energéticas son reglamentadas mediante el Decreto 2236 de 2023, en el cual se definen diferentes formas de asociatividad:

- Alianza de comunidades energéticas: Comunidades Energéticas asociadas entre sí, a través de un acuerdo firmado entre las partes para cooperar en proyectos de generación, comercialización y uso eficiente de energía.
- Alianza de comunidades energéticas y asociación de comunidades energéticas con terceros: Comunidades Energéticas y las asociaciones de Comunidades Energéticas, podrán relacionarse con terceros de los sectores público, privado y popular para el cumplimiento del objeto de las comunidades energéticas.

- Representación de comunidades energéticas y asociación de comunidades energéticas con fines de autogeneración y autoabastecimiento: Comunidades Energéticas y/o asociación de Comunidades Energéticas constituidas con el fin de autogeneración y autoabastecimiento serán personas jurídicas de carácter asociativo.
- Representación de comunidades energéticas y asociación de comunidades energéticas con fines de comercialización: Comunidades Energéticas y/o asociación de Comunidades Energéticas que se conformen con el fin de comercializar energía podrán ser sujetos de derechos y obligaciones, sujetas al tipo de organización asociativa que adopte y las normas especiales propias de ese tipo entidades.
- Representación de comunidades energéticas y asociación de comunidades energéticas conformadas por estructuras de gobierno propio de los pueblos y comunidades indígenas, de comunidades campesinas, negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras: Comunidades Energéticas que se establecerán conforme a las normas autónomas y las condiciones de su gobernanza según sus tradiciones, saberes y creencias para establecer el ejercicio de participación y toma de decisiones encaminadas al bien común.

La siguiente Tabla 4 presenta el tipo de Comunidades Energéticas establecidas en Colombia, y a su vez relaciona las dos formas regulatorias para conectar la generación distribuida al sistema interconectado:

Tabla 4. Tipos de Comunidades Energéticas en Colombia.

 COLOMBIA	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
Los usuarios o potenciales usuarios de servicios energéticos podrán constituir Comunidades Energéticas para generar, comercializar o usar eficientemente la energía a través del uso de fuentes no convencionales de energía renovables (FNCER), combustibles renovables y recursos energéticos distribuidos.	Comunidades organizadas entre personas naturales y/o jurídicas de derecho público o privado que cooperan entre sí. Las figuras de asociatividad están definidas en el Decreto 2236 de 2023, conformadas para la generación distribuida al sistema interconectado: AGRC o GDC.
Ejemplos de comunidades energéticas	
<p>Comunidades Energéticas</p> <ol style="list-style-type: none">1. <u>Comunidad Solar La Estrecha, Medellín</u>. Proyecto piloto realizado para evaluar esquemas de generación de energía comunitaria en Colombia.2. <u>Proyecto piloto de Comunidades Energéticas en Santander</u>.3. <u>Comunidad Energética en el Pacífico Colombiano beneficiando al Consejo Comunitario del Corregimiento de Bocas del Palo</u>. <p>Comunidades Energéticas en Ámbitos Específicos</p> <ol style="list-style-type: none">4. <u>Comunidades Energéticas en Barranquilla: Granjas Solares</u>.5. <u>Comunidades Energéticas de Salud</u>; beneficiando a los hospitales: Hospital Rosario Pumarejo de López de Valledupar, el Hospital Eduardo Arredondo Daza y el Hospital Jorge Isaac Rincón Torres de la Jagua de Ibirico.	

Fuente: Elaboración propia.




Latinoamérica y Estados Unidos

En América Latina y los Estados Unidos están experimentando un crecimiento en el desarrollo de comunidades energéticas, cada uno adaptado a sus contextos específicos. Estas comunidades tienen el potencial de ser motores clave en la transición hacia un modelo energético más sostenible y democrático, favoreciendo la participación ciudadana y el uso de energías renovables.

Tabla 5. Comparativo de Modelos de Comunidades Energéticas a nivel internacional.

 BRASIL	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
Cooperativas Energéticas: Las cooperativas de energía verde son sociedades que generan, distribuyen y comercializan electricidad de origen renovable. Cualquier particular o empresa se puede unir como socio a la cooperativa a través de una cuota que la asociación utilizará para comprar la energía que van a distribuir entre sus miembros.	Los ciudadanos generan su propia energía en base a un esquema de medición neta en forma de Generación Distribuida (GD). Desde el 2016, gracias a una participación significativa de la OCB (Organización las Cooperativa Brasileña)
Ejemplos de comunidades energéticas	
1. La primera cooperativa de generación distribuida compartida La Cooperativa Brasileña de Energías Renovables (Coober) genera su propia energía a través de paneles solares, modelo de generación energética compartida en la ciudad de Paragominas, Pará.	
 CHILE	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
La regulación eléctrica contempla desde 2018 esquemas colectivos de generación de energía, en Chile hay un desarrollo relativamente incipiente de las Comunidades energéticas. Actualmente, las instituciones han aumentado las oportunidades para expandir este sector y la infraestructura ha crecido. Sólo se consideran comunidades energéticas on-grid.	La Ley 21118 de 2018 permite a usuarios (denominados BT1), que comparten un espacio en común (condominios, por ejemplo), instalar un sistema comunitario de generación de energía renovable.
Ejemplos de comunidades energéticas	
1. Pichidegua, la comuna rural de Chile que comparte su luz. Se desarrolló con el apoyo del programa de Comuna Energética impulsado por el Ministerio de Energía y la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE).	

 COSTA RICA	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
Cooperativa de Electrificación Rural: Asociación cooperativa creada para solucionar primordialmente el problema común de la falta de energía eléctrica en las áreas rurales, así como su distribución y comercialización.	Las Cooperativas de Electrificación Rural tienen más un rol de pequeñas empresas distribuidoras locales, en donde los miembros se ven beneficiados, pero no son socios activos de la cooperativa, como se puede esperar de una comunidad energética; estas cooperativas responden más a una capitalización voluntaria como si se tratara de cualquier empresa que democratiza sus acciones en el mercado.
Ejemplos de comunidades energéticas	
1. Cooperativas energéticas: Coopelesca Coopeasantos , Coopeguanacaste , Coopealfaroruiz . Todas juntas forman el Consorcio Conelectrica y reúnen a unos 200.000 socios.	
 MÉXICO	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
La regulación para determinar si una comunidad es urbana o rural está establecida en la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) y en las reglas de operación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Según esta regulación, se considera como comunidades rurales aquellas que se encuentran fuera de los límites geográficos de las zonas urbanas de las entidades federativas, y las comunidades urbanas son las que se encuentran dentro de los límites geográficos de las zonas urbanas de las entidades federativas. Se basa en criterios como: densidad de población, infraestructura básica o servicios públicos disponibles.	1. Generación distribuida: las comunidades pueden instalar sistemas de generación de energía eléctrica en sus propios edificios o terrenos, y vender el excedente de energía generado a la red eléctrica. 2. Autoconsumo: Pueden instalar sistemas de generación de energía eléctrica y consumir la energía generada en sus propios edificios o terrenos, sin necesidad de vender el excedente a la red eléctrica. 3. Energía renovable: las comunidades pueden instalar sistemas de generación de energía renovable, como paneles solares, turbinas eólicas, o pequeñas centrales hidroeléctricas, y vender el excedente de energía generado a la red eléctrica.
Ejemplos de comunidades energéticas	
1. Un ejemplo de esto es el modelo de "Ejido Solar" propuesto por Iniciativa Climática de México, donde un ejido (núcleo agrario) es el promotor de un sistema de GD cuya energía es vendida a través de un suministrador de servicios calificados a un usuario concreto que paga un precio fijo por cada kWh inyectado.	

