

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Estado del arte en la implementación de comunidades energéticas: análisis de resultados en países desarrollados y propuestas de implementación a nivel nacional

María Alejandra Murcia Albornoz

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Química

Director

Dr. Giovanni Morales Medina

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas
Escuela de Ingeniería Química
Programa Ingeniería Química
Bucaramanga
2024

Dedicatoria

A Dios gracias por guiarme en este proceso, por darme la sabiduría que me brindó a lo largo de este camino, agradezco su presencia en momentos de cansancio, además por darme el valor y la fortaleza para alcanzar este sueño.

A mis padres Nelson Murcia, Patricia Albornoz y mi hermano Samuel Murcia, quienes con su amor incondicional me permitieron alcanzar esta meta. Gracias por ser el pilar en mis momentos difíciles, gracias por su comprensión y apoyo durante este proceso. Su ejemplo de dedicación y trabajo ha sido la luz guía para mi vida.

A mi director de trabajo de grado el Doctor Giovani Morales, quien, con su paciencia, orientación y dedicación, me impulsó a superar los límites y mis capacidades, agradezco su tiempo y esfuerzo que depositó en mí durante este proceso.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de la universidad Sofi, Mari, Julián, Simón, Jose, Juan Pablo, Dani, Mafe, con quienes compartí momentos agradables, desde jornadas de estudio hasta risas y recuerdos memorables. Gracias por el apoyo mutuo y por hacer de la vida universitaria la mejor de las experiencias.

Agradecimientos

A la universidad industrial de Santander por ser el espacio en el cual pude crecer académica y personalmente. Agradezco a la institución por brindarme las herramientas necesarias para formar profesionales comprometidos con su labor. Este logro es un reflejo del compromiso y dedicación de cada uno de los miembros de esta universidad, quienes hacen posible la excelencia académica que caracteriza a la UIS.

A la escuela de ingeniería química por su nivel académico y por la calidad humana que brinda a sus estudiantes. Gracias a la planta docentes y personal administrativo por su apoyo y compromiso, además por sus enseñanzas ya que fueron esenciales para el cumplimiento de esta meta.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos.....	12
1.1. Objetivo general.....	12
1.2. Objetivo específico:	12
2. Marco Teórico	13
3. Metodología.....	21
3.1. Fase 1: Implementación del método PRISMA	21
3.1.1. Criterios de inclusión y exclusión de las publicaciones.....	21
3.2. Fase 2: Recopilación de los documentos obtenidos por la metodología PRISMA.....	22
3.2.1. Estudio de las políticas, costos y tecnologías adaptadas por los países desarrollados y en Colombia.....	22
3.3. Fase 3: Proposición de lineamientos para el contexto colombiano	22
4. Resultados.....	23
4.1. Análisis bibliométrico.....	23
4.2. Aspectos relevantes en la aplicación de comunidades energéticas.....	27
4.2.1. España:	28
4.2.2. Italia:.....	31
4.2.3. Grecia:	33
4.2.4. Francia:.....	36

	5
ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.	
4.2.5. Colombia	37
4.3. Lineamientos de implementación basados en los casos de éxito.....	40
4.3.1. Normativos	40
4.3.2. Geográficos:	41
4.3.3. Socioculturales:	42
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	44
Referencias.....	46
Apéndices.....	53

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Normatividad española	28
Tabla 2. Aspectos relevantes de las comunidades energéticas existentes en España	29
Tabla 3. Normatividad italiana	31
Tabla 4. Normatividad greca.....	34
Tabla 5. Aspectos relevantes de las comunidades energéticas existentes en Grecia	35
Tabla 6. Normatividad Francesa	37
Tabla 7. Aspectos relevantes de las comunidades energéticas existentes en Francia.....	37
Tabla 8. Normatividad colombiana.....	38
Tabla 9. Comunidades energéticas	40

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Fuentes de generación de energía en Colombia años 2015 a 2022	16
Figura 2. Mapa energético de proyectos fotovoltaicos	18
Figura 3. Mapa energético de la densidad Solar	18
Figura 4. Mapa energético de densidad eólica.....	19
Figura 5. Mapa de proyectos eólicos	19
Figura 6. Mapa de puntos de generación con biomasa	20
Figura 7. Fases de la metodología.....	21
Figura 8. Diagrama de las etapas y los resultados de la metodología PRISMA.....	23
Figura 9. Documentos por año.....	25
Figura 10. Documentos por territorio	25
Figura 11. Documentos por autor	26
Figura 12. Word cloud	27

Lista de apéndices

	Pág.
Apéndice A. Criterios bibliométricos	53
Apéndice B. Ubicación de comunidades energéticas	54
Apéndice C. Países a los cuales hace referencia el documento	56
Apéndice D. Datos de potencial eléctrico español.....	57
Apéndice E. Datos de potencial eléctrico italiano	57
Apéndice F. Datos de potencial eléctrico greco.....	58
Apéndice G. Datos de potencial eléctrico francés	59

Resumen

Título: Estado del arte en la implementación de comunidades energéticas: análisis de resultados en países desarrollados y propuestas de implementación a nivel nacional*

Autor: María Alejandra Murcia Albornoz**

Palabras Clave: PRISMA, Energía, energías renovables, sostenibilidad, transición energética

Descripción: El presente trabajo de grado aborda el estado del arte en la implementación de las comunidades energéticas, centrándose en el análisis de experiencias exitosas en países desarrollados como España, Francia, Italia y Grecia. Estas comunidades emergen como una estrategia clave para la transición hacia un sistema energético más sostenible, descentralizado y participativo. En este contexto, se examinan marcos normativos, modelos de participación ciudadana y las prácticas de gestión que han permitido el desarrollo de estas iniciativas en diferentes regiones.

A través de una revisión sistemática de la literatura y la recopilación de datos se identifican los beneficios que las comunidades energéticas han aportado. También se destacan los desafíos y barreras que enfrentan, incluyendo aspectos regulatorios.

Finalmente, se proponen directrices para la implementación de comunidades energéticas en Colombia, considerando las particularidades socioculturales y geográficas del país. La investigación concluye que las comunidades energéticas representan una oportunidad significativa para avanzar hacia un modelo energético más inclusivo en Colombia

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Giovanni Morales Medina. Ingeniero Químico, Doctor.

Abstrac

Title: State of the art in the implementation of energy communities: analysis of results in developed countries and proposals for implementation at the national level*

Author: María Alejandra Murcia Albornoz**

Keywords: PRISMA, Energy, renewable energies, sustainability, energy transition

Description: This thesis addresses the state of the art in the implementation of energy communities, focusing on the analysis of successful experiences in developed countries such as Spain, France, Italy, and Greece. These communities emerge as a key strategy for the transition towards a more sustainable, decentralized, and participatory energy system. In this context, regulatory frameworks, citizen participation models and management practices that have allowed the development of these initiatives in different regions are examined.

Through a systematic review of the literature and the collection of data, the benefits that energy communities have brought are identified. The challenges and barriers they face are also highlighted, including regulatory aspects. Finally, guidelines are proposed for the implementation of energy communities in Colombia, considering the sociocultural and geographical particularities of the country. The research concludes that energy communities represent a significant opportunity to move towards a more inclusive energy model in Colombia.

* Degree thesis

** Faculty of Physical and Chemical Engineering. School of Chemical Engineering.
Director: Giovanni Morales Medina. Chemical Engineer, PhD.

Introducción

Las comunidades energéticas (CE) son organizaciones que gestionan eficientemente la energía utilizando fuentes renovables locales, aumentando su autonomía y reduciendo la dependencia externa. Su establecimiento mejora la aceptación de energías renovables, fomenta la generación distribuida y contribuye a la eficiencia energética y la reducción de emisiones. Países desarrollados como Alemania, Dinamarca y España han liderado su implementación, estableciendo políticas que promueven la generación de energía y la participación comunitaria en el proceso de producción. (Romero Rubio, 2015).

La importancia de las comunidades energéticas (CE) en países en desarrollo como Colombia radica en su capacidad para democratizar el acceso a la energía, reducir la dependencia de combustibles fósiles y promover el desarrollo sostenible. Colombia está estableciendo estas comunidades bajo las leyes 1715 de 2014 y 2099 de 2021, que fomentan el uso de energías renovables y la transición energética. El país está invirtiendo en proyectos de CE, especialmente en zonas rurales y de difícil acceso como Guajira, Cauca y Chocó. No obstante, la implementación de estas CE debería basarse en casos de éxito de otros países como Francia, Italia, Grecia y España, adaptando lo que sea relevante a nuestro contexto.

Por lo anterior, el presente trabajo de grado fue dedicado al análisis documental de los casos de éxito en la promoción y aplicación de CE en países desarrollados identificando factores (políticos, tecnológicos, económicos y sociales) que puedan ser utilizados en la comparación y la aplicación en el contexto colombiano. La pregunta de investigación correspondió a: ¿Cuáles factores técnicos, económicos y sociales de los casos de éxito en comunidades energéticas a nivel mundial podrían ser aplicados en el contexto colombiano?

1. Objetivos

1.1.Objetivo general

Analizar cómo han afectado los factores políticos, técnicos, económicos y sociales en el desarrollo de las comunidades energéticas en países desarrollados, estableciendo una comparación con el caso Colombiano.

1.2.Objetivo específico:

- Implementar a la metodología PRISMA seleccionando y recopilando los documentos más relevantes sobre la implementación de comunidades energéticas a nivel mundial.
- Analizar los documentos recopilados mediante la metodología PRISMA, identificando similitudes en los casos y aspectos relevantes de las tecnologías de comunidades energéticas, incluyendo costos, políticas, economía, ubicación espacial, entre otros.
- Revisar las características políticas, económicas y tecnológicas en Colombia para las comunidades energéticas.
- Proponer lineamientos para la implementación de las comunidades energéticas en Colombia considerando los diferentes aspectos geográficos, socioculturales y políticos del país.