 ESTADOS UNIDOS	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
En la actualidad, no existe un único concepto, el más utilizado es el de Comunidad Solar “Community Solar”. La Comisión de Regulación de cada estado define el mecanismo para su desarrollo.	Las comunidades energéticas en Estados Unidos adoptan diferentes formas y modelos, que incluyen cooperativas energéticas, proyectos comunitarios de energía solar, micro-redes y programas de energía compartida. Estas iniciativas permiten a los miembros de la comunidad invertir en proyectos de energía renovable, compartir la energía generada y recibir beneficios económicos y ambientales.
Ejemplos de comunidades energéticas	
1. Programa de Acción Energética Local de las Comunidades , (Communities LEAP), con el que cuentan con acceso varias comunidades de Puerto Rico.	

Fuente: Mesa DER Colombia (2023). Comunidades Energéticas, Retos para la participación y su sostenibilidad.

Unión Europea

De acuerdo a la Comisión Europea las comunidades energéticas se definen como entidades jurídicas que se basan en la participación abierta y voluntaria. Tienen como objetivo principal proporcionar beneficios ambientales, económicos o sociales a la comunidad en lugar de ganancias financieras. Las comunidades pueden participar en diversas actividades relacionadas con la energía, incluyendo generación, distribución, suministro, consumo, agregación, almacenamiento, servicios de eficiencia energética y servicios de carga para vehículos eléctricos. El enfoque específico y el alcance de las actividades pueden variar: Comunidades de Energía Renovable (REC, por sus siglas en inglés) y Comunidades de Energía Ciudadana (CEC, por sus siglas en inglés).




Tanto las tanto las REC como las CEC tienen como objetivo proporcionar beneficios comunitarios y se basan en la participación voluntaria, las REC se centran más en proyectos de energía renovable y membresía basada en la proximidad, mientras que las CEC tienen

una gama más amplia de actividades dentro del sector eléctrico y no tienen el requisito de proximidad (EU Energy Communities Repository).

Adicionalmente en Europa, existe la federación de cooperativas energéticas REScoop, reconocida oficialmente en el paquete de Energía Limpia de la UE como comunidades de energía “ciudadana” y “renovable”, esta red en crecimiento cuenta con 2.500 comunidades energéticas y 2 millones de integrantes activos en la transición energética.

El país de la UE con mayor número de Comunidades Energéticas, según un estudio realizado en 2020 por el Centro Común de Investigación de la Unión Europea, es Alemania, con 1.750 Comunidades, seguida de Dinamarca (700) y Países Bajos (500). A continuación, se presentan ejemplos de Comunidades Energéticas en UE:

Tabla 6. Comparativo de Modelos de Comunidades Energéticas a nivel internacional.


 ALEMANIA	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
Energía Comunitaria o Energía Ciudadana: La energía comunitaria engloba todo tipo de proyectos relacionados con las energías renovables, la eficiencia y el ahorro energético, entre otros proyectos basados siempre en la descentralización de la energía y con las personas como protagonistas de este cambio energético.	1. Cooperativas y asociaciones energéticas que permiten a los ciudadanos participar en decisiones y recibir beneficios económicos. 2. Autoconsumo colectivo, comparte energía renovable local.
Ejemplos de comunidades energéticas	
1. Comunidad energética de Vauban en Freiburg . 2. Comunidad energética de Baviera en Wildpoldsries . 3. Parque eólico comunitario en Neuenkirchen . 4. Colegio “Tarremah Steiner School” .	
 BÉLGICA	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
El estado de implementación de las Directivas de la UE relacionadas con las Comunidades de Energía varía entre las tres regiones de Bélgica: Región de Bruselas Capital, Flandes y Valonia, ya que tienen transposiciones legales diferentes.	Para Bruselas, se ha introducido un tercer tipo de comunidad, adicional a las concertadas por la UE, RECs y CECs, agregando “Comunidades Energéticas Locales”, tiene el papel de facilitar el intercambio de energía y las comunidades energéticas. En Flandes, se incluyen conceptos como comunidades de energía y autoconsumo colectivo, la implementación está acompañada de cambios en la operación de la red de distribución. En Valonia, se adoptó un marco para los consumidores de autoconsumo colectivo y se definió las Comunidades de Energía Renovable en un decreto.
Ejemplos de comunidades energéticas	
1. Cooperativas energéticas en Eeklo, Gante, Amberes, Leuven, Beersel, Flandes , lideradas por Ecopower.	
 ESPAÑA	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
Existen Comunidades Energéticas Locales (CELs). Envuelven dos conceptos: RECs y CECs.	1. Producción, consumo, almacenamiento y venta de energías renovables, en particular mediante contratos de compra de electricidad renovable. 2. Distribuir entre la comunidad de energías renovables la energía generada por las unidades de producción de propiedad de dicha comunidad.
Ejemplos de comunidades energéticas	
1. Som Energía es la primera cooperativa de energía establecida en España . 2. Comunidades energéticas establecidas en Manurga , Esparza de Galar , Urroz Villa , Trespuentes , San Cristóbal de la Laguna , entre otros.	

FRANCIA	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
Francia adoptó los dos conceptos de CE establecidos en la Directiva de Energías Renovables 2018/2001 de la UE: RECs y CECs.	<ol style="list-style-type: none">Los miembros de la REC deben tener proximidad a los proyectos que desarrollan y tendrán un rol de control.La REC puede generar, consumir, almacenar y vender energía renovable y puede compartir entre sus miembros la energía renovable que genera.La CEC, además de participar en la producción de energía, suministro, consumo, almacenamiento y comercialización de energía eléctrica, puede prestar servicios relacionados con la eficiencia energética, servicios recarga de vehículos eléctricos u otros servicios energéticos a sus miembros.
Ejemplos de comunidades energéticas	
<ol style="list-style-type: none"><u>Occitania</u> eje frances de energía ciudadana, integra dos parque fotovoltaicos Soleil y Le Watt citoyen.<u>Forestener - the Citizen Heat</u>, apoya iniciativas de biomasa locales locales movilizandoo ahorros de las personas del lugar para diseñar, financiar y operar sistemas de calefacción de leña.	
IRLANDA	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
El estado de implementación de las Directivas de la UE relacionadas con las Comunidades de Energía varía entre las tres regiones de Bélgica: Región de Bruselas Capital, Flandes y Valonia, ya que tienen transposiciones legales diferentes.	<p>Para Bruselas, se ha introducido un tercer tipo de comunidad, adicional a las concertadas por la UE, RECs y CECs, agregando “Comunidades Energéticas Locales”, tiene el papel de facilitar el intercambio de energía y las comunidades energéticas.</p> <p>En Flandes, se incluyen conceptos como comunidades de energía y autoconsumo colectivo, la implementación está acompañada de cambios en la operación de la red de distribución.</p> <p>En Valonia, se adoptó un marco para los consumidores de autoconsumo colectivo y se definió las Comunidades de Energía Renovable en un decreto.</p>
Ejemplos de comunidades energéticas	
La agencia de energía de Dublín coordina el respaldo a más de 80 comunidades energéticas mediante el nombramiento de un «mentor coordinado» en cada autoridad local de la región de Dublín, para que les oriente en el proceso de tres pasos denominado «Learn – Plan – Do» (aprender - planificar - hacer). (Pág 8. Comunidades Energéticas, Municipios y autoridades locales: Socios ideales; 2021).	
PORTUGAL	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
Una comunidad energética se define como un conjunto de usuarios finales y/o productores que están ubicados en la misma zona geográfica y que están unidos por un acuerdo contractual para compartir energía renovable de fuentes locales.	<ol style="list-style-type: none">Autoconsumo compartido: Los miembros de una comunidad energética pueden generar energía renovable en sus propias instalaciones, como paneles solares fotovoltaicos, y consumir la energía generada de forma individual.Acuerdos contractuales: Los miembros de una comunidad energética pueden establecer acuerdos contractuales entre ellos para regular la producción, distribución y compartición de energía renovable.Cooperativas energéticas: En muchos casos, las comunidades energéticas se organizan en forma de cooperativas.
Ejemplos de comunidades energéticas	
<ol style="list-style-type: none"><u>AIP Foundation Group y EDP, Barrio Solar.</u>	


REINO UNIDO	
Definición del concepto	Modelos de comunidades
El concepto sí existe y en algunos lugares se habla de Cooperativas Energéticas, mientras que, en otros sectores de habla de Comunidades Energéticas, en ambos casos se definen de la misma manera: La energía impulsada por las personas se trata de que las comunidades tomen el control democrático sobre su futuro energético, entendiendo, generando, usando, poseyendo y ahorrando energía en sus comunidades, así como trabajando juntas en todas las regiones y a nivel nacional.	Las cooperativas de energía en el Reino Unido se diferencian de las europeas (española, francesa, alemana) porque no son proveedoras de electricidad y no son las que facturan al consumidor final. En la actualidad, solo un actor cooperativo (Coop Energy, parte de The Midcounties Co-operative) tiene licencia para suministrar electricidad y ha logrado ganar una cuota de mercado considerable.
Ejemplos de comunidades energéticas	
El ayuntamiento de la ciudad de Plymouth respaldó la creación del PEC (Plymouth Energy Community, comunidad energética de Plymouth) asignando personal para diseñar un plan empresarial y dar respaldo al reclutamiento de 100 miembros fundadores. (Pág 7. Comunidades Energéticas, Municipios y autoridades locales: Socios ideales; 2021).	

Fuente: Mesa DER Colombia (2023). Comunidades Energéticas, Retos para la participación y su sostenibilidad.





Propuesta de fortalecimiento a los tipos de comunidades energéticas en Colombia



Las Comunidades Energéticas en Colombia tienen el potencial de fortalecer el modelo organizativo actual para la generación, comercialización y uso eficiente de la energía. Basándose en experiencias internacionales exitosas, este modelo ha demostrado ser efectivo para impulsar el uso de energías renovables, mejorar la resiliencia de las comunidades y democratizar el acceso a la energía.

La Comisión Europea destaca que las comunidades energéticas deben operar bajo principios de participación voluntaria y abierta, priorizando los beneficios sociales sobre los financieros. En el caso de Colombia, el país presenta un contexto favorable para el desarrollo de este tipo de comunidades, dado su alto potencial en energías renovables (solar, eólica, biomasa) y la creciente preocupación por la inclusión social y ambiental dentro del sector energético. No obstante, para que estas comunidades se desarrollen de manera efectiva, es fundamental establecer un marco normativo robusto y una estrategia clara que permita su implementación gradual y sostenible.

Por lo tanto, se propone reforzar el marco normativo y regulador para la creación y gestión de comunidades energéticas, tomando como inspiración las prácticas de cooperación de REScoop en Europa. Este modelo fortalecerá la gobernanza local y garantizará la equidad en el acceso a los beneficios derivados de la transición energética. Además, es esencial integrar las estrategias que actualmente lidera el Ministerio de Minas y Energía, dentro del marco de la Transición Energética Justa, tales como los Municipios Energéticos, y asegurar la coherencia

y coordinación interinstitucional entre las distintas iniciativas.

Asimismo, se sugiere expandir las partes interesadas en las comunidades energéticas, incorporando actores clave de toda la comunidad local. Estas partes interesadas deben adaptarse a las condiciones y necesidades específicas de cada región, integrándose adecuadamente en las dinámicas sociales y económicas locales. Se recomienda involucrar, además de los actores tradicionales, clubes deportivos, centros comunitarios, centros comerciales, iglesias, colegios y empresas locales, con el objetivo de garantizar un enfoque holístico e inclusivo.

Para asegurar la sostenibilidad de las comunidades energéticas, se propone promover de manera constante programas de sensibilización y capacitación en energías renovables. Esto incluiría formación técnica y en gestión para los miembros de las comunidades, así como posibles alianzas con universidades y centros de investigación para crear un ecosistema de innovación que facilite el desarrollo de tecnologías accesibles y adecuadas al contexto colombiano. Estas acciones complementarán la Escuela de Transición Energética Justa, iniciativa en desarrollo y liderada por el Ministerio de Minas y Energía con apoyo del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE), fortaleciendo el proceso de formación y la transición hacia un sistema energético más equitativo y sostenible. La Ilustración 1 copila la propuesta para el fortalecimiento de comunidades energéticas en Colombia.

Mecanismos de participación







Los mecanismos de participación hacen referencia a las diferentes formas de comunicación que permiten a los ciudadanos comunicarse entre sí y el gobierno, a través del desarrollo de audiencias públicas, foros ciudadanos, reuniones comunitarias o vecinales, actividades de extensión comunitaria, grupos de asesoramiento ciudadano y representación ciudadana individual.

Mecanismos de participación a nivel internacional

Es necesario asegurar el derecho de participación de los ciudadanos, mediante la participación inclusiva que permita enriquecer procesos de formulación de políticas al incorporar puntos de vista diversos y aprovechar el conocimiento colectivo. A nivel internacional cada país asegura la participación ciudadana mediante diferentes mecanismos regulados en la normativa propia

vigente, a continuación, se presentan los diferentes mecanismos de participación establecidos para Brasil, Chile, Costa Rica, México, Estados Unidos, Alemania, Bélgica, España, Francia, Irlanda, Portugal y Reino Unido, junto con los mecanismos de participación que impulsan específicamente el desarrollo de comunidades energéticas:

Tabla 7. Comparativo de mecanismos de participación a nivel nacional.