2. Marco Teórico

El concepto de comunidades energéticas (CE) ha ganado relevancia en los últimos años como una respuesta a la necesidad de desarrollar sistemas energéticos más sostenibles, descentralizados y democráticos. Estas comunidades se caracterizan por la gestión colectiva de la energía, utilizando fuentes renovables locales y promoviendo la participación de los ciudadanos en la producción, distribución y consumo de energía (Fajardo García, 2021). Este modelo se basa en principios de democracia energética y descentralización, permitiendo a los ciudadanos tomar el control sobre sus recursos energéticos y reducir la dependencia de las grandes empresas energéticas. Para formar una comunidad energética se debe seguir un proceso estructurado el cual incluye: Una reunión de un grupo fundador, la definición de la estructura legal que permita operar dentro del marco normativo y el desarrollo de un plan de negocio el cual debe incluir una viabilidad técnica y económica y a su vez el modelo de reparto de los beneficios entre los miembros. (Montilla, 2024)

La pobreza energética se refiere a la incapacidad de las personas para acceder a servicios energéticos adecuados y asequibles (Bouzarovski & Petrova, 2015). Este fenómeno afecta a millones de personas en todo el mundo, limitando su calidad de vida y su capacidad para participar en actividades económicas y sociales. Las comunidades energéticas pueden ser una solución efectiva para combatir la pobreza energética, ya que permiten a los miembros reducir sus costos energéticos mediante el acceso a energía renovable a precios más bajos (Pineda Rodríguez-Pina, 2021)

Energía convencional: A finales del siglo XIX cuando empezó el desarrollo y la masificación de la generación de electricidad, las primeras plantas desarrolladas fueron hidroeléctricas y térmicas a carbón. Si bien por esta misma época hubo desarrollos de generadores

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

eólicos o utilización de biomasa, finalmente la batalla tecnológica fue ganada por lo que hoy conocemos como fuentes convencionales de energía y que son principalmente la energía hidroeléctrica y la utilización de combustibles fósiles mediante procesos térmicos, es decir la generación termoeléctrica a partir de carbón, gas natural o derivados del petróleo. (García et al., 2013)

Las fuentes de energía renovables no convencionales: Son aquellas fuentes primarias inagotables o con capacidad de regeneración en un periodo de tiempo inferior al de su uso. En general todas las fuentes provenientes directa o indirectamente del sol son consideradas renovables. Adicionalmente se clasifican como fuentes renovables el calor proveniente de la tierra y las mareas ocasionadas por la atracción gravitacional entre la Tierra y la Luna. (García et al., 2013). Estas fuentes ofrecen una alternativa sostenible a los combustibles fósiles y son clave para la transición hacia un sistema energético más limpio. La implementación de tecnologías renovables en comunidades energéticas no solo contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también promueve la independencia energética y la adaptación comunitaria.

- Eólica: Este tipo de centrales usan el viento como fuente de energía, por lo que es necesario ubicarlas en zonas donde las condiciones geográficas y del viento sean las adecuadas para garantizar el máximo rendimiento. Los molinos recogen la fuerza del viento en las aspas y el generador se encarga de convertir la energía mecánica en energía eléctrica. En Colombia existe un proyecto característico, el parque eólico ISAGEN-Wayúu. (Badii et al., 2016)
- Biomasa / Cogeneración: La biomasa obtiene su energía a partir del sol cuando las plantas están en crecimiento. Las plantas convierten la energía solar en energía química en el proceso de fotosíntesis. Esta energía se libera en forma de calor cuando la biomasa es quemada. El calor producido en el proceso se usa para calentar agua y generar vapor que

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

hace girar una turbina para crear electricidad. En algunos casos, la biomasa es quemada en combinación con carbón y se usa para reducir las emisiones de la producción de carbón tradicional (Giraldo et al., 2018). En Colombia el sector azucarero tiene el mayor potencial de cogeneración por su disponibilidad de biomasa, en especial el bagazo de caña. Este se usa como combustible en las calderas de los ingenios. (Jácome, 2021)

- **Geotérmica:** La energía geotérmica se crea de manera continua bajo la superficie de la tierra, por el calor extremo contenido en el magma al interior de la corteza terrestre. Cuando este calor crea naturalmente agua caliente o vapor, puede ser bombeado a la superficie para girar una turbina de vapor para generar electricidad. También se puede producir bombeando agua bajo tierra para extraer calor de rocas sólidas calientes («Energía Geotérmica - Qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas», s. f.). El agua es devuelta a la superficie para hacer girar una turbina de vapor y generar electricidad. ISAGEN realizó un estudio en el macizo volcánico del Ruiz. Para tener acceso al vapor y el agua caliente es necesario perforar reservorios profundos. El desarrollo del recurso geotérmico se puede dar en Colombia ya que el país cuenta con la posición geográfica pues está situado en el cinturón de fuego del pacífico el cual tiene un gradiente natural alto de temperatura en el subsuelo.
- **Termoeléctrica:** Una planta termoeléctrica es una instalación para la generación de energía eléctrica a partir de energía liberada en forma de calor, generalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón, en donde el calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica. Cuando la combustión es de combustibles fósiles 51 se le conoce como

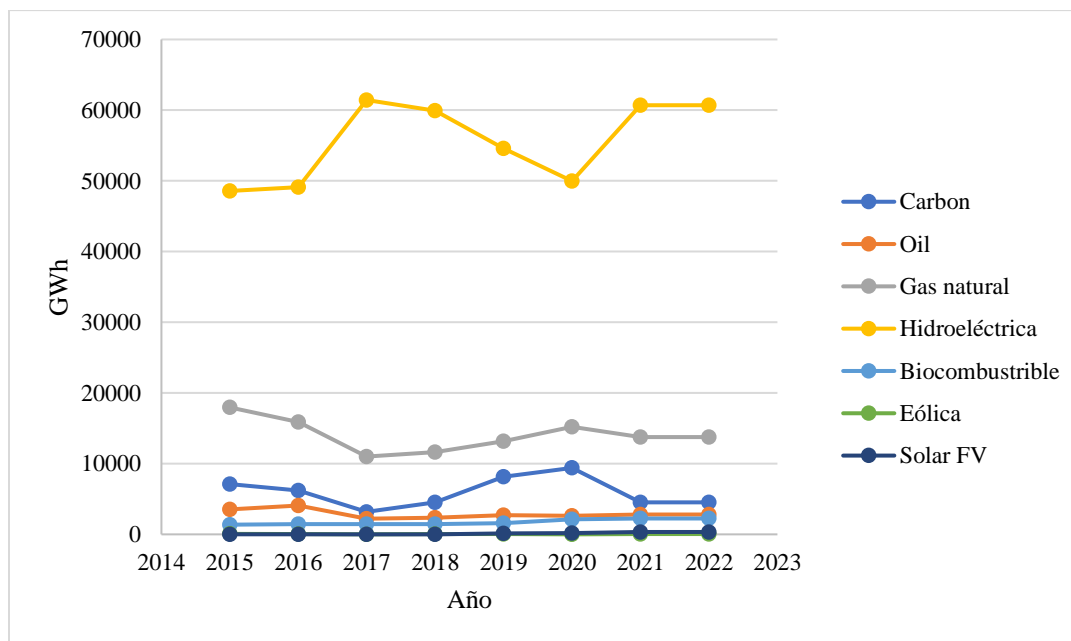
ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

energía convencional, mientras que cuando se emplean otras fuentes de energía como biomasa, se considera una fuente de energía no convencional. (García et al., 2013)

Colombia posee una ubicación privilegiada que le permite la explotación de recursos hídricos para la generación de electricidad. Desde los comienzos de la producción de electricidad en el país se aprovechó la abundante presencia de cuencas hídricas y el pronunciado relieve del país; condiciones ideales para el aprovechamiento de este recurso. Es debido a esta condición que la matriz eléctrica colombiana presenta una composición totalmente diferente a la matriz eléctrica mundial, en la cual predomina la generación a partir de combustibles fósiles. En el caso colombiano esta es dominada por la generación hídrica. (*Estudio Comparativo Entre Las Diferentes Fuentes De Energia Electrica En Colombia Y La Generacion De Electricidad A Partir De Biomasa*, s. f.)

Figura 1.

Fuentes de generación de energía en Colombia años 2015 a 2022



Nota: Adaptado de (*Colombia - Countries & Regions*, s. f.)

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

En Colombia, el actual gobierno ha mostrado un interés creciente en fomentar el desarrollo de comunidades energéticas como parte de su estrategia para promover la sostenibilidad y la inclusión social. A través de políticas públicas y programas de apoyo, se busca facilitar la creación de estas comunidades, especialmente en áreas rurales y en contextos de pobreza energética. La promoción de energías renovables no convencionales es un componente clave de esta estrategia, con el objetivo de diversificar la matriz energética del país y empoderar a las comunidades locales. *(Los pro y los contra de las Comunidades Energéticas / Fundesarrollo, s. f.)*

El país cuenta con mapas energéticos que permiten visualizar las áreas con mayor potencial para la generación de energías renovables como la solar y la eólica. Estos mapas muestran la densidad energética en diferentes regiones del país, identificando las zonas más aptas para aprovechar estos recursos, lo que es clave para el desarrollo de proyectos sostenibles y la diversificación de la matriz energética. Además, se está promoviendo el uso de energías renovables no convencionales para reducir la dependencia de los combustibles fósiles. *(La hoja de ruta colombiana: camino hacia una matriz energética más limpia – Atlas Renewable Energy, s. f.)*

En la figura 2 se muestra el mapa energético solar de Colombia donde se observa que las zonas con mayor potencial de radiación solar son las llanuras orientales, la región Caribe y la Amazonía (en tonos amarillos y naranjas). Estas zonas son de especial interés para proyectos de energía solar. Las zonas verdes, como la región andina, reciben menos radiación debido a la nubosidad y altitud, lo que limita su potencial. En la figura 3 se puede observar el mapa solar fotovoltaico; en esta se pueden ver puntos con colores los cuales indican: proyectos en operación en color verde, proyecto en construcción en color amarillo y proyectos en conceptualización en color rojo. Según esto, la generación fotovoltaica hace y hará mayor presencia en los departamentos del Cesar, Tolima, Valle del cauca, Cundinamarca y Córdoba.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Figura 2.

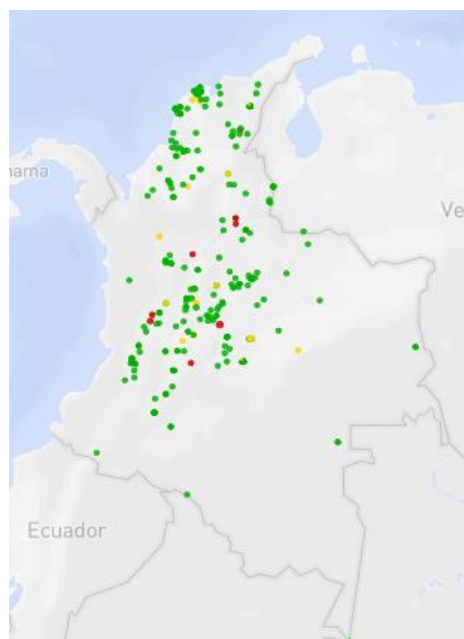
Mapa energético de proyectos fotovoltaicos



Nota. Tomado de (Atlas solar mundial, s. f.)

Figura 3.

Mapa energético de la densidad Solar



Nota. Tomado de («Rastreador de energía solar global», s. f.)