País	Mecanismos de participación a nivel nacional	Mecanismos de participación en comunidades energéticas
 BRASIL	La Constitución Federal de 1988 garantiza la participación de la sociedad en la gestión de políticas y programas promovidos por el Gobierno Federal. La participación puede ocurrir a través de diferentes modalidades, las más comunes son los consejos, sin embargo también se resaltan mecanismos como el voto, plebiscitos, referendos y leyes de iniciativa popular.	La Resolución 482 de 2012 ha permitido a los ciudadanos generar su propia energía en base a un esquema de medición neta en forma de Generación Distribuida, adicionalmente, la comunidad puede participar a través de cooperativas y asociaciones energéticas que les permite participar en decisiones y recibir beneficios económicos, esto gracias a la Organización de las Cooperativas Brasileñas (OCB).
 CHILE	Los cuatro mecanismos de participación ciudadana están expresamente señalados en la Ley 20.500 sobre Asociaciones y Participación Ciudadana en la Gestión Pública, en los artículos 71, 72, 73 y 74, refiriendo: acceso a la información relevante, cuentas públicas participativas, consultas ciudadanas y consejos de la sociedad civil.	En el la Ley 21118 de 2018, artículo 149, se establece que los usuarios finales sujetos a fijación de precios que se agrupen para ejercer el derecho, deberán estar conectados a las redes de distribución del mismo concesionario de servicio público de distribución y acreditar la propiedad conjunta del equipamiento de generación eléctrica. Dichos usuarios deberán suscribir un contrato con las menciones mínimas establecidas en el reglamento, entre las que se deberán considerar, al menos, la identificación completa de todos los usuarios, sus domicilios, la participación de cada uno de ellos en la propiedad del equipamiento de generación, el nombre del representante de los usuarios ante la concesionaria y las reglas de repartición de la energía generada.

País	Mecanismos de participación a nivel nacional	Mecanismos de participación en comunidades energéticas
 COSTA RICA	Los actuales mecanismos institucionales para la participación ciudadana más relevantes en Costa Rica, son: elecciones de representantes, partidos políticos, oficina de iniciativa popular, el referéndum, y mecanismos a escala cantonal y distrital (cabildo, referendo y plebiscito).	La Ley 8345 de 2003, promueve el desarrollo de las cooperativas energéticas, especialmente en zonas rurales, impulsando la participación ciudadana y la sostenibilidad. A través de este modelo, los miembros tienen la oportunidad de invertir en proyectos de energía renovable y compartir los beneficios económicos y ambientales generados. Las cooperativas se rigen por principios de adhesión voluntaria, gestión democrática y distribución equitativa de los beneficios. Además, fomentan la educación y la conciencia sobre el uso responsable de la energía, ofreciendo programas de capacitación y proyectos educativos orientados a promover la eficiencia energética y el consumo consciente de los recursos.
 MÉXICO	México cuenta con 16 instrumentos para que la ciudadanía participe activamente en la administración pública, son: Plebiscito, referéndum, rectificación constitucional, iniciativa ciudadana, rectificación de mandato, revocación de mandato, consulta popular, presupuesto participativo, comparecencia pública, proyecto social, asamblea popular, ayuntamiento abierto, colaboración popular, planeación participativa, diálogo colaborativo, y contraloría social.	<p>El marco normativo para comunidades urbanas y rurales se basa en la Constitución Mexicana y en diversas leyes y reglamentos emitidos por diferentes entidades gubernamentales. Algunas de las principales normas aplicables incluyen:</p> <p>La Ley de la Industria Eléctrica (LIE), establece las bases para el desarrollo de la industria eléctrica en México, incluyendo la promoción de la generación distribuida y el autoconsumo de energía en comunidades rurales y urbanas. En esta ley se pueden destacar los siguientes artículos:</p> <ol style="list-style-type: none">Artículo 6: Establece que los particulares pueden participar en la generación de energía eléctrica y establece los requisitos para hacerlo.Artículo 7: Establece la responsabilidad de las comercializadoras de energía eléctrica de adquirir energía generada por particulares.
 ESTADOS UNIDOS	Los mecanismos institucionalizados para la participación ciudadana y el desarrollo de la democracia directa se describen en la Ley de Autonomía Local. Estos mecanismos son: consulta pública, información pública, petición, iniciativas cívicas, referéndum, comités consultivos.	<p>Se identifica que estados con mandatos legislativos han focalizado sus programas solares comunitarios de varias maneras. En general, se utiliza el modelo de capacidad límite de financiación “State of Community Solar Program Caps – 19 states and Washington DC”.</p> <p>Por otra parte, algunos estados sin mandatos legislativos, las utilities desarrollan programas solares comunitarios de forma voluntaria y orientados a usuarios de bajos/medios ingresos o vulnerables, en algunos casos, los programas están limitados por la capacidad aprobada por la comisión reguladora de su estado.</p>
 ALEMANIA	En cada uno de los 13 estados los ciudadanos tienen derecho al voto, adicional, pueden acaparar el poder de decisión en determinados asuntos comunales mediante iniciativas populares o consultas populares, que deben ser aprobadas por el consejo local.	El gobierno federal ha implementado, u ofrece actualmente, varios programas e iniciativas de financiamiento. La mayoría de ellos apoyan el desarrollo de programas de protección climática o el establecimiento de gestiones de protección a nivel local o regional, además la financiación participativa permite la inversión ciudadana con retorno económico.

País	Mecanismos de participación a nivel nacional	Mecanismos de participación en comunidades energéticas
 BÉLGICA	La participación ciudadana en política y en la sociedad de Bélgica, adopta diversas formas entre ellas: presupuesto participativo, consejos consultivos, plebiscitos locales, interpelaciones ciudadanas, peticiones, peticiones ciudadanas e iniciativas ciudadanas.	<ol style="list-style-type: none">1. Como nuevo actor: Una comunidad energética puede adoptar tres formas: ciudadana, renovable o local. Será necesario distinguir las actividades que la comunidad podrá realizar, las categorías de personas que podrán participar en ella, las categorías de miembros que podrán controlarla.2. Derecho del cliente final a convertirse en cliente activo: Este cliente activo puede actuar solo o en conjunto con otros clientes activos, siempre que ocupen el mismo edificio. Puede autoproducir electricidad, almacenarla y comprarla (estas actividades no son nuevas, pero ahora están incluidas en las disposiciones de la ordenanza).3. Intercambio entre pares: Se trata del intercambio de electricidad procedente de fuentes de energía renovables entre clientes activos sobre la base de un contrato que contiene condiciones preestablecidas que rigen la ejecución y liquidación automáticas de la transacción, ya sea directamente entre los clientes activos o a través de un intermediario.
 ESPAÑA	Los mecanismos de participación ciudadana acorde a lo estipulado en la Constitución Española, artículo 23, señala: iniciativa legislativa popular, referéndum, derecho de petición. Otras herramientas diseñadas en la plataforma "Decide Madrid" se encuentran: audiencias públicas, confección de presupuestos participativos, propuestas ciudadanas y participación ciudadana en la elaboración normativa.	La normativa en España sobre comunidades energéticas, la cual surge de la Ley de Cambio Climático y Transición Energética aprobada en 2021, reconoce y regula el mecanismo de participación de los usuarios en el mercado, permitiendo el acceso a todos los mercados de la energía adecuados tanto directamente como mediante agregación de manera no discriminatoria.
 FRANCIA	La Ley del 6 de febrero de 1992, busca introducir la noción de "democracia local", en el nuevo siglo se consideraron mecanismos de participación como presupuestos participativos, jurados ciudadanos y consejos ciudadanos.	En Francia se encuentran dos estructuras de gobernanza. Por un lado, algunas CE optan por otorgar derechos de voto, independiente del capital aportado, con base en el principio de igualdad. Estas comunidades son impulsadas particularmente por ciudadanos y tienen una estructura de gobierno que asegura que estos actores tengan una voz importante en el funcionamiento de la comunidad. Por otro lado, están las CE que ofrecen a los miembros una responsabilidad legal y financiera proporcional a su aporte de capital.
 IRLANDA	Irlanda es una de las principales referencias de democracia deliberativa, inspirada en los mini públicos, y establecida por la Convención Constituyente (2012 - 2014). Posteriormente se crean las Asambleas Ciudadanas (2016 - 2018 / 2019 - 2021).	El gobierno irlandés ha implementado políticas y programas de financiamiento y subsidios para apoyar a las CE en la instalación de sistemas de generación de energía renovable, como paneles solares y turbinas eólicas. Además, se han creado esquemas de incentivos, como el Sistema de Apoyo a la Generación de Energía Renovable (Renewable Energy Support Scheme, RESS), que proporciona pagos por la electricidad generada a partir de fuentes renovables.

País	Mecanismos de participación a nivel nacional	Mecanismos de participación en comunidades energéticas
 PORTUGAL	Los mecanismos de participación ciudadana acorde en la Constitución portuguesa, en el artículo 167 regula la iniciativa de ley y la iniciativa de referéndum. Adicionalmente en la Constitución se contempla el derecho de petición.	Portugal ha establecido un marco legal y regulatorio para fomentar el desarrollo de las comunidades energéticas. La Ley de Autoconsumo, aprobada en 2019, establece las normas y requisitos para el autoconsumo y permite la creación de comunidades energéticas. La comunidad puede participar de la siguiente forma: <ol style="list-style-type: none">1. Las comunidades energéticas en Portugal se basan en principios de participación y gobernanza colectiva.2. Los miembros de las comunidades energéticas pueden participar en proyectos de energía renovable a nivel comunitario, ya sea como inversionistas o como beneficiarios directos.
 REINO UNIDO	Los mecanismos de participación ciudadana utilizados en Reino Unido son: Consulta apreciativa, jurados ciudadanos, paneles de ciudadanos, redes de empoderamiento comunitario, construcción de consenso/diálogo, conferencia de consenso, mapeo deliberativo, encuesta deliberativa, demócratas, procesos electrónicos, conferencia de búsqueda futura, evaluación participativa, planificación estratégica participativa, tecnología de espacio abierto, paneles de usuario, e Iniciativas de empoderamiento juvenil.	El papel de la mayoría de las cooperativas de energía del Reino Unido se limita a la cofinanciación y la copropiedad de instalaciones de energía renovable para beneficiar a la comunidad. Las ganancias se reinvierten para financiar proyectos nuevos y, en algunos casos, se están introduciendo diferentes esquemas para abordar la pobreza energética en los modelos de negocios.

Fuente: Mesa DER Colombia (2023). Comunidades Energéticas, Retos para la participación y su sostenibilidad.



Mecanismos regulados a nivel nacional

En Colombia, los mecanismos de participación ciudadana son herramientas establecidas para que los ciudadanos puedan ejercer el derecho de participación, e incentivar la democracia participativa directa de los ciudadanos, en Colombia estos mecanismos se encuentran establecidos mediante la Constitución de 1991.

Los mecanismos de participación permiten a los colombianos hacer parte de la toma de decisiones y en la resolución de problemas comunes, como también pueden ejercer control. De conformidad con el

artículo 103 de la Constitución Política, se definen los siguientes mecanismos: el voto, el referendo, el plebiscito, la consulta popular, la iniciativa legislativa o normativa, la revocatoria del mandato y el cabildo abierto.

Adicionalmente la Ley 134 de 1994, regula la aplicación de estos mecanismos, definiendo procedimientos específicos para la iniciativa popular legislativa y normativa, el referendo, la consulta popular en distintos niveles territoriales, la revocatoria del mandato; el plebiscito y el cabildo abierto.

La implementación de la consulta previa en Colombia está regulada por diversas directivas presidenciales que establecen lineamientos para su desarrollo:

- Directiva Presidencial 01 de 2010: Plantea los principios generales para el diálogo con comunidades étnicas.
- Directiva Presidencial 10 de 2013: Estructura un proceso en cinco etapas para garantizar una participación efectiva.
- Directiva Presidencial 08 de 2020: Incluye una etapa adicional de determinación de procedencia y oportunidad, en concordancia con la sentencia SU-123 de 2018 de la Corte Constitucional, que reafirma la importancia del respeto a este derecho fundamental.

El proceso de consulta previa se desarrolla en cinco etapas principales, conforme a la Directiva 10 de 2013:

1. Determinación de procedencia.
2. Identificación de las comunidades afectadas.
3. Preparación del proceso.
4. Diálogo intercultural.
5. Seguimiento y cumplimiento de acuerdos.

La Directiva 08 de 2020 fortalece este marco al enfatizar la coordinación interinstitucional, la eficiencia administrativa y las buenas prácticas de gobernanza, asegurando que la consulta previa sea un mecanismo efectivo de participación.

Mecanismos de participación para Comunidades Étnicas

Las comunidades étnicas en Colombia (indígenas, afrodescendientes, raizales, palenqueras y rom) cuentan con diversos mecanismos de participación diseñados para garantizar su derecho a la consulta, al consentimiento previo y a la incidencia en decisiones que afecten su territorio, cultura y bienestar. Estos mecanismos están enmarcados en la Constitución de 1991 y el Convenio 169 de la OIT.

La Constitución Política de 1991, en el artículo 7, reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la nación colombiana. Este reconocimiento implica aceptar y respetar diversas formas de vida y sistemas de entendimiento, además de otorgar personería jurídica a las comunidades indígenas. Esto les permite ejercer plenamente sus derechos fun-

damentales y solicitar protección frente a posibles vulneraciones.

Consulta previa

La consulta previa es un derecho fundamental establecido por el Convenio 169 de la OIT y reconocido por la Constitución de Colombia. Según el ABC de Consulta Previa del Ministerio del Interior 2023, este derecho es colectivo y busca garantizar la participación auténtica, oportuna y efectiva de las comunidades étnicas en la toma de decisiones sobre medidas administrativas, legislativas, proyectos, obras o actividades que puedan afectarlas directamente. Su propósito es proteger la integridad física y cultural de estas comunidades.

Mecanismos de participación para Comunidades Energéticas

Para las comunidades energéticas en Colombia cuentan con mecanismos de participación que se enmarcan dentro de un conjunto de normativas y leyes orientadas a promover la integración de las energías renovables no convencionales (ERNC) al Sistema Energético Nacional, fomentar la autonomía energética en las comunidades y garantizar su participación activa en la gestión de proyectos energéticos. A continuación, se exponen los principales marcos normativos que rigen estos mecanismos de participación:

- Ley 142 de 1994 - Ley de Servicios Públicos Domiciliarios: Aunque esta ley fue creada para regular los servicios públicos domiciliarios, establece principios que también se aplican a las comunidades energéticas, especialmente en lo que respecta a los derechos de los usuarios, la

ley garantiza los derechos de las comunidades en el acceso a los servicios públicos, incluyendo la electricidad, y establece mecanismos para la participación en la planificación y evaluación de los servicios.