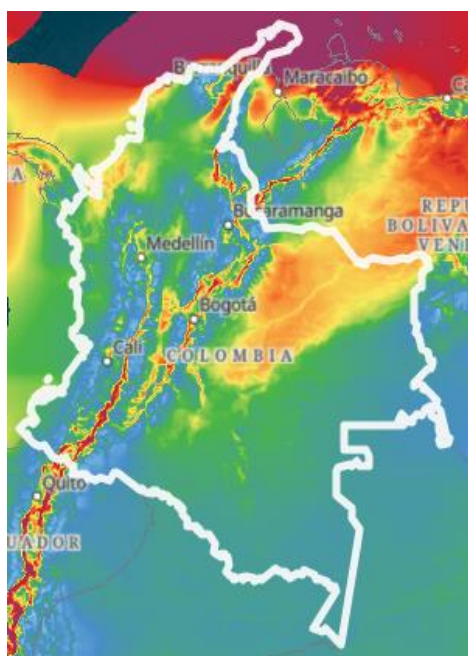
En la figura 4 se muestra el mapa energético eólico de Colombia, destacando las zonas con mayor potencial de generación de energía eólica, marcadas en colores cálidos como el rojo y naranja. Las áreas más favorables están ubicadas en el norte del país, especialmente en la región de la Guajira, que presenta condiciones óptimas debido a sus fuertes vientos constantes. También se observan áreas con potencial eólico en la cordillera de los Andes y en algunas partes de la costa pacífica, aunque en menor medida. En la figura 5 se muestran los proyectos de energía eólica donde puede apreciar que estos aprovechan la costa atlántica, en especial en el departamento de la guajira. Los proyectos en funcionamiento son de tipo *onshore* (en tierra) aunque los proyectos que se han anunciado son tecnología *offshore* (costa afuera). Actualmente los proyectos en funcionamiento tienen una capacidad de operación de 1191 MW. (Se presentaron 11 proyectos

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

eólicos costa afuera en Colombia que superan ampliamente los objetivos al 2040 - Energía Estratégica, s. f.)

Figura 4.

Mapa de proyectos eólicos



Nota. Tomado de (Global Wind Atlas, s. f.)

Figura 5.

Mapa energético de densidad eólica



Nota. Tomado de («Tracker Map», s. f.)

Referente a la generación a partir de la biomasa, Colombia cuenta con dos proyectos operando, uno operado por Bioenergy SA en una planta de etanol ubicada en Puerto López - Meta con una capacidad de 35 MW (ecopetrol, s. f.). El otro operador es Ríopaila energía SAS; la Planta Cogeneradora de energía se encuentra ubicada en el municipio de Zarzal en el norte del Valle del Cauca, con una capacidad instalada de 36,2 MW, generando aproximadamente 235 GWh de energía al año mediante el aprovechamiento de la biomasa (*Energía – Riopaila Castilla, s. f.*). La Figura 6 muestra la localización de las plantas de cogeneración en el mapa.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Figura 6.

Mapa de puntos de generación con biomasa



Nota. Tomado de («Rastreador global de energía bioenergética», s. f.)

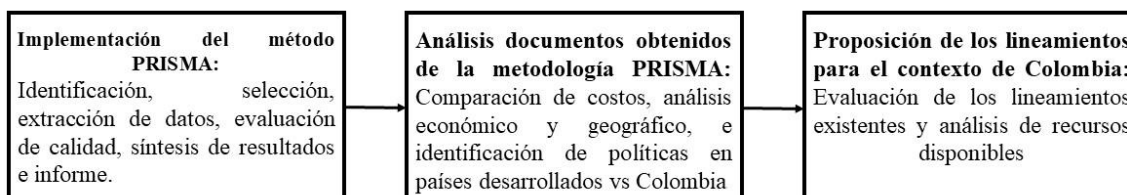
La capitalización de las fuentes de energías renovables no convencionales, presentadas anteriormente, puede ser efectuada considerando regulaciones que promuevan la generación en las comunidades energéticas. Colombia estableció el plan nacional de desarrollo 2022-2026 titulado “Colombia potencia mundial de la vida”, el cual tiene como objetivo establecer un nuevo contrato social que promueve la protección de la vida y la sostenibilidad ambiental. Dentro de este marco, se busca fomentar la implementación de comunidades energéticas como una estrategia para abordar la pobreza energética y promover el uso de fuentes de energía renovables no convencionales. Por otro lado, el decreto 2236 del año 2023 en Colombia establece el marco normativo para las comunidades energéticas, este decreto es importante para la promoción de la transición energética justa y tiene como objetivo regular la formación y operación de comunidades que generen, comercialicen y utilicen energía a partir de fuentes no convencionales.

3. Metodología

Durante el proceso de investigación, se aplicó una metodología que se desarrolló en tres fases, como es ilustrado en la Figura 7.

Figura 7.

Fases de la metodología



En la primera fase, llamada 'implementación de la metodología PRISMA', se realizó un análisis bibliométrico en Scopus y Mendeley para identificar publicaciones sobre comunidades energéticas y su impacto en la reducción de la pobreza energética, filtrando por título. También se consideraron criterios adicionales descritos en la tabla de anexos A.

3.1.Fase 1: Implementación del método PRISMA

3.1.1. *Criterios de inclusión y exclusión de las publicaciones*

Para establecer los criterios de inclusión y exclusión, se eliminaron las publicaciones duplicadas de ambas bases de datos. Se incluyeron publicaciones indexadas hasta 2023 relacionadas con procesos energéticos, ingeniería de sistemas de distribución, tecnologías aplicadas, políticas energéticas, costos y pobreza energética. Se excluyeron trabajos sobre salud, física, astronomía, artes, filosofía y otras áreas no relacionadas con la energía. Finalmente, se revisará el título y el resumen de las publicaciones para seleccionar las más.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

3.2.Fase 2: Recopilación de los documentos obtenidos por la metodología PRISMA

Se analizaron los documentos ligados a criterios de las Comunidades energéticas tales como: Marco legal de apoyo, así como su grado de desarrollo, costo, modos de comercialización, modelos de negocio, ubicaciones territoriales y las características tecnologías renovables más frecuentemente implantadas utilizando diferentes fuentes:

3.2.1. Estudio de las políticas, costos y tecnologías adaptadas por los países desarrollados y en Colombia

Se realizó una búsqueda en los documentos ya seleccionados por el análisis bibliométrico utilizando palabras clave relacionadas con *public policies* (Políticas públicas), *developed countries* (Países desarrollados), *policy innovation* (innovación política), *economic development* (desarrollo económico), *capacity* (capacidad). La revisión incluyó una síntesis de las políticas más relevantes implementadas por países desarrollados, enfocándose en la regulación de las comunidades energéticas, la formación de cooperativas, el bienestar social y la sostenibilidad ambiental. También se analizaron las tecnologías utilizadas por estas comunidades, el costo del kW y el contexto socioeconómico. Además, se examina el contexto colombiano en relación con la transición energética y la implementación.

3.3.Fase 3: Proposición de lineamientos para el contexto colombiano

Se comparó la información recopilada y se identificaron similitudes entre el contexto colombiano y otros países. Esto permitió proponer lineamientos específicos para implementar comunidades energéticas en Colombia, adaptables a las distintas regiones según sus particularidades geográficas y socioculturales.

4. Resultados

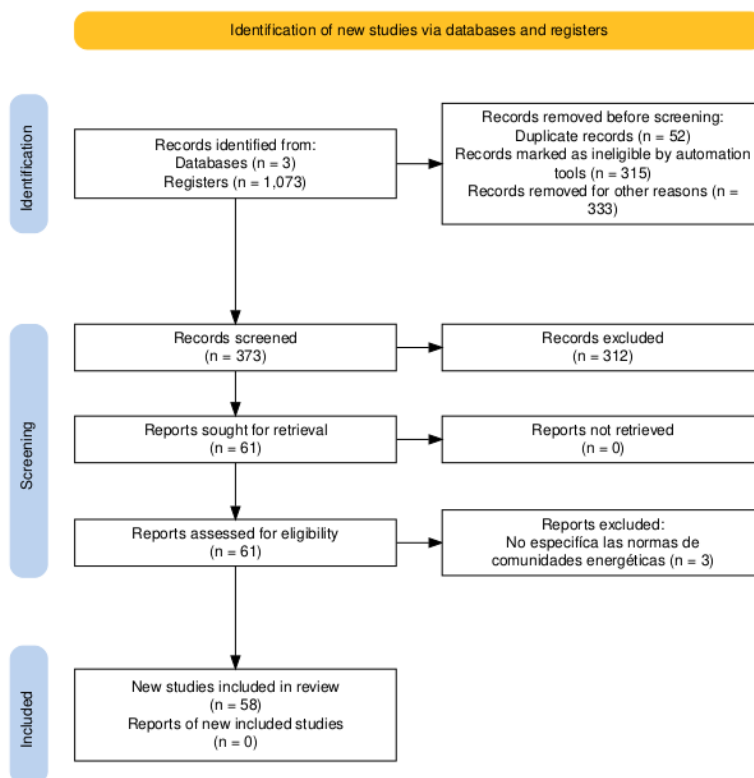
4.1. Análisis bibliométrico

Los criterios de consulta de la tabla del Anexo A de la metodología reportaron un total de 16,904 documentos consolidados de los cuales los 2,834 fueron encontrados en Mendeley data y 14,070 en Scopus. Dentro de los resultados, se observó que el 98% de las publicaciones encontradas en mendeley y Scopus estaban en inglés, el restante se encontraba en español. La búsqueda de información reportó un total de 1,073 archivos, delimitando los documentos en las áreas del conocimiento se eliminaron áreas como ciencias de la salud, ciencias de la computación, física y astronomía, medicina, artes y humanidades, psicología y veterinaria, ya que estas áreas no estaban relacionadas con el caso de estudio.

Los resultados de la metodología PRISMA aplicada a los documentos encontrados en el tema pueden ser analizados en la Figura 8. En esta figura, la “identification” define las bases de datos utilizadas para la investigación, y el total de registros obtenidos. Una cantidad de 52 documentos duplicados fueron eliminados mediante el programa Mendeley; se excluyeron 315 documentos en scopus y 333 documentos por razones tales como: No relacionaban la pobreza energética; hablaban sobre comunidades, pero no sobre comunidades energéticas; tenían un enfoque ambiental más que un enfoque técnico. Esto conllevó a la eliminación de 700 documentos. En la fase de proyección se obtuvieron 373 documentos, de los cuales mediante la revisión de los títulos y resúmenes se eliminaron 312, quedando 61 documentos. La lectura de los documentos condujo a unas exclusiones debido a que no presentaban normas, leyes o políticas relacionadas al uso de las CE. Con lo anterior, un total final de 58 documentos fueron definidos para su análisis y la consecución de los objetivos del presente documento.

Figura 8.

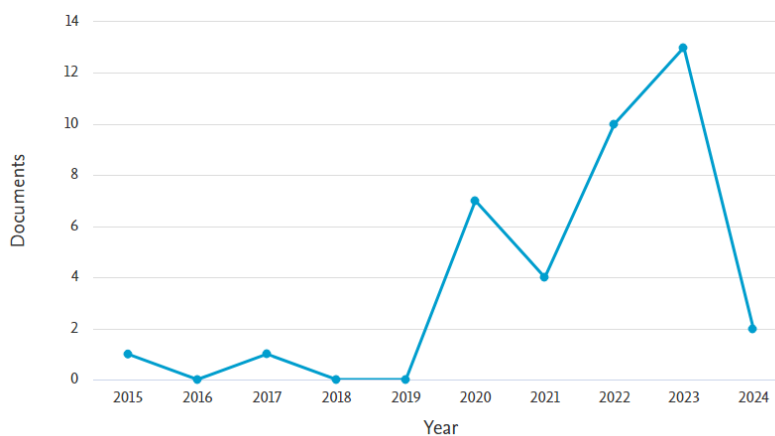
ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Diagrama de las etapas y los resultados de la metodología PRISMA

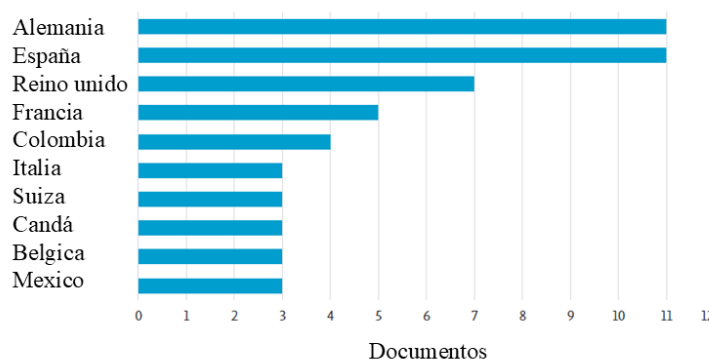
Nota. Basado en (Haddaway et al., 2022)

La figura 9 muestra la evolución del número de documentos finales respecto al tiempo de publicación. Según esta figura, entre 2015 y 2018 se presentó una baja producción de documentos, con un mínimo o ninguno en 2018, lo que sugiere que las normas y leyes relacionadas con las CE se encontraban en creación, análisis o en vías de implementación. Después de 2018, la tendencia muestra un creciente interés por la evaluación y el reporte de casos de éxito de las CE en países desarrollados. La excepción corresponde al año 2021 seguramente por la situación de salud mundial respectiva. La tendencia final creciente de las publicaciones en CE muestra una consolidación y aplicación exitosa de las normas y leyes que incentivan la formación en la temática. En 2024, la cantidad de documentos cae drásticamente, lo que podría deberse a que el año aún no ha finalizado y no todos los documentos han sido contabilizados.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Figura 9.*Documentos por año**Nota.* Tomado de análisis scopus

En la figura 10 se observan los países que están relacionados con los 58 documentos finales analizados. Es de recalcar que, la figura 10 hace referencia al país en el cual se realizó la investigación, o no indica el país sobre el que se está discutiendo. En el anexo C se especifican los países correspondientes a los documentos analizados, y es importante destacar que únicamente se menciona a Alemania como país del cual se presentan las referencias pertinentes.

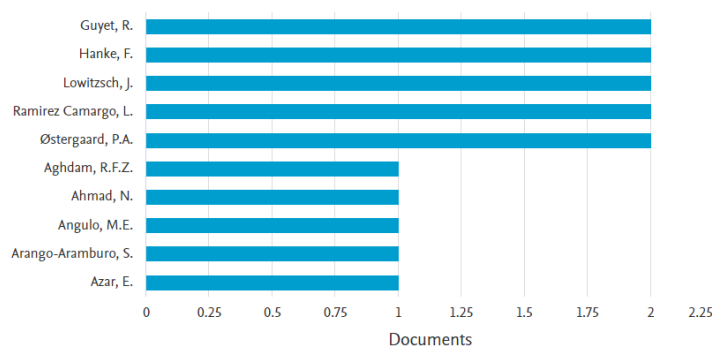
Figura 10.*Documentos por territorio**Nota.* Tomado de scopus

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

La figura 11 muestra los autores más relevantes para la revisión bibliográfica según la base de datos Scopus para los 58 documentos. Esta presenta una distribución con un máximo de dos contribuciones para cinco (5) autores, Guyet, Hanke, Lowitzsch, Ramirez Camargo y Østergaard de los países como Francia, España, y Colombia. Los demás autores muestran un documento, para un total de 192 autores. La distribución de pocas contribuciones por autor se debe al tema reciente de las CE a nivel mundial.

Figura 11.

Documentos por autor



Nota: Tomado de scopus

La Word-cloud de la figura 12 fue obtenida con los datos de los títulos de los 58 artículos. En el Word-cloud, los nodos más grandes, como “Alternative energy” y “Energy”, indican que estos términos son los más frecuentes y centrales en los documentos analizados. Los nodos están clasificados por colores para diferenciar temáticas o áreas de estudio: el verde sugiere un enfoque en las transiciones energéticas, el azul en las políticas energéticas en Europa, y el rojo en el impacto de la eficiencia energética y las políticas públicas. Las conexiones entre términos, representadas por líneas, indican las relaciones entre las palabras clave. Además, en esta figura se presenta un nodo relacionado con la pandemia de COVID-19, destacando la influencia en posiblemente

4.2.1. España:

Este país cuenta con un amplio potencial eólico, evaluando en 340 GW, lo que lo convierte en uno de los líderes en energía eólica en el continente europeo (*Informe Especial 22/2023: Energía renovable marina en la UE | Tribunal de Cuentas Europeo, s. f.*). También dispone de uno de los mayores potenciales solares de Europa, con una alta radiación solar en la mayoría de su territorio, lo que permite una amplia implementación de energía fotovoltaica y térmica (*La capacidad de energía solar que posee España | Global Mobility Call, s. f.*). En la tabla del Anexo D se encuentran los datos del potencial de las tecnologías que presenta España en esta tabla se observa que la combinación de recursos eólicos y solares permite una mayor diversificación y estabilidad en la producción energética, lo que es fundamental para satisfacer la demanda creciente y reducir las emisiones de CO₂. Además, el desarrollo continuo de estas tecnologías no solo contribuye a los objetivos climáticos del país, sino que también genera empleo y fomenta el desarrollo económico local (ACEUVE, 2023).

En la tabla 1 se encuentran las normativas que reflejan el compromiso de España con la transición energética y el desarrollo de CE. El Real Decreto-ley 23/2020 promueve inversiones tras la crisis del COVID-19. La Ley 27/1999 fomenta cooperativas ciudadanas para la gestión empresarial. El Real Decreto-ley 5/2023 regula comunidades energéticas para la producción y gestión de energía renovable, y la Ley 24/2013 junto al Real Decreto 413/2014 establecen el marco para el desarrollo de energías limpias en el país.

Tabla 1.

Normatividad española

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Norma	Dictamina
Royal Decree Law 23/2020.	El decreto enfatiza que la crisis del COVID-19 representa una oportunidad para acelerar la transición energética, promoviendo inversiones en energías renovables y eficiencia energética como motores de recuperación económica. (Ordeñana et al., 2024)
Art. 1 Ley 27/1999, de 16 de julio, de Cooperativas. (Pons, 2024)	Establece las bases fundamentales sobre la naturaleza y el funcionamiento de las sociedades cooperativas en España. Se define a la cooperativa como una sociedad constituida por personas que se asocian libremente para llevar a cabo actividades empresariales que satisfagan sus necesidades y aspiraciones económicas y sociales. (<i>Ley 27/1999, de 16 de julio, de Cooperativas.</i> , s. f.)
Real Decreto-ley 5/2023, de 28 de junio (en adelante RDL 5/2023)19 que regula las comunidades energéticas. (Pons, 2024)	Regula las comunidades energéticas en España, introduciendo un marco normativo para fomentar la producción y el consumo de energía renovable a nivel local. En cuanto a las comunidades energéticas las define como asociaciones de ciudadanos y empresas para generar y gestionar energía renovable. Regula los derechos tales como la producción, consumo almacenamiento y venta, así como participación en mercados energéticos. Establece obligaciones administrativas las cuales establecen responsabilidades para eliminar obstáculos burocráticos y asegurar un trato equitativo. (<i>Real Decreto Ley 5/2023. Novedades regulatorias en Energía</i> , s. f.)
La Ley 24/2013 del Sector Eléctrico	Establece el marco regulatorio para el desarrollo de las energías renovables.
El Real Decreto 413/2014	Regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables.(<i>BOE-A-2014-6123 Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.</i> , s. f.)

Por su parte, la Tabla 2 presenta las CE. Estas se enfocan en el uso de energías renovables, estas promueven la participación ciudadana en la gestión y consumo energético, y presentan una personalidad jurídica que refleja su compromiso con la sostenibilidad, ya sea como sociedades cooperativas o entidades públicas. Estas iniciativas no solo abordan la necesidad de un cambio energético, sino que también fortalecen el tejido social al involucrar a la comunidad en el proceso.

Tabla 2.