- Ley 1715 de 2014 - Integración de las Energías Renovables No Convencionales: El artículo 25 de esta ley establece las condiciones para la participación de las comunidades energéticas en la implementación de proyectos de energías renovables, definiendo los actores que podrán involucrarse tanto a nivel local como nacional. Asimismo, el Capítulo III de la ley detalla los incentivos destinados a fomentar la inversión en proyectos que utilicen fuentes no convencionales de energía, promoviendo así su desarrollo y expansión en el país.

- Decreto 2236 de 2023: En el artículo 2.2.9.1.2 Naturaleza jurídica y objetivos de las Comunidades energéticas, señala como uno de los objetivos a cumplir más no obligatorio, literal c, democratizar la energía a partir de la participación de los usuarios y potenciales usuarios como generadores y gestores de las FNCER, combustibles renovables y recursos energéticos distribuidos.

El artículo 2.2.9.1.7, establece “las comunidades energéticas y/o asociaciones de comunidades energéticas

conformadas por estructuras de gobierno propio de los pueblos y comunidades indígenas, de comunidades campesinas, negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras se se establecerán conforme a las normas propias que de manera general las rijan, las condiciones de su gobernanza según sus tradiciones, saberes y creencias para establecer el ejercicio de participación y toma de decisiones para la resolución de conflictos, la planeación, proyección, la propiedad de los activos, administración y en general, todas aquellas acciones encaminadas al bien común de la Comunidad Energética”.

Propuestas de mecanismos a utilizar en Colombia

El marco normativo colombiano para la participación de las comunidades energéticas ha avanzado significativamente mediante la promulgación de resoluciones (Resolución 40137 de 2024 y Resolución 40136 de 2024) y el Decreto 2236 de 2024, además de considerar leyes existentes que promueven la inclusión de energías renovables, la descentralización energética y la participación comunitaria en la gestión de proyectos. No obstante, persisten desafíos en términos de implementación efectiva y coordinación interinstitucional, particularmente en áreas rurales y alejadas del país. A pesar de estas dificultades, las resoluciones y el decreto mencionado establecen un marco legal fundamental para que las comunidades puedan participar activamente en el desarrollo energético de sus regiones, contribuyendo a la sostenibilidad nacional.

En este contexto, herramientas como la *Metodología General Aplicable a los Planes Formulados por la UPME para Incorporar en ellos el enfoque Territorial* ofrecen una base técnica relevante para fortalecer la participación de las comunidades energéticas en Colombia. Esta metodología busca la estandarización para la incorporación del enfoque territorial en

la planeación sectorial, bajo lógicas de flexibilidad y gradualidad. Las dimensiones que se incluyen tienen un enfoque económico, ambiental, socio - cultural, político - institucional y sectorial. A continuación se detallan las dimensiones, las cuales podrán considerarse como parte de los mecanismos de participación y acercamiento a territorios:

- 1. Regionalización:** La regionalización permite priorizar regiones clave para la planeación sectorial, identificando dinámicas específicas y posibles puntos de intervención. Se incluyen criterios específicos para la regionalización, siendo: expansión sectorial, necesidades minero energéticas de las regiones, cadena de valor proyectada, determinantes ambientales y determinantes sociales.
- 2. Caracterización:** La caracterización integral del territorio, da entendimiento de las dinámicas y tensiones en los territorios, y es a partir de dichos escenarios que se elaboran, replantean y ajustan líneas estratégicas.

- 3. Prospectiva:** La prospectiva permitirá definir y construir posibles escenarios que permitan prever las implicaciones del desarrollo del sector en los territorios en el mediano y largo plazo, y permitirá identificar ventanas de oportunidad y riesgos que se pueden desencadenar.
- 4. Planeación:** En la dimensión de planeación se estructurarán y formularán los planes de sectoriales con líneas estratégicas y recomendaciones, retos y acciones y mecanismos priorizados, así como las acciones de monitoreo y seguimiento y los responsables de implementación.
- 5. Comunicación:** La comunicación permitirá facilitar el acercamiento entre la UPME y los diferentes grupos de interés en los territorios, construir relaciones de confianza y legitimar las actuaciones de la UPME y del sector en el territorio, donde la sociedad civil, los entes territoriales y el sector privado pueden jugar un papel muy importante como aliados durante el proceso.
- 6. Evaluación y seguimiento:** Será necesario determinar si el plan formulado incorpora el enfoque territorial, si está alineado y/o contribuye a las metas ODS, OCDE y la Política de Crecimiento Verde y si está cumpliendo lo consignado en los planes.

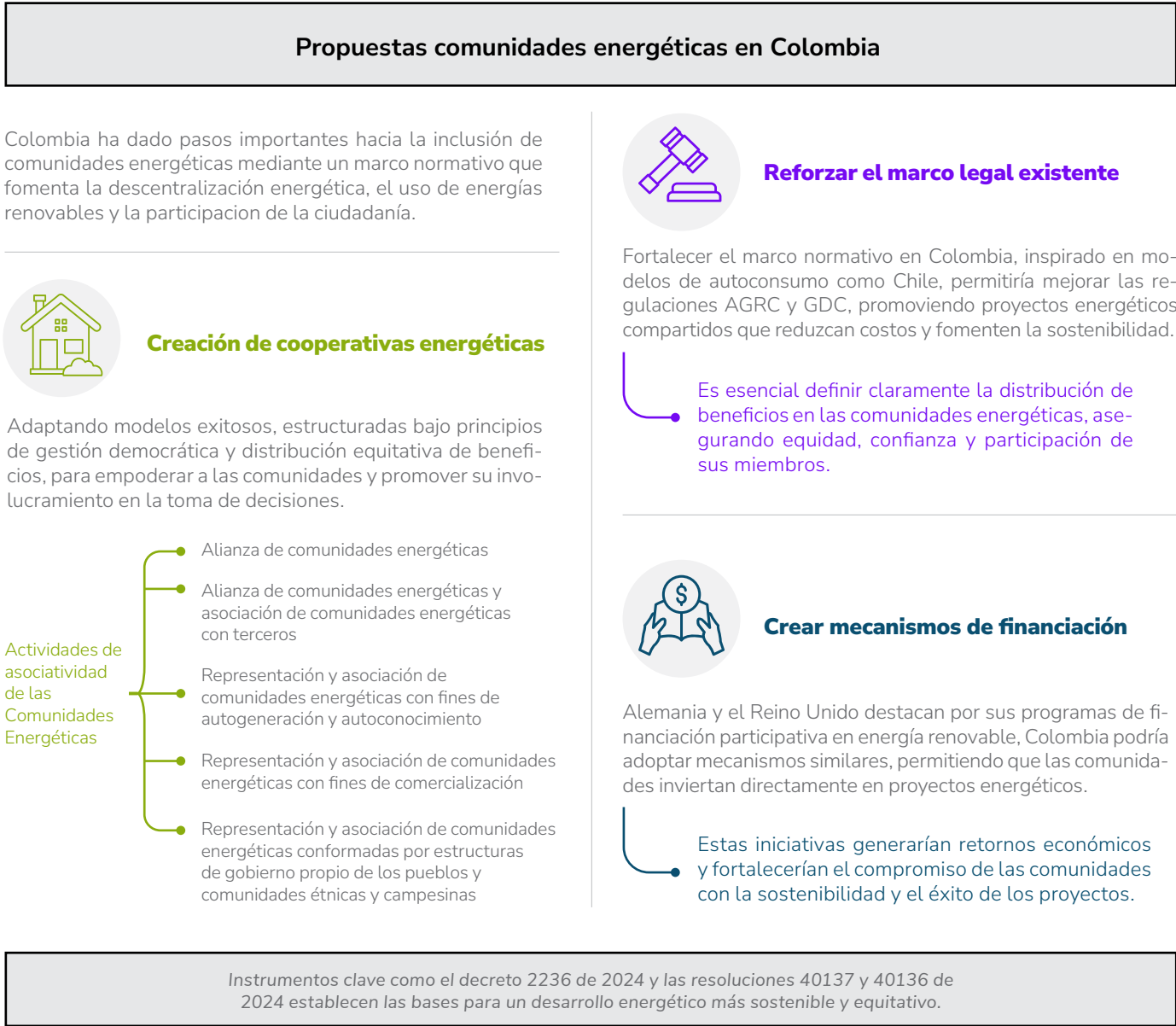
Adicionalmente, para fortalecer la participación de las comunidades energéticas, resulta clave aprender de experiencias internacionales exitosas y adaptar modelos probados, como las cooperativas energéticas, tal como