Aspectos relevantes de las comunidades energéticas existentes en España.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Comunidad energética	Descripción	Tecnología	Tamaño	Personalidad Jurídica
Unión renovable	Es una federación de cooperativas de consumidores de energías renovables, compuesta por 21 cooperativas municipales y regionales que comercializan electricidad. Atiende a más de 105,500 socios, brindándoles educación e información sobre consumo responsable, optimización de facturas y el funcionamiento del sector eléctrico.	Eólica, solar, hidroeléctrica, biomasa.	470GWh	Sociedades cooperativas
Ekiola	Es una iniciativa destinada a impulsar la Estrategia Europea de Cambio Energético y la Transición Energética Vasca, enfocada en empoderar a la ciudadanía para la generación y gestión de energías renovables para su propio consumo, a través de las figuras del consumidor activo y la comunidad energética.	Solar	2100M Wh/año	Sociedades cooperativas
Ecooo	Organización sin fines de lucro fundada en 2005, enfocada en promover proyectos que movilicen a la ciudadanía hacia un nuevo modelo energético: limpio, sostenible y gestionado por las personas.	Solar	No se menciona	Sociedades limitadas
Barcelona energía	Es una comercializadora eléctrica pública metropolitana que fomenta un modelo energético sostenible, centrado en la eficiencia y la generación de energías renovables. Su misión es apoyar la transición hacia un sistema energético sostenible, promoviendo el autoconsumo y un servicio accesible y 100 % renovable. (<i>Barcelona Energía</i> , s. f.)	Energía solar fotovoltaica y energía solar térmica	No se menciona	Empresa pública

Nota. Adaptado de (Ordeñana et al., 2022)

4.2.2. Italia:

Este país exhibe un potencial eólico considerable. A su vez es uno de los países europeos con mayor capacidad instalada de energía solar, aprovechando su clima mediterráneo y la alta radiación solar en regiones como Apulia. Tiene como objetivo generar el 70% de electricidad a partir de fuentes renovables para el 2030. (*La energía renovable en Italia batió un récord el año pasado, pero sigue lejos de su objetivo / Euronews, s. f.*)

En el anexo E se encuentra la tabla de potencial energético para Italia, donde se puede decir que tanto la energía eólica como la solar son pilares fundamentales en el camino hacia un futuro energético sostenible en Italia. La combinación de estas fuentes renovables no solo contribuirá a alcanzar los objetivos climáticos del país, sino que también promoverá un desarrollo económico más sostenible y resiliente (*Italy Solar Energy Market Size / Mordor Intelligence, s. f.*). En la tabla 3 se mencionan las normas existentes en Italia. Según la tabla, el conjunto de normativas promueve el autoconsumo de energías renovables y la creación de comunidades energéticas, fomentando la participación de ciudadanos, pymes, instituciones y organizaciones en la gestión energética. La Ley del 28 de febrero de 2020 amplía los actores involucrados, favoreciendo una gobernanza inclusiva. La Directiva 2018/2001 otorga a los consumidores el derecho a autoconsumir y vender energía renovable (art. 21) e impulsa la integración de estas tecnologías en sectores clave (art. 22). Los Decretos Legislativos de 2021 y 2011 en Italia alinean las políticas nacionales con los objetivos europeos de sostenibilidad y descarbonización para 2030 y 2050, incentivando la inversión en energías limpias.

Tabla 3.

Normatividad italiana

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Norma	Dictamina
<p>Ley 28 de febrero de 2020(Pons, 2024)</p>	<p>Introdujo el concepto de autoconsumo de las energías renovables y las comunidades energéticas. esto tiene como puntos fundamentales incorporar las Figuras de comunidades energéticas en el mercado energético, además establece que el control de la comunidad debe estar en manos no sólo de las personas físicas, pymes y autoridades locales, como dice la citada Directiva, sino, también de instituciones de investigación y formación, organismos religiosos, del tercer sector y de protección del medio ambiente.(<i>ANCREL - DOCUMENTI PUBBLICI DL 162 MILLEPROROGHE CONVERTITO IN LEGGE n. 8 del 20 febbraio ASSOCIAZIONE NAZIONALE CERTIFICATORI E REVISORI DEGLI ENTI LOCALI</i>, s. f.)</p>
<p>arts. 21 y 22 de la Directiva 2018/2001</p>	<p>Los artículos 21 y 22 de la Directiva 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, que se centra en la promoción del uso de energía de fuentes renovables:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art 21: Habla sobre el autoconsumo el cual establece que los consumidores tienen el derecho de consumir su propia energía renovable. esto posibilita la venta de energía. Además, facilita medida del autoconsumo asegurando que los consumidores se puedan beneficiar de su propia producción. • Art 22: Este artículo mencionan la integración de la energía renovable, enfatizando en la necesidad de integrar dichas tecnologías en el sistema energético previendo su uso en diferentes sectores tales como calefacción, refrigeración y transporte. del mismo modo se fomenta a la participación ciudadana permitiendo que los individuos de las comunidades se conviertan en productores de energía (<i>LA DIRECTIVA (UE) 2018/2001 EN EL SECTOR DE LA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN Y LOS DERECHOS HUMANOS</i>, s. f.)
<p>Decreto Legislativo 8 de noviembre de 2021, n. 199</p>	<p>Implementa la directiva (UE) 2018/2001 del parlamento europeo sobre el uso de energías renovables, tiene como objetivo acelerar el crecimiento sostenible del país con un enfoque hacia la sostenibilidad buscando contribuir a la descarbonización del sistema energético, alineándose a los objetivos europeo para 2030 y 2050, además de promover un régimen de apoyo asegurando una remuneración justa de los costos de inversión y operación.</p>
<p>El Decreto Legislativo 28/2011</p>	<p>Sienta las bases para el desarrollo de las energías renovables en Italia, estableciendo objetivos, obligaciones y esquemas de apoyo que han impulsado el crecimiento de este sector en los últimos años.</p>

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

De la tabla 4 se puede observar que todas las CE utilizan tecnologías renovables, destacando la solar fotovoltaica, además que la mayoría de ellas están organizadas como cooperativas, promoviendo la participación democráticas.

Tabla 4. Comunidades energéticas en Italia

Comunidad energética	Descripción	Tecnología	Tamaño	Personalidad Jurídica
SEV (F)	Comunidad energética en Sevilla que promueve el autoconsumo y la eficiencia energética.	Solar fotovoltaica	No se menciona	Cooperativa
Enostra	Cooperativa que busca democratizar el acceso a la energía renovable, enfocándose en el autoconsumo colectivo.	Solar fotovoltaica	Más de 10,000 socios	Cooperativa
Confcooperativa	Federación de cooperativas que apoya la creación y gestión de comunidades energéticas en Italia.	Solar, eólica y biomasa	No se menciona	Asociación de cooperativas
Reenergía	Comunidad energética que se centra en proyectos de energía renovable y sostenibilidad social.	Energía solar fotovoltaica y energía eólica	No se menciona	Cooperativa

4.2.3. Grecia:

Tiene un alto potencial eólico, especialmente en las islas de Egeo, donde los vientos son constantes y fuertes. También presenta potencial solar fotovoltaico, especialmente en la región del sur. La biomasa es de uso limitado, ya que la mayoría de energía proviene de fuentes fósiles. En el anexo F se encuentra la tabla de potencial energético de Grecia, donde se observa que las energías eólicas y solar son fundamentales para la transición energética de Grecia. Gracias a los datos obtenidos a partir del mercado griego de energía eólica y solar se pueden ver los valores del año 2023 además dicha información cuenta con una proyección para el 2030 la cual se espera que

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

alcance una generación eólica de 7 GW instaladas y 7,7 GW de capacidad solar fotovoltaica para 2030.

En las tablas 5 y 6 se mencionan las leyes y las CE implementadas en Grecia. Según estas tablas, La legislación griega en materia de comunidades energéticas es integral y progresista, enfocándose en la sostenibilidad y la innovación. Las comunidades energéticas presentadas reflejan esta tendencia, con proyectos que no solo abordan la producción de energía, sino que también buscan generar beneficios sociales y económicos locales. La combinación de políticas de simplificación de procesos y apoyo a tecnologías innovadoras indican un compromiso hacia un futuro energético sostenible y colaborativo en Grecia.

Estas iniciativas podrían servir como modelo para otros países que buscan implementar comunidades energéticas y enfrentar desafíos como la pobreza energética y la transición hacia energías renovables.

Tabla 5.*Normatividad greca*

Norma	Dictamina
La Ley 4513/2018, de 22 de enero, de Comunidades Energéticas (Las Cooperativas de Consumo eléctricas y las comunidades energéticas: INFORME – Hispacoop, s. f.)	Es la primera norma europea que regula específicamente las comunidades energéticas. Fue aprobada en Grecia con el objetivo de luchar contra la pobreza energética y promover la energía sostenible. Uno de sus principales aspectos es que regula las actividades las cuales pueden ser: producción, almacenamiento, autoconsumo, distribución y suministro de energía. Además de presentar un objetivo el cual busca promover las energías renovables para cubrir el 20% de sus necesidades energéticas (Fajardo García & Frantzeskaki, 2020)

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

La Ley 3851/2010	La ley tiene como objetivo principal fomentar el uso de energías renovables y aumentar la cuota de estas en el consumo energético nacional, alineándose con los compromisos de la Unión Europea. La ley también fomenta la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con las energías renovables.
Ley 4951/2022	Simplifica y acelera el proceso de licenciamiento para proyectos de energías renovables y cogeneración de alta eficiencia, asegurando que los procedimientos de licenciamiento no excedan un máximo de dos años, en cumplimiento con la Directiva. La ley también regula el desarrollo de hasta diez plantas fotovoltaicas flotantes piloto, promoviendo la innovación en el sector de energías renovables.

Tabla 6.*Aspectos relevantes de las comunidades energéticas existentes en Grecia*

Comunidad energética	Descripción	Tecnología	Tamaño	Personalidad Jurídica
Minoan energiaki	Es una cooperativa dedicada a promover la economía social y solidaria, la innovación energética y la lucha contra la pobreza energética. Se enfoca en la producción, almacenamiento, autoconsumo, distribución y suministro de energía mediante fuentes renovables, coproducción de electricidad y calor, y el uso eficiente de la energía.	fotovoltaico, Biomasa,	405 kWp	No especifica
Kardista	Proyecto para una planta de producción de biocombustibles sólidos en Karditsa, que genera 1,100 toneladas de pellets de madera de alta calidad. La materia prima proviene de residuos de biomasa forestal y agrícola, así como de restos de madera y aserrín de industrias locales.	Bio-combustibles	1100 Ton pellets	Sociedad cooperativa
Cooperativa Energética de Desarrollo de Sifnos	La cooperativa planea construir una planta de energía híbrida que combinará un parque eólico y una planta hidroeléctrica	Eólico	2600 habitantes	LTD

reversible, capaz de satisfacer todas las necesidades energéticas de Sifnos utilizando solo fuentes renovables. El proyecto se enfocará en proteger el medio ambiente y el turismo de la isla.

Nota. (Fajardo García & Frantzeskaki, 2020)

4.2.4. Francia:

Tiene un potencial eólico, especialmente en la costa atlántica, sin embargo, su desarrollo ha sido más lento en comparación a España. Su potencial solar es creciente, pero el desarrollo de este ha sido lento. Las regiones del sur como Provenza tienen buen potencial. La biomasa es utilizada en la calefacción y producción de electricidad. En el anexo G se observan los potenciales energéticos franceses. Donde se observa que la generación eólica representa el 22% de la producción total de electricidad en el país. Además, se tener una buena capacidad solar instalada se espera que para el 2028 esté entre el 25.6 GW o 44.5 GW (*Francia energías renovables Tendencias del Mercado*, s. f.). En las tablas 7 y 8 se observan las normativas y las comunidades energéticas existentes en Francia. En ellas se puede observar que la Ley de Transición Energética para el Crecimiento Verde proporciona un marco normativo sólido que promueve un cambio significativo en el modelo energético del país. Las metas establecidas son ambiciosas, lo que indica un compromiso hacia la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono.