se propone en la sección 6, “Tipos de Comunidades Energéticas”. Se recomienda que estas cooperativas se estructuren bajo principios de gestión democrática y distribución equitativa de los beneficios, lo que empoderaría a las comunidades y fomentaría su participación en la toma de decisiones.

Además, sería valioso reforzar el marco legal existente, tomando como referencia a países como Chile, que han implementado modelos de generación de energía de autoconsumo. Colombia podría fortalecer el marco normativo que actualmente está propuesto para las dos formas regulatorias de generación distribuida al sistema interconectado AGRC y GDC. Este enfoque permitiría a los ciudadanos y empresas locales colaborar en la creación de proyectos energéticos compartidos, reduciendo costos y promoviendo la sostenibilidad. A su vez, sería fundamental establecer de manera clara cómo se distribuirán los beneficios entre los miembros de las comunidades energéticas, garantizando una repartición justa que fomente la confianza y la participación activa.

Otro ejemplo para considerar es el de Alemania y el Reino Unido, que han implementado exitosos programas de financiación participativa para proyectos de energía renovable. Siguiendo esta línea, Colombia podría crear mecanismos de financiación que permitan a las comunidades invertir directamente en proyectos energéticos. Este tipo de iniciativas no solo generaría retornos económicos para las comunidades, sino que también incrementaría su compromiso con el éxito y la sostenibilidad de los proyectos.

Ilustración 1. Propuestas comunidades energéticas en Colombia.






Anexos

Metodología Procesamiento Cartografía

Las capas correspondientes a la cartografía base, y las variables propuestas se obtuvieron en formato Esri Shape, TIFF y/o CSV de repositorios de datos abiertos (Tabla 1). La figura 1 resume el procedimiento de obtención de las capas desde fuentes públicas. También se obtuvieron los datos e indicadores sociodemográficos del censo nacional de población y vivienda de 2018

(DANE, 2018). Los valores de los rasters (por ejemplo, potencial de producción de electricidad fotovoltaica promedio anual) por pixel se promediaron para el área de cada municipio, y los valores numéricos de las capas de polígonos a nivel municipal se extrajeron. Estos valores se unificaron en una tabla general por municipio usando lenguaje de programación R para su posterior calibrado y cálculo de puntajes de potencial.

Tabla 1. Capas cartográficas.

Dimensión	Capa	Año	Fuente
 AMBIENTAL	SINAP (Parques Nacionales, Santuarios de Fauna y Flora, Reservas Forestales Protectoras, Parques Naturales Regionales y Distritos de Manejo Integrado, Áreas protegidas privadas: Reservas Naturales de la Sociedad)		
	Bosque seco tropical		
	Humedales de Colombia		
	Páramos		
	AICAS		
	KBA		
	CONPES		
	Humedales de Ramsar		
 TÉCNICO	Índice de cobertura de energía eléctrica por municipio	2024	UPME, 2024
 ECONÓMICO	Recursos regalías pagados el primer semestre de 2024	2024	MTIC, 2024
	Proporción de usuarios por estrato primer semestre de 2024	2024	SSPSPD, 2024
	Pérdida anual esperada multiamenaza municipal	2019	IGAC, 2024



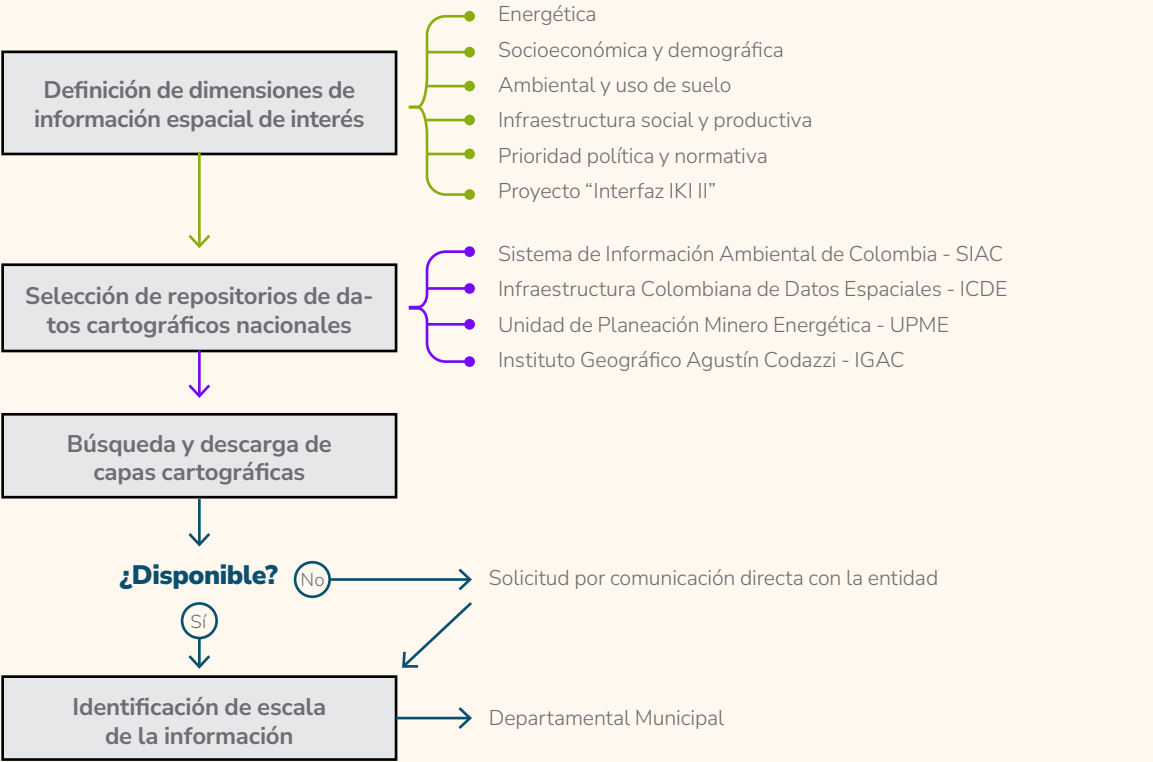
Dimensión	Capa	Año	Fuente
 AMBIENTAL	Índice de riesgo ajustado por capacidades	2018	PTC, 2024
	Densidad de potencia eólica promedio a 50m	2024	WBG, 2024-2
	Sumatoria de Potenciales Hidroenergéticos por subzona hidrográfica Lc 1 kilómetro	2024	UPME, 2024
	Potencial de producción de electricidad fotovoltaica promedio anual	2024	WBG, 2024-1
	Potencial Biomasa Total Animal	2024	UPME, 2024
	Potencial Biomasa Total Vegetal	2024	UPME, 2024
 SOCIAL	Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (Proporción de personas en necesidad)	2018	DANE, 2018
	Indice Multidimensional de Pobreza Energética media anual departamental	2018	Jiménez et. al., 2024
	Consejos comunitarios	2024	ANT, 2024
	Resguardos Indígenas Formalizados y Cartografiados	2024	ANT, 2024
	Zonas de Reserva Campesina	2024	ANT, 2024
	Territorios campesinos agroalimentarios	2020	ODT, 2024
	Municipios pertenecientes a las zonas más afectadas por el conflicto armado - ZOMAC	2017	IGAC, 2024
	Territorio ancestral	2023	IGAC, 2024