Por su parte, Enercoop representa un ejemplo de cómo las CE pueden operar dentro de este marco. Su modelo descentralizado y su enfoque en la producción de energía renovable reflejan las tendencias contemporáneas en la energía sostenible. A través de la participación ciudadana y la cooperación, Enercoop no solo contribuye a las metas nacionales, sino que también empodera a los ciudadanos para que tomen un papel activo en la transición energética.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Tabla 7.*Normatividad Francesa*

Norma	Dictamina
Ley de Transición Energética para el Crecimiento Verde	Establece un marco para transformar el modelo energético del país a uno más sostenible. se estableen metas para aumentar la proporción de energías buscando pasar del 15% (2015) al 23% (2023) y al 32% (2030).

*Nota. (Pons, 2024)***Tabla 8.***Aspectos relevantes de las comunidades energéticas existentes en Francia*

Comunidad energética	Descripción	Tecnología	Tamaño de la comunidad	Personalidad Jurídica
Enercoop	Enercoop es una cooperativa de gran tamaño con proyectos de generación y personas socias a lo largo de toda Francia. Centrada en la producción y comercialización de energía, no sigue necesariamente un esquema de cercanía entre proyectos y personas socias, si bien su modelo descentralizado favorece un enfoque de cercanía.	Fotovoltaica	11 cooperativas	Sociedad Cooperativa de Interés Colectivo (SCIC).

*Nota. (Comunidades Energéticas. Casos de estudio., 2022)***4.2.5. Colombia**

En el marco institucional para el sector público eléctrico en Colombia involucra varios organismos que se encargan de las diferentes regulaciones. El encargado de diseñar las políticas en materia energética es el ministerio de minas y energía, la UPME (unidad de planeación minero-energética) es el encargado de la planeación y el apoyo a la formulación de políticas públicas. *(Análisis de los incentivos económicos en la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en*

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Colombia, s. f.). Así mismo la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) (comisión de regulación de energía y gas) regula la prestación del servicio (Gil et al., 2023). La Tabla 9 muestra la normativa colombiana enfocada hacia la transición y comunidades energéticas. Según esta tabla, Colombia busca promover la integración y desarrollo de energías renovables.

Tabla 9.*Normatividad colombiana*

Norma	Dictamina
Ley 1715 del 2024	Desarrolla una política pública para la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Esta ley tiene por finalidad establecer un marco legal, instrumentos de acción y estímulos tributarios para promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable. (<i>Energía renovable en Colombia</i> , s. f.)
Ley 2009 del 2021	Proporciona los parámetros necesarios con el objetivo de una transición energética efectiva y dinamizar el mercado energético
Ley 51 de 1989	Se crea la Comisión Nacional de Energía encargada de determinar funciones de planeación energética, además de “efectuar, contratar o promover la realización de estudios para establecer la conveniencia económica y social del desarrollo de fuentes y usos energéticos no convencionales y adoptar la política respectiva”. (Mejía Montañez & Cortés Gómez, 2019)
Resolución 060 de 2007 (CREG)	Establece normas sobre la participación en la actividad de generación de energía eléctrica.
Decreto 348 de 2017	Establece los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala. (<i>Decreto 348 de 2017 - Gestor Normativo</i> , s. f.)
Resolución 030-2018 CREG	Regula las actividades de autogeneración a pequeña y gran escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional (SIN). (<i>Análisis de los incentivos económicos en la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia</i> , s. f.)
Resolución 038-2019 CREG	Establece las reglas para la actividad de autogeneración en las Zonas No Interconectadas (ZNI). (<i>Análisis de los incentivos económicos en la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia</i> , s. f.)
Resolución 40136 de 2024	Crea el registro único de comunidades energéticas, este registro permitirá hacer seguimiento a las comunidades y articular su desarrollo.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Resolución CREG 901 099	Establece directrices y regulaciones específicas para las comunidades energéticas, como el promover el acceso a energía asequible y sostenible, en especial a áreas rurales y comunidades vulnerables. Además, permite que el proceso de conexión al sistema de distribución para auto generadores colectivos sea para potencias menores o iguales a 100 kW o mayores a 100 kW
Ley 2294 del 2023	Establece el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 titulado "Colombia Potencia Mundial de la Vida". (<i>Conozca el Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno de Gustavo Petro para los próximos cuatro años</i> , s. f.) La ley otorga entidad jurídica a las comunidades energéticas, estableciendo criterios básicos para su constitución y operación, lo que forma parte de la transición energética justa en el país.
Ley 2236 del 2023	La ley busca regular el modelo de comunidades energéticas en el marco de la transición energética justa en Colombia, promoviendo la participación de personas naturales y jurídicas en la cadena de valor de la electricidad. Se otorga entidad jurídica a las comunidades energéticas, definiendo criterios básicos para su constitución y operación. Esto incluye el uso de fuentes no convencionales de energías renovables (FNCER), combustibles renovables y recursos energéticos distribuidos.

En la actualidad Colombia se encuentra en una convocatoria de comunidades energéticas con lo cual busca inscribir todos los proyectos existentes, focalizar para decidir que regiones y que comunidades son aptos para recibir recursos públicos, priorizar los proyectos según sus criterios técnicos, políticos y sociales, seguido de la ejecución y seguimiento del proyecto (*Comunidades Energéticas*, s. f.). La Tabla 10 menciona las comunidades energéticas existentes en Colombia. Según esta tabla, las CE representan un avance significativo en la provisión de servicios energéticos en el departamento de Guainía. El enfoque en sistemas híbridos y la implementación de paneles solares muestran una clara dirección hacia la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida de las comunidades locales. El potencial de producción que tendrán las CE que se implementarán en Colombia corresponderá a 0.2 MW, la cual resulta inferior a las establecidas en los países analizados anteriormente. Asimismo, en comparación con la generación total, las CE planeadas hasta el momento contribuirán con un 12% en la matriz eléctrica nacional (*TRANSICION_ENERGETICA_COLOMBIA_BID-MINENERGIA-2403.pdf*, s. f.).

Tabla 10.*Comunidades energéticas*

Comunidad energética	Descripción	Tecnología	Tamaño de la comunidad	Personalidad jurídica
Chatare	Son 3 comunidades energéticas que prestan servicio a las comunidades del departamento de Guainía. Se basa en un sistema híbrido que permite que las comunidades por primera vez cuenten con servicio de energía las 24 horas del día.		70.87 kWp	No se menciona
Carpintero	El proyecto consta de 544 paneles solares	Híbrido / Agrovoltáico	87.48 kWp	No se menciona
Venado			61.96 kWp	No se menciona

Del mismo modo en el pacífico colombiano, exactamente en el municipio de Bojayá – Chocó se encuentran en funcionamiento 23 comunidades energéticas, las cuales funcionan en los colegios públicos beneficiando a más de 1400 personas. Dichas comunidades energéticas constan de la instalación de paneles solares que generan 107 kWp, la inversión fue de 5.000 millones de pesos. Esta inversión se dio gracias a el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Educación y el Fondo de Energía No Convencional y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE). (*Gobierno Del Cambio Inicia Con La Entrega de Comunidades Energéticas Educativas*, s. f.)

4.3.Lineamientos de implementación basados en los casos de éxito

4.3.1. Normativos

- Se debe generar un marco legal para la promoción de energías renovables, basado en la Ley 24/2023 del sector eléctrico de España, el Decreto Real 413/2014 y el Real Decreto-ley 5/2023

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

de España, que establecen un marco regulatorio. En Colombia la ley 1714 del 2014 se alinea con estos principios. Sin embargo, se debe fortalecer la implementación de esta ley para incentivar el desarrollo de proyectos a través de incentivos fiscales como mayores deducciones en el impuesto sobre la renta y subsidios directos para proyectos comunitarios, además de la simplificación de trámites burocráticos y administrativos como las licencias necesarias para la instalación de proyectos energéticos, con lo cual se podrían crear ventanillas únicas que centralicen los trámites. Así mismo, fomentar la Ley 2236 de 2023 de Colombia que habla sobre las comunidades energéticas a eliminación de barreras burocráticas y la creación de incentivos económicos para los proyectos comunitarios. Además, es crucial promover la cooperación entre personas naturales y jurídicas, así como garantizar el acceso a poblaciones vulnerables a través de programas específicos.

- Regulación de autoconsumo, la Directiva 2018/2001 de la UE, incorporada en la legislación italiana y griega, garantiza a los ciudadanos el derecho de auto consumir energía renovable y vender excedentes. En Colombia, se debe fortalecer la Resolución CREG 030-2018, que regula la autogeneración a pequeña y gran escala. Si bien actualmente está permitiendo a los consumidores vender su excedente energético, se debe contar con el uso de medidores bidireccionales; estos medidores son necesarios para registrar por separado la energía importada de la red y la energía excedente exportada a la red por las comunidades; su costo y disponibilidad pueden ser limitantes para muchos usuarios (*Alejandría - Resolución 30 de 2018 CREG*, s. f.).

4.3.2. Geográficos:

- Adaptar la tecnología a la geografía nacional: Basándose en el potencial geográfico en países como España e Italia, donde se promueve el desarrollo eólico y solar, Colombia debe enfocar

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

sus esfuerzos en maximizar el uso de su potencial solar en la región caribe y los llanos orientales, además de su potencial eólico en la región de la costa. Para esto se deben implementar tecnologías que sean adecuadas a las condiciones climáticas, como paneles solares resistentes a la humedad y sanidad. En regiones costeras se busca que sean resistentes a la corrosión, en áreas como los llanos se deben seleccionar paneles que mantengan su eficiencia en condiciones de calor extremos (*Comunidades Energéticas / Idae, s. f.*). En los países desarrollados se usan PERC (Passivated Emitter and Rear Cell). En cuanto a las turbinas eólicas, se deben buscar turbinas de baja velocidad especiales para zonas donde los vientos no son constantes; el uso de baterías resilientes también es importante ya que, por ejemplo, en regiones cálidas, es fundamental elegir baterías que puedan operar eficientemente a altas temperaturas sin perder capacidad (Insa, s. f.).