Figura 1. Procedimiento de obtención de capas geográficas.



Referencias

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). Información Censo nacional de población y vivienda 2018. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi	Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2024). Geoportal Sectorial. https://energia-upme.hub.arcgis.com/
World Bank Group - WBG (2024-1). Global Solar Atlas. https://globalsolaratlas.info/	Ministerio de Medio Ambiente - MMA (2024). Sistema de Información Ambiental de Colombia. http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas
World Bank Group - WBG (2024-2). Global Wind Atlas. https://globalwindatlas.info/	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones MTIC (2024). Datos Abiertos Colombia. https://www.datos.gov.co/
Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (2024-1). Repositorio Colombia en Mapas. https://www.colombiaenmapas.gov.co/	Observatorio de Tierras - ODT (2024). Territorios Campesinos Agroalimentarios – TECAM. https://www.observatoriodetierras.org/territorios-campesinos-agroalimentarios-tecam/
Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (2024-2). Datos Abiertos Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. https://datos.icde.gov.co/	Portal Territorial de Colombia - PTC (2024), Índice Municipal de Riesgo de Desastres Ajustado por Capacidades. https://portalterritorial.dnp.gov.co/AdmGesRiesgo/iGesRiesgoIndice
Jiménez, O. R. J., Florian, D. D., Torres, D. G., & García, M. C. (2024). Assessing energy vulnerability in Colombia using a multidimensional index. Environmental and Sustainability Indicators, 100517.	Superintendencia de Servicios Públicos - SSPSPD (2024). Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios. http://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-sector/Energia/Reportes-comerciales/Consolidado-de-energia-por-empresa-y-departamento

Referencias

Arnim, H. H. (2004). *Democracia y formas de participación local en Alemania*. Noviembre.

Brasil, G. d. (2008). *Informe de Control Social de Bolsa Familia*. Obtenido de La participación social, una evolución de la democracia en beneficio de todos: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/bolsa_familia/informe_controle_social/Informe%2013.pdf

Ciudadana, S. d. (s.f.). ¿Qué son los Mecanismos de Participación Ciudadana? Obtenido de <https://participa.jalisco.gob.mx/mecanismo-de-participacion-ciudadana/>

Colombia, M. D. (2023). *Comunidades Energéticas: Retos para la participación y su sostenibilidad*. Colombia inteligente.

Comission, E. (s.f.). *A roadmap to developing a policy and legal framework that enables the development of energy communities*. Energy Communities Repository. Obtenido de European Comission.

Decreto 2236 de 2023. Por la cual se adiciona al Decreto 1073 de 2015 con el fin de reglamentar parcialmente el artículo 235 de la Ley 2294 de 2023 del Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026 en lo relacionado con las Comunidades Energéticas en el marco de la Transición Energética Justa en Colombia. 22 de diciembre de 2023.

Departamento de Género y No-discriminación (GEDI) de América Latina y el Caribe. (2024). Cerrar la brecha de género para impulsar la economía y la productividad en América Latina. <https://www.ilo.org/es/publications/serie-panorama-laboral-en-america-latina-y-el-caribe-2024-cerrar-la-brecha-0>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). Índice de riesgo de desastres ajustado por capacidades. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/IndiceMunicipaldeRiesgodeDesastres.pdf>

Governance, G. (s.f.). *Mechanisms for citizen participation*. Obtenido de <http://goodgovernance.info/eng/Article/category/mechanisms-for-citizen-participation>

Involve. (2005). *People & Participation: How to put citizens at hte heart of decision-making*.

Jone Martínez-Palacios, A. M. (2019). Capítulo 8. La institucionalización de la participación ciudadana: un diálogo entre España y Francia. En *Procesos y Metodologías Participativas: Reflexiones y experiencias para la transformación social* (págs. 149-167).

Ministerio de Minas y Energía. (2024-a). ABC Comunidades energéticas. <https://www.minenergia.gov.co/documents/11069/ABC-ComunidadesEnergeticas-2023.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2024-b). Comunidades energéticas. <https://www.minenergia.gov.co/es/comunidades-energeticas/>

Paola Alvarez D., M. M. (2020). *Mecanismos de relación con la ciudadanía en el Parlamento de España*.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria.

Participación ciudadana en democracia: espacios y mecanismos / Ana Mariela Castro Ávila; Gina Sibaja Quesada. Primera edición. San José, Costa Rica: Instituto de Formación y Estudios en Democracia, 2016.

Secretaría del interior, S. d. (s.f.). *Unidad de Género y Participación Ciudadana*. Obtenido de Mecanismos de participación ciudadana: <https://generoyparticipacion.interior.gob.cl/mecanismos-de-participacion-ciudadana/>

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (Diciembre,2 021). *Metodología de enfoque territorial*. <https://www1.upme.gov.co/Documents/Enfoque-territorial/Metodologia-enfoque-territorial.pdf>

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD. (s.f.). Índice de Gestión de Riesgo *Municipal*: <https://portalterritorial.dnp.gov.co/AdmGesRiesgo/iGesRiesgoIndice>

Vrydagh, J. (2024). *Country Report: Belgium, The Significance of Citizen Participation in Politics and Society*. Robert Bosch Stiftung.

Weidenslaufer, C. (2019). *Mecanismos de relación con la ciudadanía en el Parlamento de Portugal*.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria.

Winkler, M. C. (2021). *El proceso de reforma constitucional irlandés y sus mecanismos de participación ciudadana*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.