4.3.3. Socioculturales:

- Fomentar la participación ciudadana: En línea con la Ley 27/1999 de España y las experiencias de cooperativas en Francia e Italia, se debe fomentar la creación de cooperativas energéticas en Colombia, especialmente en comunidades rurales y vulnerables. Esto, ya que al revisar la literatura es posible determinar que, al unirse en cooperativas, las comunidades pueden beneficiarse de economías de escala y reducir los costos de instalación y operación de sistemas de energía renovable. Por ejemplo, hacer una instalación de autoconsumo colectivo es mucho más barato entre varias personas que hacerlo de manera individual.
- Generar educación y concientización energética: Inspirado en el trabajo de organizaciones como Unión Renovable en España, que educa a sus socios sobre el consumo responsable y optimización de facturas a través de programas de capacitación o talleres prácticos donde se organizan talleres para enseñar a los ciudadanos sobre la instalación y mantenimiento de

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

sistemas de energía renovable, así como sobre prácticas de ahorro energético. En Colombia se deben implementar programas educativos que enseñen a las comunidades y consumidores sobre el uso eficiente de la energía, la reducción de emisiones, y la integración de tecnologías renovables en sus actividades cotidianas. Esto puede ser efectuado mediante cursos en línea, haciendo llegar la información junto con las facturas o en aplicativos móviles, charlas y seminarios.

Finalmente dando respuesta a la pregunta de investigación Colombia tiene un potencial significativo para aprovechar múltiples fuentes de energía renovable, incluyendo solar, eólica y biomasa. Para maximizar este potencial, se debe fomentar la investigación y desarrollo de tecnologías que se adapten a las diversas regiones del país, como paneles solares optimizados para el clima cálido y seco de La Guajira o turbinas eólicas diseñadas para operar eficientemente en las condiciones de viento de la costa. Es necesario invertir en infraestructura que permita la integración de fuentes renovables, como redes inteligentes que faciliten la gestión del consumo y la distribución eficiente de energía. Además, se deben crear fondos de inversión comunitaria y subsidios gubernamentales que faciliten la financiación de proyectos energéticos locales, especialmente en áreas rurales y marginadas. Es crucial implementar mecanismos que permitan a los ciudadanos participar no solo en la toma de decisiones, sino también en la planificación y ejecución de proyectos energéticos. Esto incluye la creación de comités comunitarios que gestionan estos proyectos. Al implementar estas estrategias, Colombia puede avanzar hacia un modelo energético más sostenible e inclusivo.

5. Conclusiones y Recomendaciones

- La recopilación de información bajo la metodología PRISMA ha evidenciado que las comunidades energéticas no solo representan una solución viable para la transición energética, sino que también fomentan la cohesión social y el desarrollo económico local. La bibliometría es esencial para mapear el estado actual del conocimiento, identificar vacíos en la investigación y guiar futuras políticas en Colombia. Al visualizar temas centrales como "energía alternativa" y "eficiencia energética", este análisis proporciona una base sólida para fomentar el desarrollo de comunidades energéticas y mejorar la toma de decisiones en el ámbito energético.
- Es fundamental establecer un marco legal sólido que promueva las energías renovables en Colombia, inspirándose en modelos exitosos como los de España. Esto incluye fortalecer la Ley 1714 de 2014 y la Ley 2236 de 2023, implementando mayores incentivos fiscales y simplificando trámites burocráticos mediante ventanillas únicas para proyectos comunitarios, además mejorar la regulación del autoconsumo, fortaleciendo la Resolución CREG 030-2018 y asegurando la disponibilidad de medidores bidireccionales. Esto facilitará a los consumidores vender su energía excedente y garantizará una gestión más eficiente de la energía producida.
- Colombia debe maximizar su potencial en energía solar y eólica, adaptando la tecnología a sus condiciones climáticas. Esto implica la implementación de paneles y turbinas específicas para cada región, así como el uso de baterías adecuadas para diferentes climas.
- Fomentar la creación de cooperativas energéticas, especialmente en comunidades vulnerables, permitirá a los ciudadanos beneficiarse de economías de escala y reducir costos. Además, se debe promover la participación de la comunidad en la planificación y ejecución de proyectos energéticos. Así mismo implementar programas de educación y concientización energética que informen a las comunidades sobre el uso eficiente de la energía y la instalación de tecnologías

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

renovables. Esto puede lograrse a través de talleres, cursos en línea y recursos educativos accesibles.

- Promover la investigación en tecnologías adaptadas a las diversas regiones del país, garantizando que se aproveche el potencial de fuentes de energía como la solar, eólica y biomasa. Invertir en infraestructura para integrar estas fuentes de manera eficiente es crucial.
- Se recomienda establecer normativas más específicas que regulen la creación y operación de las comunidades energéticas, garantizando los derechos y las obligaciones de los participantes. Esto para facilitar la sostenibilidad de los proyectos.
- Se sugiere incentivar la investigación y el desarrollo de tecnologías adecuadas para la generación y gestión de energía en comunidades, así mismo fomentar la colaboración entre diferentes instituciones para facilitar el intercambio de conocimientos y recursos.
- Se recomienda continuar con la investigación de para aprender más de las experiencias de los países desarrollado que han implementado las comunidades energéticas, y a la vez comprender y adaptar los modelos a la realidad colombiana.

Referencias

ACEUVE. (2023, mayo 26). Comunidades Energéticas en España: Qué son y cuáles son sus ventajas.

Aceuve. <https://aceuve.com/comunidades-energeticas-en-espana/>

Alejandro—Resolución 30 de 2018 CREG. (s. f.). Recuperado 29 de septiembre de 2024, de

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0030_2018.htm

Análisis de los incentivos económicos en la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en

Colombia. (s. f.). Recuperado 20 de agosto de 2024, de

http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-25962020000200023

ANCREL - DOCUMENTI PUBBLICI DL 162 MILLEPROROGHE CONVERTITO IN LEGGE n. 8 del 20 febbraio ASSOCIAZIONE NAZIONALE CERTIFICATORI E REVISORI DEGLI ENTI LOCALI.

(s. f.). Recuperado 20 de agosto de 2024, de

https://www.ancrel.it/it/documenti_pubblici.php?sc_id=46&id=436&label=DL%20162%20MILLEPROROGHE%20CONVERTITO%20IN%20LEGGE%20n.%208%20del%2020%20febbraio

Badii, M. H., Guillen, A., Abreu, J. L., & UANL, S. (2016). Energías renovables y conservación de energía

(Renewable energies and energy Conservation). *Daena: international journal of good conscience*, 11(1), 141-155.

Barcelona Energía. (s. f.). Recuperado 9 de septiembre de 2024, de <https://www.teresa.cat/es-es/energia-renovable/barcelona-energia/>

BOE-A-2014-6123 Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. (s. f.).

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Recuperado 9 de septiembre de 2024, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-6123>

Bouzarovski, S., & Petrova, S. (2015). A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research & Social Science*, *10*, 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.06.007>

Colombia—Countries & Regions. (s. f.). IEA. Recuperado 31 de agosto de 2024, de <https://www.iea.org/countries/colombia/electricity>

Comunidades Energéticas. (s. f.). Recuperado 26 de agosto de 2024, de <https://www.minenergia.gov.co/es/comunidades-energeticas/>

Comunidades Energéticas | Idae. (s. f.). Recuperado 29 de septiembre de 2024, de <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>

Comunidades Energéticas. Casos de estudio. (2022). <https://www.orquestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orquestra/2412-220045-comunidades-energeticas-casos-estudio>

Conozca el Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno de Gustavo Petro para los próximos cuatro años. (s. f.). *Ámbito Jurídico*. Recuperado 10 de septiembre de 2024, de <https://www.ambitojuridico.com/noticias/general/conozca-el-plan-nacional-de-desarrollo-del-gobierno-de-gustavo-petro-para-los>

Decreto 348 de 2017—Gestor Normativo. (s. f.). Recuperado 9 de septiembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=79793>

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

ecopetrol. (s. f.). *Bioenergy inició comercialización de etanol (COLOMBIA)—OilProduction*. E-max.

Recuperado 28 de septiembre de 2024, de <https://oilproduction.net/details/item/3532-bioenergy-inicio-comercializacion-de-etanol>

Energía – Riopaila Castilla. (s. f.). Recuperado 30 de agosto de 2024, de <https://www.riopaila-castilla.com/energia/>

Energía Geotérmica—Qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas. (s. f.). <https://concepto.de/>.

Recuperado 24 de septiembre de 2024, de <https://concepto.de/energia-geotermica/>

Energía renovable en Colombia: Laberinto entre dos leyes – La Revista L&P. (s. f.). Recuperado 9 de septiembre de 2024, de <https://legislacionyprospectiva.co/2021/03/energia-renovable-en-colombia-laberinto-entre-dos-leyes/>

Fajardo García, G. (2021). El autoconsumo de energía renovable, las comunidades energéticas y las cooperativas. *Noticias de la economía pública social y cooperativa = Noticias CIDEA*, 66, 34-51.

Fajardo García, G., & Frantzeskaki, M. (2020). Las comunidades energéticas en Grecia. *REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos*, 137, e71866. <https://doi.org/10.5209/reve.71866>

Francia energías renovables Tendencias del Mercado. (s. f.). Recuperado 27 de septiembre de 2024, de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/france-renewable-energy-market/market-trends>

García, H., Corredor, A., Calderón, L., & Gómez, M. (2013). *Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia*.

<http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/331>

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Gil, R. E. R., Hoyos, Á. T., Piñeros, M. C., & Buitrago, J. P. D. (2023). Análisis de Políticas Públicas para la adopción de Energías Renovables No Convencionales en Colombia. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 19(36), Article 36. <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v19i36.4052>

Giraldo, M., Ramírez, R. V., & Quintanilla, A. U. (2018). LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS ¿UNA OPORTUNIDAD PARA COLOMBIA? *Punto de vista*, 9(1 (13)), Article 1 (13). <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1117>

Gobierno del Cambio inicia con la entrega de Comunidades Energéticas Educativas. (s. f.). Minenergía. Recuperado 2 de septiembre de 2024, de <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/gobierno-del-cambio-inicia-con-la-entrega-de-comunidades-energ%C3%A9ticas-educativas/>

Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). *PRISMA2020*: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18(2), e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>

Informe Especial 22/2023: Energía renovable marina en la UE | Tribunal de Cuentas Europeo. (s. f.). Recuperado 26 de septiembre de 2024, de <https://www.eca.europa.eu/es/publications/sr-2023-22>

Insa, +Jorge. (s. f.). *Células solares con tecnología PERC.* Monsolar. Recuperado 29 de septiembre de 2024, de <https://www.monsolar.com/blog/celulas-solares-con-tecnologia-perc/>

Italy Solar Energy Market Size | Mordor Intelligence. (s. f.). Recuperado 27 de septiembre de 2024, de <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/italy-solar-energy-market>

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Jácome, C. (2021). Energía Renovable a Partir De La Biomasa De La Caña De Azúcar. *Revista de Investigación Talentos.*

https://www.academia.edu/77286741/Energ%C3%ADa_Renovable_a_Partir_De_La_Biomasa_De_La_Ca%C3%B1a_De_Az%C3%BAcar

La capacidad de energía solar que posee España | Global Mobility Call. (s. f.). Recuperado 26 de septiembre de 2024, de <https://www.ifema.es/global-mobility-call/noticias-sector/el-potencial-de-la-energia-solar-en-espana>

LA DIRECTIVA (UE) 2018/2001 EN EL SECTOR DE LA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN Y LOS DERECHOS HUMANOS. (s. f.). Recuperado 20 de agosto de 2024, de https://huespedes.cica.es/gimadus/36-bis/36-bis_01-directiva_ue2018-2001.html

La energía renovable en Italia batió un récord el año pasado, pero sigue lejos de su objetivo | Euronews. (s. f.). Recuperado 27 de septiembre de 2024, de <https://es.euronews.com/green/2024/01/24/la-energia-renovable-en-italia-batio-un-record-el-ano-pasado-pero-sigue-lejos-de-su-objeti>

La hoja de ruta colombiana: Camino hacia una matriz energética más limpia – Atlas Renewable Energy. (s. f.). Recuperado 24 de septiembre de 2024, de <https://es.atlasrenewableenergy.com/la-hoja-de-ruta-colombiana-camino-hacia-una-matriz-energetica-mas-limpia/>

Las Cooperativas de Consumo eléctricas y las comunidades energéticas: INFORME – Hispacoop. (s. f.). Recuperado 20 de agosto de 2024, de <https://hispacoop.es/las-cooperativas-de-consumo-electricas-y-las-comunidades-energeticas-informe/>

Ley 27/1999, de 16 de julio, de Cooperativas. (s. f.).

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Los pro y los contra de las Comunidades Energéticas / Fundesarrollo. (s. f.). Recuperado 24 de septiembre de 2024, de <https://www.fundesarrollo.org.co/2024/04/09/los-pro-y-los-contra-de-las-comunidades-energeticas/>

Mejía Montañez, D. A., & Cortés Gómez, Y. A. (2019). *Evaluación de costo-beneficio, para determinar la viabilidad del uso de energía red-fotovoltaica para el sector residencial de estrato 2, como alternativa al subsidio existente de consumo de energía eléctrica en Bogotá*. <http://hdl.handle.net/11349/22352>

Montilla, M. (2024, enero 29). Guía para crear Comunidades Energéticas. *Naturclima*. <https://www.naturclima.energy/comunidades-energeticas/>

Ordeñana, E. A., Beascochea, I. Z., & Calvo-Sotomayor, I. (2024). Gobernar los Comunes de la Energía europeos: Normas y condiciones. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, 31, 1-36. <https://doi.org/10.29101/crcs.v31i0.21201>

Ordeñana, E. A., Muñoz, R. A., & Beascochea, I. Z. (2022). Hacia una transición energética justa e inclusiva: La contribución de la Economía Social a la conformación de las Comunidades Energéticas Europeas. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa*, 104, Article 104. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.104.21474>

Pineda Rodríguez-Pina, G. (2021). *Comunidades energéticas como posible solución a la pobreza energética de la España rural—Pineda Rodríguez-Pina, Gloria*. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/46761>

Pons, E. G. (2024). LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN EUROPA: ¿UN NUEVO IMPULSO PARA LAS COOPERATIVAS? *Cooperativismo e economía social*, 45, Article 45. <https://doi.org/10.35869/ces.v0i45.5170>

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Rastreador global de energía bioenergética. (s. f.). *Global Energy Monitor*. Recuperado 31 de agosto de 2024, de <https://globalenergymonitor.org/es/projects/global-bioenergy-power-tracker/>

Real Decreto Ley 5/2023. Novedades regulatorias en Energía. (s. f.). Recuperado 20 de agosto de 2024, de <https://cms.law/es/esp/publication/real-decreto-ley-5-2023.-novedades-regulatorias-en-energia>

Romero Rubio, M. del C. (2015). *Barreras y oportunidades para el desarrollo de comunidades energéticas sostenibles en España. Estudio comparativo con Estados Unidos y Alemania*. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/13331>

Se presentaron 11 proyectos eólicos costa afuera en Colombia que superan ampliamente los objetivos al 2040—Energía Estratégica. (s. f.). Recuperado 24 de septiembre de 2024, de <https://www.energiaestrategica.com/se-presentaron-11-proyectos-eolicos-costa-afuera-en-colombia-que-superan-ampliamente-los-objetivos-al-2040/>

TRANSICION_ENERGETICA_COLOMBIA_BID-MINENERGIA-2403.pdf. (s. f.). Recuperado 29 de septiembre de 2024, de https://www.minenergia.gov.co/documents/5856/TRANSICION_ENERGETICA_COLOMBIA_BID-MINENERGIA-2403.pdf

Apéndices

Apéndice A.


Criterios bibliométricos

Variables		
Bases de datos	Scopus	Mendeley data
Años de publicación	2015-2024	
Tipos de documentos	Artículo, libro, capítulo de libro, documento de conferencias	
Clases de revistas	Todas las clases de revistas	
Áreas del conocimiento	Energía Eficiencia energética Energía renovable Estrategias de ahorro energético Tecnologías de almacenamiento de energía Sistemas de energía distribuida Financiamiento de proyectos energéticos Tecnología de la información Cambio climático	Políticas y regulaciones energéticas a nivel nacional e internacionales Incentivos gubernamentales Programas de apoyo para energías renovables Normativas y estándares para la implementación Análisis costo beneficio Análisis económico entre países desarrollado y en desarrollo Impacto ambiental
Campos de búsqueda	Título de la publicación	
Términos de búsqueda	Energy communities, Renewable energy communities, Community energy systems, Energy cooperatives, Distributed energy resources, Local energy networks	

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Apéndice B.

Ubicación de comunidades energéticas

Comunidad energética	Ubicación	
Unión renovable		
Ecooo	 <p data-bbox="479 1092 730 1144">Una comunidad energética contra la pobreza energética</p> <p data-bbox="755 1092 1006 1144">Una comunidad energética para la transición ecológica</p> <p data-bbox="1031 1092 1282 1144">Una comunidad energética local impulsada por la ciudadanía</p>	
Minoan Energiaki		Sarafali Mantra in Municipality of Minoa Pediada.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Apéndice C.*Países a los cuales hace referencia el documento*

Título	País de afiliación	País de aplicación
La lucha de las comunidades energéticas por mejorar la justicia energética: perspectivas extraídas de 113 casos alemanes	Alemania	Alemania
Comunidades energéticas en zonas rurales: el caso de estudio participativo de Vega de Valcarce, España	Alemania	España
Impactos macroeconómicos de las comunidades energéticas y los prosumidores individuales: una evaluación de las vías de transformación	Alemania	Unión Europea
Need of energy transition at roof of the world: Correlative approach to interpret energy identity of high-altitude Central Asian communities	Alemania	Asia Central
El marco político de la UE para las comunidades energéticas	Alemania	Unión Europea
Implementing a just renewable energy transition: Policy advice for transposing the new European rules for renewable energy communities	Alemania	Unión Europea
Cómo apoyan los municipios a las cooperativas energéticas: resultados de una encuesta realizada en Alemania y Suiza	Alemania	Alemania y Suiza

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

“BARRERAS Y OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN ESPAÑA. ESTUDIO COMPARATIVO CON ESTADOS UNIDOS Y ALEMANIA	Alemania	España, USA, Alemania
Energy communities' social role in a just energy transition (Book Chapter)	Alemania	Unión Europea

Apéndice D.*Datos de potencial eléctrico español*

Tipo de energía	Potencia instalada	Producción anual	Comentarios
Eólica	30,000 MW	61,000 GWh	Primera fuente de generación eléctrica en España, cubriendo más del 24% de la demanda. España es el quinto país del mundo en potencia eólica instalada.
Fotovoltaica	29.5 GW (en funcionamiento) + 7.8 GW (en construcción)	21,922 GWh	España es líder europeo en energía solar a escala comercial, con un gran potencial para alcanzar los objetivos de 81 GW para 2030.
Solar térmica	No especifica	5,176 GWh	Parte del mix renovable, pero menos destacada que la fotovoltaica.

Apéndice E.*Datos de potencial eléctrico italiano*

Tipo de energía	Potencia instalada	Producción anual	Comentarios
Eólica	20 GW	23.4 TWh	La energía eólica ha alcanzado cifras récord en producción, cubriendo aproximadamente el 7% de la demanda total de energía. Italia es el quinto país en Europa en instalaciones eólicas, lo que refleja su creciente compromiso con las energías renovables.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Fotovoltaica	26.47	30.6 TWh	La energía solar ha experimentado un crecimiento significativo, convirtiéndose en una de las principales fuentes de electricidad del país. Con un alto potencial solar, especialmente en el sur, Italia busca alcanzar los 50 GW de capacidad instalada para 2030
Solar térmica	No específica	No específica	Aunque menos destacado que la fotovoltaica, la solar térmica contribuye a la diversificación de la matriz energética.

Apéndice F.*Datos de potencial eléctrico greco*

Tipo de energía	Potencia instalada	Producción anual	Comentarios
Eólica	4.4 GW	9.5 TWh	La energía eólica es una de las principales fuentes renovables en Grecia, representando aproximadamente el 37,9% de la combinación de energías renovables. Se prevé que la capacidad instalada alcance los 7 GW para 2030, lo que indica un crecimiento significativo.
Solar	7.1 GW	10.5	La energía solar ha crecido rápidamente en Grecia, con un aumento del 400% en la capacidad instalada en los últimos años. Se espera que continúe liderando el crecimiento en el sector de energías renovables, impulsada por políticas gubernamentales favorables.
Biomasa	No especificado	No especificado	Aunque no se detalla la capacidad instalada de biomasa, su uso está en aumento como parte del mix energético renovable. La biomasa puede contribuir a la diversificación del suministro energético y al aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales.

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS PARA COLOMBIA.

Apéndice G.*Datos de potencial eléctrico francés*

Tipo de energía	Potencia instalada	Producción anual	Comentarios
Eólica	18.3 GW	42.8 TWh	La energía eólica es una de las principales fuentes renovables en Francia, representando aproximadamente el 22% de la producción total de electricidad. Se espera que la capacidad instalada continúe creciendo para alcanzar los objetivos climáticos del país.
Solar	18.86 GW	22.5 TWh	La energía solar ha experimentado un crecimiento significativo, con un aumento del 30% en 2023. Se prevé que alcance entre 35,6 GW y 44,5 GW para 2028, impulsada por políticas gubernamentales favorables.
Biomasa	No se menciona	No se menciona	Aunque no se detalla la capacidad instalada de biomasa, su utilización está en aumento como parte del mix energético renovable. La biomasa contribuye a la diversificación del suministro energético y al aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales.