

La educación superior como impulsor para la transición energética: estrategias a 2034 para fortalecer capacidades en energías renovables en Colombia

Zulma Janeth Crespo Marín

Facultad de Ciencias de la Administración, Universidad del Valle

Trabajo Integrador

Dra. Irene Vélez Torres

Mg. Alexis Aguilera Alvear

Agosto de 2024

Agradecimientos

Al culminar esta etapa académica, quiero expresar mi gratitud a quienes fueron parte de este proceso. A mis directores, Irene Vélez y Alexis Aguilera, por su guía y apoyo constante a lo largo de todo este camino. Su experiencia y dedicación fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo.

Extiendo mi agradecimiento a la dirección del programa y al equipo de apoyo de la Maestría. En especial a la directora Ana Padilla, al profesor Javier Medina, así como a todos los profesores y compañeros, por crear un entorno académico estimulante y enriquecedor. Una mención particular para Carlos Ocampo, cuyas largas y fructíferas conversaciones nutrieron significativamente esta investigación.

Mi reconocimiento al grupo de expertos consultados: Johanna Castellanos, Yesid Ojeda, Nicanor Quijano y Ricardo Moreno. Sus conocimientos y experiencia fueron muy valiosos para este trabajo.

Finalmente, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, paciencia y ánimo constante durante todo este proceso.

A todos, mi más sincero agradecimiento.

Contenido

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Justificación	12
3. Objetivos.....	13
3.1. Objetivo general	13
3.2. Objetivos específicos	13
4. Marco Conceptual	14
4.1. Horizonte de tiempo: 2034	14
4.2. Emergencia climática y transición energética	14
4.3. Educación para la acción climática	18
Avances de Colombia en la educación para la acción climática	22
4.4. Capacidades	25
5. Metodología.....	28
5.1. Vigilancia e Inteligencia estratégica	30
5.1.1. Concepto.....	30
5.1.2. Aplicación.....	31
5.2. Benchmarking en Educación Superior	36
5.3. Teoría del cambio.....	37

5.3.1. Concepto.....	37
5.3.2. Aplicación.....	39
6. Educación Superior en el Campo de las Energías Renovables en el Mundo	40
6.1. Análisis bibliométrico.....	40
6.2. Revisión de literatura	48
6.3. Análisis de países	52
6.3.1. Alemania	53
6.3.2. Estados Unidos	59
6.3.3. Reino Unido	62
7. Educación Superior en el Campo de las Energías Renovables en Colombia	70
7.1. Programas académicos	70
7.2. Grupos de investigación.....	75
7.3. Publicaciones científicas	80
7.4. Proyectos	84
7.5. Alineación de la oferta académica con el mercado laboral	86
8. Consulta a expertos sobre la educación superior en el campo de las energías renovables en el marco de la transición energética en Colombia, al 2034.....	93
8.1. Expertos.....	94

8.2.	Instrumento de investigación	95
8.3.	Análisis de las respuestas.....	96
9.	Teoría del Cambio: Educación Superior para el Fortalecimiento de Capacidades en el Sector de las Energías Renovables en Colombia	119
9.1.	Situación actual.....	119
9.2.	Situación deseada.....	124
9.3.	Teoría del Programa.....	129
9.3.1.	Problema.....	131
9.3.2.	Programa 1: Diseño y ejecución de programas académicos especializados en energías renovables.	132
9.3.3.	Programa 2: fortalecimiento de las capacidades institucionales (IES). 139	
9.3.4.	Programa 3. Alianzas Estratégicas con IES, Industria y Sector Público 150	
9.3.5.	Indicadores.....	153
9.3.6.	Supuestos.	156
9.3.7.	Riesgos.	158
9.3.8.	Monitoreo y Evaluación.....	159
10.	Conclusiones	160
11.	Recomendaciones.....	167

12. Referencias	170
13. Listado de Apéndices	186

Resumen

Esta investigación analiza el sistema de educación superior en Colombia en relación con la formación e investigación en el área de las energías renovables. Adicionalmente, propone estrategias y acciones para que las instituciones de educación superior se conviertan, al 2034, en impulsores de la transición energética en Colombia.

Los resultados indican, a nivel internacional, la prevalencia de los programas educativos orientados a los combustibles fósiles sobre los programas de energías renovables. Se observa una mayor cantidad de programas de nivel de maestría, y una escasez de programas técnicos y de nivel doctoral. Existe una hegemonía técnica y tecnológica en el desarrollo de los programas, por encima de las ciencias administrativas y sociales. Se identificó a Alemania, Estados Unidos y Reino Unido como países referentes en educación e investigación en energías renovables. En Colombia, se encontró un mayor número de programas centrados en energías fósiles, con una concentración geográfica de la oferta educativa, principalmente en Bogotá, Atlántico y Santander. Se identificaron debilidades a nivel de la investigación y la innovación en términos de transición energética. Tanto los programas académicos como la investigación están centrados en el campo de la ingeniería y la tecnología. Entre las propuestas más relevantes en la Teoría del Cambio se incluyen: la necesidad de una formación que resalte la multi-interdisciplinariedad, la innovación y la ética; la formación de alto nivel; la formación continua de los profesores en energías renovables; y la articulación entre academia-industria- gobierno-sociedad.

Palabras clave: Transición energética, Energías renovables, Educación superior, Programas académicos, investigación, Teoría del cambio.

Abstract

This research analyzes the higher education system in Colombia concerning education and research in the field of renewable energies. Additionally, it proposes strategies and actions for higher education institutions to become drivers of the energy transition in Colombia by 2034.

The key results are as follows: Internationally, there is a prevalence of educational programs focused on fossil fuels over those focused on renewable energy. While there are more master's level programs, there is a shortage of technical and doctoral level programs. A technical and technological hegemony is evident in the development of these programs, with Germany, the United States, and the United Kingdom serving as leading countries in education and research on renewable energies. In Colombia, there is a predominance of programs centered on fossil fuels, with a geographical concentration of educational offerings mainly in Bogotá, Atlántico, and Santander. There are weaknesses in research and innovation related to the energy transition, with both academic programs and research primarily centered in the fields of engineering and technology.

Among the most relevant proposals in the Theory of Change are the need for education that emphasizes multi-interdisciplinarity, innovation, and ethics, the training of educators in renewable energies as a multiplier effect, and the collaboration between academia, industry, government, and society.

Keywords: Energy transition, Renewable energy, Higher education, Undergraduate programs, Graduate programs, research, Theory of change.

1. Introducción

El modelo económico actual se ha construido bajo el paradigma de generar bienestar a partir de la producción y la productividad. Es decir, cuanto más se produce, más se compra y más satisfechos están los ciudadanos (Vila, 2021). El crecimiento económico “infinito” ha llevado a sobrepasar los límites de la tierra, transformando los sistemas naturales y produciendo una crisis ambiental sin precedentes en la historia de la humanidad (Georgescu-Roegen, 1971; Arenas et al. 2022).

Los combustibles fósiles han jugado un papel central en ese crecimiento económico, logrando una transformación radical de la sociedad y la economía en los últimos dos siglos gracias a su potencia, cantidad de energía y versatilidad. Sin embargo, esta fuente de energía ha llegado a un punto crítico por dos razones: la primera, es una de las principales causantes de la crisis climática global debido a la generación de gases de efecto invernadero; y la segunda, al ser un recurso no renovable, su accesibilidad irá disminuyendo progresivamente en el tiempo (Pérez-Rincón et al., 2024).

En este contexto de crisis climática ocasionada principalmente por la quema de combustibles fósiles, surge la necesidad de una transición energética como respuesta de mitigación y adaptación al cambio climático. Por el lado de la oferta, se busca sustituir las fuentes fósiles de energía por fuentes renovables y por el lado de la demanda, cambiar los patrones de consumo, por ejemplo, con la electrificación del transporte y cambios en las tecnologías para una mayor eficiencia.

En 2015, se firmó el Acuerdo de París que establece el compromiso global de limitar la generación de gases de efecto invernadero, para evitar que haya un aumento

de la temperatura por encima de 1.5 grados Celsius; además del desarrollo de estrategias de adaptación y de reconocimiento de los daños generados (Vélez, 2024). Posteriormente, en la COP 26, con el Pacto de Glasgow para el Clima se insta a los países a incrementar rápidamente la generación de energía limpia y tener un mayor despliegue de medidas de eficiencia energética con el objetivo de llegar al cero neto en emisiones a mediados de siglo.

Para lograr estas metas de mitigación y adaptación al cambio climático, propuestas por las naciones, se requiere crear y fortalecer capacidades en diferentes ámbitos, entre ellos, el de las energías renovables, siendo la educación un factor clave en este proceso. Sin embargo, los estudios a nivel mundial, revelan que, a pesar de la emergencia climática, y por ende la necesidad de generar conocimientos en el campo de las energías renovables, existe un desajuste entre la demanda de la industria y las naciones y la oferta del sistema educativo (Lucas et al., 2018).

En esa línea, este trabajo se enfoca en revisar para el caso colombiano el estado y las condiciones del sistema de educación superior en energías renovables e identificar estrategias que le permitan en los próximos 10 años, ser un motor de desarrollo para la transición energética. De manera que Colombia logre asumir los retos del cambio climático y cumplir con los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París y el Pacto de Glasgow.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: luego de esta introducción se presenta la justificación, objetivos y el marco conceptual. A partir de allí se presenta la metodología que se divide en los tres métodos utilizados: i) la Vigilancia e Inteligencia Estratégica con la que se recopilará y analizará la información, ii) Benchmarking en

educación superior y iii) la Teoría del Cambio que se utilizará como método prospectivo para la construcción de futuro.

Los resultados se dividen en cuatro capítulos: en el primero se presenta los resultados de la vigilancia estratégica y la revisión de literatura sobre la educación en energías renovables en el mundo, haciendo énfasis en algunos países con mayores avances en formación e investigación en energías renovables. El segundo capítulo, presenta un diagnóstico sobre el estado actual de la formación e investigación en energías renovables en Colombia. Tercero, resultados de entrevistas a expertos en educación superior, transición energética y energías renovables. Cuarto capítulo, teoría del cambio, con tres rutas de cambio para fortalecer la educación y promover el desarrollo de capacidades en el sector de energías renovables en Colombia, al año 2034. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

2. Justificación

El gobierno colombiano, que ratificó el Acuerdo de París, se comprometió en 2015 a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% para el año 2030. Posteriormente, en 2020, elevó esta meta, proponiendo una reducción del 51% para 2030 con respecto al valor de referencia, y estableció el objetivo de alcanzar la carbono neutralidad en 2050 (Minambiente, 2020). Para esto, contempla entre sus estrategias de mitigación y adaptación, incrementar la participación de las fuentes de energía renovable no convencionales en la matriz energética.

Para lograr el desarrollo de energías renovables en Colombia, es indispensable una “sociedad del conocimiento ... capaz de implementar y desarrollar por sí misma ciencia, tecnología e innovación” (Gobierno de Colombia, 2021, p. 219). Teniendo en cuenta que el Estado colombiano espera que la transición energética no sea un proceso de transferencia tecnológica de los países más desarrollados sino, al contrario, esta sea una oportunidad para el desarrollo científico, productivo y económico del país. En este contexto, se hace evidente la necesidad de fortalecer la educación superior para impulsar el desarrollo científico, tecnológico y administrativo en el campo de las energías renovables.

Este trabajo busca abordar esta necesidad crítica al proporcionar un diagnóstico del estado actual de la educación superior en energías renovables en Colombia, en programas de formación e investigación y proponer estrategias concretas para fortalecer la capacidad del sistema educativo para impulsar la transición energética del país.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Proponer las estrategias y acciones necesarias para que el sistema de educación superior se convierta, al 2034, en impulsor de la transición energética en Colombia.

3.2. Objetivos específicos

- **Objetivo específico 1:** Identificar y analizar las mejores prácticas y estrategias implementadas por los países referentes en educación e investigación de energías renovables.
- **Objetivo específico 2:** Realizar un diagnóstico sobre el estado actual de la formación e investigación en energías renovables en las instituciones de educación superior en Colombia.
- **Objetivo específico 3:** Recomendar acciones que permitan fortalecer la educación y promover el desarrollo de capacidades en el sector de energías renovables en Colombia.

4. Marco Conceptual

4.1. Horizonte de tiempo: 2034

Los compromisos internacionales adquiridos por el gobierno colombiano en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París, establecen el año 2030 como hito temporal para su cumplimiento. Esto guía el horizonte temporal para proponer un estudio de futuro. Sin embargo, acudiendo a la teoría de la prospectiva que señala que un estudio prospectivo no puede ser inferior a 10 años (Medina, 2019), esta investigación establece el año 2034 como horizonte temporal.

Sin duda, alcanzar las capacidades nacionales plenas que permitan la carbono neutralidad y el desarrollo del sector de energía renovable, tomará más de diez años. Sin embargo, es viable que, en este horizonte temporal, las instituciones de educación superior puedan implementar acciones que enruten a Colombia hacia el logro de estos objetivos.

4.2. Emergencia climática y transición energética

En el campo de los estudios de futuro, desde la década de los setenta, se hicieron importantes cuestionamientos al paradigma que sostenía que altos niveles de crecimiento industrial y alta tecnología llevarían a la humanidad a vivir en un planeta postindustrial, orientado al ocio y al consumo (Kahn, 1976; Kahn, 1979). Un ejemplo es el libro *“Los Límites del Crecimiento”* (1972), elaborado por el MIT por encargo del Club de Roma, que planteó que, a menos que se limitara inmediatamente el crecimiento demográfico e industrial, las consecuencias medioambientales (agotamiento de los

recursos, contaminación y drástica disminución de los rendimientos agrícolas) serían desastrosas (Howard, 1981).

A este primer informe le siguieron otros como *La Humanidad en el punto de inflexión* (1974); RIO: Remodelación y orden internacional (1976) y Metas para la Humanidad (1978). Pese a estas primeras alertas, el crecimiento económico continuó [y continua] siendo el centro de las políticas económicas.

A inicios de los noventas la comunidad científica y algunos lideres mundiales empiezan a reconocer el cambio climático como una amenaza seria. Sin embargo, para ese momento, la humanidad ya había cruzado los límites de la capacidad de regeneración del planeta (Meadows et al., 1992). En 1994 entró en vigor la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), reconociendo los efectos medio ambientales del crecimiento económico y buscando la estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero a un nivel seguro¹. Durante la 21ª Conferencia de las Partes (COP 21) de la CMNUCC, se firmó el Acuerdo de París con el que los países se comprometieron a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar un aumento de temperatura por encima de 1.5 grados Celsius y, además, aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático.

Para lograr mantener la temperatura del planeta dentro de sus límites, la humanidad debe hacer nuevamente una transición energética, esta vez hacía fuentes

¹ El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) creado en 1988 facilita las evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta y, por tanto, establece los parámetros científicos y técnicos para mantener al planeta sobre niveles climáticos seguros. Extraído de: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

renovables, resilientes y sostenibles. “La transición energética se refiere a los cambios estructurales y de largo plazo que ocurren dentro de un sistema energético; ya sea a escala local, regional o global” (Ávila-Calero & Sorman, 2018, p. 380, como se citó en Pérez-Rincón et al., 2024, p. 27). La transición hacia las energías renovables se puede ver desde dos enfoques: El primero, desde la oferta, es decir, más y mejores tecnologías para ofrecer energía renovable; y el segundo, con una mirada crítica sobre el crecimiento económico, en este caso, se plantea una reconfiguración del sistema energético para que sea más justo social y ecológicamente; por tanto, considera los patrones de consumo además de la oferta (Pérez-Rincón, 2024).

Derivado del Acuerdo de París, los países firmantes han establecido, voluntariamente, compromisos climáticos que se conocen como Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (Nationally Determined Contributions)- NDC con las que plantean metas nacionales para mitigar y adaptarse al cambio climático. En esa misma línea durante la COP 26, tras considerarse que las NDC de 2015 no eran lo suficientemente ambiciosas para alcanzar el neto cero de emisiones a mitad de siglo, se hizo el Pacto de Glasgow para el Clima. Con este pacto se acordó intensificar la acción climática, una mayor financiación, mejorar el apoyo a la adaptación y el abandono de los combustibles fósiles.

El Pacto, “exhorta a las Partes a que aceleren el desarrollo, el despliegue y la difusión de tecnologías y la adopción de políticas para la transición hacia sistemas energéticos con bajas emisiones, entre otras cosas incrementando rápidamente la generación de energía limpia y el despliegue de medidas de eficiencia energética” (CMNUCC, 2021, p. 5).

El gobierno colombiano, que ratificó el Acuerdo de París, presentó sus primeros NDC en 2015 y posteriormente, en 2020 presentó su actualización, definiendo las metas y medidas para el periodo 2020 -2030, en concordancia también con la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Estrategia de Largo Plazo de Colombia - E2050.

Para el 2030, Colombia se ha propuesto reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 51%, frente al valor proyectado, y alcanzar la carbono neutralidad en 2050 (Minambiente, 2020). Para lograr estas metas, el país ha iniciado un proceso de transición energética que incluye la estrategia de aumentar significativamente la participación de las fuentes de energía renovable no convencional en su matriz energética. El Plan Energético Nacional 2024-2054 (2024) refleja esta visión, proponiendo un escenario de transición energética en el que, para 2054, cerca del 50% de la oferta de energía eléctrica en Colombia provendrá de fuentes de energía no convencional².

Por tanto, para cumplir con las metas de la NDC y la transición energética hacia energías más limpias³, el país necesita: i) Desarrollo y transferencia de tecnología; ii)

² De acuerdo con el escenario de Transición Energética del Plan Energético Nacional 2022-2054 realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética, para el 2052 se espera que la producción de energía alcance los 2.942 PJ, de lo cual se espera que la producción energética a partir de FNCER sea del 23%. Por su parte, dentro de la generación de energía eléctrica, la energía proveniente de FNCER sería del 51%.

³ En este proyecto cuando se hace referencia a promover la energía renovable, se está excluyendo la hidroenergía, puesto que Colombia tiene una alta vulnerabilidad a eventos climáticos extremos como el fenómeno de El Niño, y, por tanto, esta energía deja de ser una fuente que brinde seguridad energética al país. Adicionalmente, las grandes centrales hidroeléctricas están asociadas a riesgos sociales y ambientales como pérdida de tierras productivas para sostenimiento de las comunidades locales, alteración de los cauces de los ríos y pérdida de biodiversidad.

Creación/Fortalecimiento de capacidades y iii) Financiamiento; así lo señala el informe de Minambiente (2020). Por su parte, la misión de sabios de 2019, un grupo de expertos convocado para asesorar sobre el futuro del país, subraya la importancia de la ciencia y la tecnología en la transformación del sector energético. Según este informe, la ciencia y la tecnología juegan un papel clave para lograr una matriz energética diversificada y limpia que garantice un suministro de energía sostenible a largo plazo, en la medida que son indispensables para la optimización y desarrollo de procesos físicos, químicos y biológicos innovadores en la generación, conversión y uso eficiente de la energía (Colciencias, 2019).

4.3. Educación para la acción climática

La educación es una estrategia clave para mejorar la comprensión y la respuesta a los impactos del cambio climático. En una primera vía se reconoce que una población con mayor nivel de educación puede ejercer presión social sobre los gobiernos, por ejemplo, para que mejoren sus políticas energéticas, y en una segunda vía, la educación desde el punto de vista de la capacitación, permite que los países creen y desarrollen sus habilidades para hacer frente a los retos del cambio climático (Zhang et al., 2023; Goritz & Kolleck, 2024). En ese sentido, la educación proporciona las herramientas para un cambio transformador, facilitando que los estudiantes se conviertan en los actores de este cambio (Kandpal & Broman, 2014; Özbay & Duyar, 2022, Droubi et al., 2023).

En el caso particular de la educación en energías renovables, entendida esta como la formación que busca proporcionar conocimiento y comprensión en los conceptos, principios y tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables (Kandpal & Broman, 2014). Se espera que convierta a los estudiantes, por una parte, en

consumidores de energía conscientes y, por otra parte, en los productores, trabajadores o empresarios en el nuevo mercado de energía renovable (Droubi et al., 2023).

De manera que, para garantizar una transición equilibrada y acelerada de las diversas tecnologías de energías renovables, se requiere de profesionales competentes para la evaluación de los recursos, el desarrollo tecnológico, el diseño de sistemas, instalación, funcionamiento, reparación y mantenimiento, la supervisión del rendimiento, el tratamiento de la información, la planificación, entre otras actividades (Kandpal & Broman, 2014, p. 301).

Con el objetivo de impulsar una educación que permita hacer frente al cambio climático desde las diferentes líneas de acción entre ellas las energías renovables, la CMNUCC estableció en el artículo 6 que las Partes firmantes promoverían y facilitarían la educación, formación y sensibilización del público, incluyendo la formación de personal científico, técnico y directivo, con el fin de proteger el sistema climático para las generaciones presentes y futuras. El énfasis en educación se reitera en el Acuerdo de París, artículo 12. Posteriormente, en la COP 22 y la COP 24, se denomina “Acción para el Empoderamiento Climático” (ACE, por sus siglas en inglés) a los esfuerzos orientados a la educación en el marco de la Convención y el Acuerdo de París, respectivamente.

Esta ACE se encuentra alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS (United Nations, 2015), en los que se vincula la educación al desarrollo de energías renovables, al 2030: *Objetivo 4. Educación de Calidad* con la meta 4.7 “Asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para

promover el desarrollo sostenible”⁴ *Objetivo 7. Energía asequible y no contaminante* con la meta de aumentar la proporción de energía renovable dentro del conjunto de fuentes energéticas. *Objetivo 13. Acción por el clima* con la meta 13.3 dice que se debe “Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional en relación con la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.” (United Nations, 2015).

Goritz & Kolleck (2024), analizaron los 181 documentos de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional, presentados por las Partes en enero de 2019. Este estudio encontró que 73 países mencionaron el término "educación" en el contexto del medio ambiente y/o el cambio climático, lo que representa alrededor del 40% de todos los países que presentaron sus NDC en ese momento.

Se identificaron seis marcos distintos en el que los países relacionan la educación con el cambio climático. Entre los que se resalta *la educación como necesidad de adaptación*, con 48 países, entre los que se encuentra Colombia. El segundo marco es *la educación como necesidad para mitigar el cambio climático* con 26 países, en el que se menciona la educación para fomentar el uso de energías renovables o el aumento de la eficiencia energética como medidas para mitigar las emisiones de GEI.

El tercer marco más frecuente es *la educación como una necesidad de desarrollo/fortalecimiento de capacidades*, en este la educación suele considerarse un requisito previo para la creación de capacidades. Los otros tres marcos corresponden a

⁴De la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente en lo que se refiere a la educación para el cambio climático, la UNESCO ha propuesto las estrategias de Educación para el desarrollo sostenible (EDS). Hoja de Ruta 2030.

la educación como co-beneficio de la mitigación (3 países); el sector educativo necesita ayuda financiera (9 países) y repercusiones del cambio climático en el sector educativo (8 países).

Las energías renovables son un tema priorizado en los acuerdos internacionales y ha ganado espacio en las agendas nacionales, sumado al crecimiento de la inversión en el sector, que en 2023 fue de 623.000 millones de dólares, un 8% más en relación al 2022 (BloombergNEF, 2024). Sin embargo, esto no se refleja en la misma proporción en el campo de la educación superior. Vakulchuk & Overland (2024), revisaron datos de 2019 para 18.400 universidades en 196 países, y encontraron que aun prevalecen los programas educativos orientados a los combustibles fósiles sobre los programas de energías renovables (68% vs 32%). A pesar que durante 2010-2023, hubo escasez de mano de obra calificada para los sistemas de energía renovable en todo el mundo. Según afirman los autores esta escasez aumentará si la educación no se ajusta para responder rápidamente a las demandas de los gobiernos y a las nuevas industrias; considerando que, según las estimaciones, si toda la electricidad se genera a partir de energías renovables en 2050, se requerirían cerca de 35 millones de nuevos puestos de trabajo en todo el mundo (Ram et al., 2020; Swift et al., 2019, como se citó en Vakulchuk & Overland, 2024).

En esa línea, es imperativo incrementar la oferta de programas de educación en todos los niveles de pregrado y posgrado que se ajusten a las demandas y complejidades que exige el mundo en materia energética, social y ambiental, y que formen el personal cualificado suficiente (Kandpal & Broman, 2014).

Avances de Colombia en la educación para la acción climática

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, publicó en 2010 su Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático (ENEFSPCC). La ENEFSPCC es una herramienta de la Política Nacional de Cambio Climático y tiene como objetivo principal establecer directrices para la creación de capacidades a nivel local, regional y nacional en los temas de cambio climático por medio del acceso a la información, la capacitación, la educación, la investigación y la participación (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2010, pág. 39)

La ENEFSPCC menciona que Colombia ha tenido avances tanto en la educación superior como en la investigación. Pero no los suficientes, especialmente en los sectores y regiones con menor competitividad. Asimismo, presenta un Plan Estratégico para el período 2009-2019, que propuso entre otros objetivos y actividades: la creación de programas académicos sobre cambio climático y la inclusión transversal del cambio climático en todos los currículos. Por el lado de la investigación en las Universidades: promover la investigación a través de crear líneas de investigación, crear semilleros, un concurso anual de tesis de grado y pasantías en instituciones que trabajen en temas de cambio climático.

A lo largo del documento de estrategia nacional se habla de que la educación superior e investigación brinde las herramientas para comprender el cambio climático, sus riesgos e implicaciones, pero no se plantea la educación como instrumento para crear transformaciones como el desarrollo de industria a partir de fuentes renovables.

Posteriormente, en 2018, el Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible hace un análisis de la ENEFSPCC y resalta que, pese a los esfuerzos institucionales del Ministerio de Ambiente, el Ministerio de Educación, el SENA, la ESAP, la Red Ambiental de Universidades Sostenibles (RAUS), la educación ambiental no se ha posicionado como una agenda conjunta y coordinada de las entidades. Por supuesto, sin desconocer los pasos que ha dado el país en materia de formación (Diplomados, posgrados en cambio climático o temas afines, incorporación del Cambio Climático en los currículos de los pregrados y posgrados) e investigación (publicación de artículos de gestión ambiental, semilleros de investigación en gestión ambiental, establecimiento de líneas de investigación que responden a las necesidades en Investigación, Ciencia y Tecnología de los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático -PIGCC).

En la actualización de las NDC presentada en 2020. Colombia definió entre los cinco ámbitos de los medios de implementación para el cumplimiento de la NDC, la **Educación, formación y sensibilización** con el que se pretende transformar los comportamientos de la sociedad y avanzar en la apropiación de la gestión del cambio climático. Para lograrlo ha definido como una de las Metas, al 2030, incorporar de manera efectiva el tema de cambio climático en la educación formal (preescolar, básica primaria y secundaria, media y superior) y la Educación para el Trabajo y el Desarrollo Humano, para fortalecer las capacidades, especialmente, de los jóvenes, formadores, futuros profesionales y tomadores de decisión y promover así, la transición energética hacia fuentes de energías renovables y resilientes.

Ese mismo año, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible elaboró en conjunto con el Ministerio de Educación Nacional, el estudio “Educación, Formación y

Sensibilización en Cambio Climático en Colombia Visión a 2050 y metas NDC a 2030” (Ministerio de Ambiente et al., 2020). Sin embargo, no se logró acceder a los resultados del análisis, ya que no estaban disponibles de manera pública.

Por último, en la Estrategia climática de largo plazo de Colombia- E2050, el gobierno colombiano plantea entre sus apuestas la Transición Justa de la fuerza laboral (Apuesta 4). Aquí se plantea “Adaptar la oferta educativa y la formación para el empleo en el marco de la carbono neutralidad” (Transformación 15), con lo que propone algunos cambios mínimos requeridos, entre los que cabe mencionar:

- Aumentar el número de programas de pregrado (técnico, tecnológico y profesional) y posgrado (especialización, maestría y doctorado) afines a sectores clave para la carbono neutralidad (economía circular, bioeconomía, energías renovables, ciencia, tecnología e innovación).
- Ajustar los pensum de formación y actualización para profesores para que puedan desarrollar herramientas pedagógicas efectivas con enfoque de género y en línea con el desarrollo de un país carbono neutral y resiliente al clima.
- En 2050, el país cuenta con programas educativos y de formación para el empleo, incluida la continua capacitación pedagógica, didáctica, con sensibilización de género, de profesores que responden a las necesidades del mercado laboral en los sectores relacionados con la carbono neutralidad y la resiliencia climática.

Con todo lo anterior se hace evidente que este estudio no parte de cero, Colombia ha reiterado en diferentes instrumentos de planeación nacional y estrategias de

mitigación y adaptación al cambio climático, la necesidad de que la educación superior del país contribuya en la construcción de capacidades para enfrentar el cambio climático y más específicamente en los últimos años al desarrollo de las energías renovables.

4.4. Capacidades

Abordar los desafíos del cambio estructural global que implican contextos cada vez más inestables, inciertos, volátiles y altamente conflictivos pone a prueba la respuesta de los Estados, y en general, de los actores políticos, sociales, ambientales, académicos y económicos del país, que deben impulsar acuerdos para elevar las capacidades nacionales (Medina, 2020; Bitar et al., 2021; Medina, 2023).

Bitar et al. (2021) mencionan las nuevas capacidades nacionales para encarar los desafíos de un escenario transformador de América Latina y el Caribe: capacidad de gobernabilidad democrática, capacidad de inclusión social, capacidad de acción internacional y, por último, dos capacidades que son las que se abordan en este trabajo, la capacidad productiva-educacional y la capacidad de anticipar y mitigar el cambio climático.

El desarrollo de capacidades es el proceso mediante el cual los individuos, las organizaciones y la sociedad crean, fortalecen, adaptan y preservan, aptitudes y habilidades que les permite alcanzar determinados resultados con éxito (United Nations Development Group (UNDG), 2009). El desarrollo de las capacidades se puede agrupar en tres niveles (Lusthaus et al., 1999):

- Entorno propicio: consiste en mejorar el marco de políticas públicas para abordar factores económicos, políticos, regulatorios, ambientales, sociales y culturales.
- En el ámbito organizacional: es optimizar el rendimiento de las organizaciones a través de estrategias, planes, normas y regulaciones, alianzas, liderazgo, políticas institucionales, estructuras de poder y el fortalecimiento de sistemas, procesos, roles y responsabilidades.
- A nivel individual: se refiere al desarrollo de habilidades, conocimientos y el desempeño de cada persona mediante capacitación, experiencias prácticas, motivación e incentivos.

Los cambios en políticas, regulaciones, contextos socioeconómicos, pueden crear la necesidad y las condiciones para el desarrollo de nuevas capacidades a nivel individual. Al igual que el desarrollo efectivo de capacidades a nivel individual a menudo requiere y conlleva cambios fundamentales dentro de las organizaciones y su entorno. Es decir, hay una interdependencia entre los niveles que se refuerzan mutuamente entre sí y generan un efecto de amplificación (Lusthaus et al., 1999; Baser & Morgan, 2008a, 2008b).

En esa línea, esta investigación reconoce que los cambios de política para la acción climática a nivel global y nacional han impulsado la necesidad de desarrollar nuevas capacidades específicas en los estudiantes y futuros egresados. Asimismo, el fortalecimiento de estas capacidades individuales emergentes puede impulsar, en el largo plazo, una transformación profunda en la forma en que el país aborda los retos y oportunidades derivados del cambio climático.

Sin embargo, teniendo en cuenta el alcance y el marco temporal de este proyecto, el nivel de entorno propicio, tales como regulaciones y políticas globales y nacionales sobre energías renovables en Colombia, se presenta como contexto que, influye a nivel organizacional e individual. Pero no se aborda cómo el desarrollo de las capacidades organizacionales e individuales afectan el entorno nacional/global.

En ese sentido, el estudio analiza cómo las instituciones de educación superior pueden desarrollar capacidades para fomentar las energías renovables. Esto incluye estrategias, políticas y procesos institucionales que, a su vez, permiten formar graduados con habilidades y conocimientos especializados en este campo.

Además de la clasificación de las capacidades en los tres niveles mencionados, también se pueden agrupar por áreas “duras” y “blandas” y por tipos en “técnicos y “funcionales”. Las capacidades duras están asociadas a elementos tangibles como la infraestructura, la tecnología y las finanzas. Por su parte, las capacidades “blandas” son intangibles y se asocian con lo relacional y social, incluyen el liderazgo, los valores, el compromiso y la rendición de cuentas (Horton et al., 2003). Ambas áreas indispensables para formar egresados integrales que respondan a los retos climáticos (Waldron et al., 2019; Reid, 2019; Eaton & Day, 2020; Droubi et al., 2023).

Los autores Ubels et al. (2010) definen las capacidades técnicas como aquellas específicas de un sector particular, por ejemplo, la agricultura o la enfermería. Mientras que las capacidades funcionales tienen competencias relativamente genéricas requeridas en múltiples sectores, por ejemplo, la planificación, la elaboración de presupuestos y formulación de políticas y estrategias. Igualmente, se ha identificado la

necesidad de perfiles economistas, planificadores y políticos que tengan conocimientos básicos en el sector de energías renovables (Thomas et al., 2008).

5. Metodología

Se utilizaron dos métodos para responder al objetivo general y a los tres objetivos específicos planteados al inicio de la investigación: Vigilancia e Inteligencia Estratégica y Teoría del Cambio. Los capítulos 6 y 7 responden a los objetivos específicos 1 y 2, respectivamente, esta parte de la investigación es de tipo descriptivo, ya que en palabras de Valle et al. (2022, p. 15), se describe con detalle una realidad educativa acotada. Además, tiene un enfoque mixto, es decir, cualitativo- cuantitativo (Hernández et al., 2014), con técnicas de la vigilancia e inteligencia estratégica, como la bibliometría, la revisión de literatura, consulta de bases de datos especializada, benchmarking y consulta a expertos.

Por su parte, en el capítulo 9 para responder al tercer objetivo se hace una investigación de tipo encuadre o resolución de problemas, que se refiere a la identificación de nuevas soluciones a problemas ya existentes, pero con una orientación al futuro cercano (Carrasquilla, 2020). Se tuvo un enfoque cualitativo, haciendo uso del método de Teoría del Cambio para proponer *rutas de cambio* que permitan fortalecer la educación y promover el desarrollo de capacidades en el sector de energías renovables en Colombia. En la tabla 1 se detallan cada uno de los métodos y técnicas utilizadas por objetivo.

Tabla 1*Métodos y técnicas de la investigación*

Objetivo específico	Tipo	Enfoques	Métodos	Técnicas
Objetivo específico 1: Identificar y analizar las mejores prácticas y estrategias implementadas por los países referentes en educación e investigación de energías renovables.	Descriptivo	Cualitativo Cuantitativo	Vigilancia e inteligencia estratégica	Bibliometría
				Revisión de literatura
				Revisión y análisis de bases de datos especializadas
				Benchmarking
Objetivo específico 2: Realizar un diagnóstico sobre el estado actual de la formación e investigación en energías renovables en las instituciones de educación superior en Colombia.	Encuadre o resolución de problemas	Cualitativo	Teoría del cambio	Consulta a expertos - Entrevista semiestructurada en profundidad
Objetivo específico 3: Recomendar acciones que permitan fortalecer la educación y promover el desarrollo de capacidades en el sector de energías renovables en Colombia.				N/A

En los siguientes apartados de este capítulo se detalla cada método utilizado y las técnicas.

5.1. Vigilancia e Inteligencia estratégica

5.1.1. Concepto

La vigilancia e inteligencia (Vel) captura la información que sirve como insumo al análisis prospectivo para formular la visión de futuro y las estrategias que permitirían alcanzarla (Medina & Sánchez, 2008). La Vel es el proceso organizado y sistemático de observar, captar, analizar y comunicar información relevante del entorno externo e interno de una organización, con el objetivo de anticiparse a los cambios y apoyar la toma de decisiones estratégicas de la organización (Palop & Vicente, 1999; Villanueva et al., 2015). Para este estudio se entiende por Vigilancia como el proceso de observación y captura de la información y por Inteligencia, el proceso de analizar la información y convertirla en conocimiento para la toma de decisiones. La Vel tiene las siguientes características (Palop & Vicente, 1999; Sánchez & Palop, 2002):

- **Cíclica:** Al culminar las fases, se requiere de una nueva aplicación periódica.
- **Metódica:** Incluye métodos de análisis de información como la bibliometría y la minería de texto y minería de datos.
- **Estandarizada:** permite su aplicación para diferentes entornos y objetivos de búsqueda.
- **Competitiva:** su objetivo es que las decisiones tomadas con su apoyo contribuyan a la mejora de la competitividad de la organización o entidad.
- **Prospectiva:** De la Vel debe esperarse anticipación.

- **Focalizada:** Delimitar los campos de atención e investigación.

En este caso, se usó la Vel estratégica (VeIE), que es un enfoque integral que engloba varios tipos de vigilancia (normativa, científica, tecnológica, comercial, del entorno) haciendo énfasis en la toma de decisiones estratégicas. El ciclo completo de vigilancia e Inteligencia estratégica (VeIE), se desarrolla en sus cinco fases (Bernhardt, 1994, como se citó en Palop & Martinez, 2012):

- **Planeación:** se define el tipo de vigilancia, factores críticos, las fuentes de consulta, las palabras clave y por último, las ecuaciones de búsqueda.
- **Búsqueda y captación:** aplicación de las ecuaciones de búsqueda y captura de la información.
- **Organización:** se organiza la información y se depura la que no es relevante para el estudio.
- **Análisis (Inteligencia):** se analizan los resultados usando técnicas como la bibliometría, minería de texto, minería de datos, entre otras.
- **Comunicación:** se presentan los resultados a los interesados.

En la ficha de vigilancia y la bitácora (Apéndice C y Apéndice D) se detallan los factores críticos de vigilancia, las cuestiones críticas, las fuentes de información y las ecuaciones de búsqueda utilizadas en el estudio.

5.1.2. Aplicación

Inicialmente, se realizó un análisis bibliométrico a partir de la aplicación de una ecuación en SCOPUS. Posteriormente, se seleccionaron algunos artículos académicos y se hizo un análisis documental. Lo anterior, permitió identificar el estado actual de la

educación superior en energías renovables a nivel mundial y analizar las mejores prácticas y estrategias implementadas en la formación e investigación de este campo. Seguido a esto, para la identificación de los países referentes, se buscó con palabras clave relacionadas con las energías renovables (descartando hidroenergía) los países con mayor número de programas según el Manual Internacional de Universidades 2019, que contiene la información de la base de datos World Higher Education Database (WHED) de la Asociación Internacional de Universidades. Esta base de datos, considerada actualmente la más completa y actualizada en educación superior, incluye los programas académicos de 18.400 universidades en 196 países.

Después de una primera selección de países se utilizó la plataforma Studyportals para identificar a 2024 toda la oferta de programas académicos relacionados con las energías renovables en los países referentes. Una vez identificados los países, con la revisión de literatura y las bases de datos especializadas, se hizo un análisis de mejores prácticas apoyado en revisión de artículos académicos; políticas y planes nacionales e internacionales sobre la educación para la sustentabilidad, el cambio climático y las energías renovables; documentos sobre recomendaciones de los organismos internacionales y la oferta educativa. En la sección 5.2 se detalla la técnica de análisis de mejores prácticas conocida como benchmarking, técnica utilizada parcialmente.

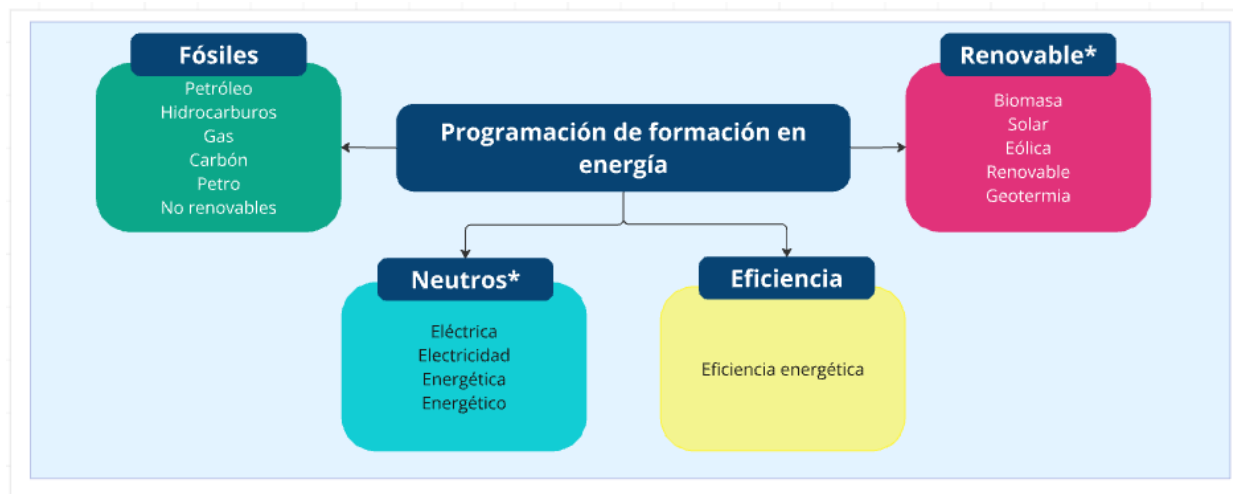
Para el diagnóstico de Colombia en términos de formación e investigación en el campo de las energías renovables, presentado en el capítulo 7, se consultó en el Sistema

Nacional de Información de Educación Superior (SNIES) los programas activos con las palabras clave que permitieron clasificar los programas en cuatro categorías⁵ (Figura 1):

- i) Renovable: programas académicos especializados en energías renovables o con una línea de formación en energías renovables.
- ii) Fósil: programas académicos especializados en energías fósiles.
- iii) Neutro: Los programas académicos en energía que no tienen una inclinación hacia las energías fósiles o hacia las energías renovables. Por ejemplo, programas tradicionales de ingeniería eléctrica o una especialización en planificación y regulación energética.
- iv) Eficiencia energética: programas académicos centrados en eficiencia energética.

Cuando la denominación del programa no bastaba para tener clara la clasificación del programa, se revisó el plan de estudios para determinar la categoría más adecuada. La base de datos completa se puede consultar en el apéndice A.

⁵ Las categorías definidas para los programas académicos se basaron en la propuesta realizada por Vakulchuk & Overland (2024), con modificación de algunas palabras clave y criterios.

Figura 1*Clasificación de los programas en energía*

Nota. Adaptado de “The failure to decarbonize the global energy education system: Carbon lock-in and stranded skill sets”, por Vakulchuk & Overland, 2024.

Asimismo, se revisaron 6160 grupos de investigación que fueron reconocidos y clasificados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación en la Convocatoria 894 de 2021⁶. Inicialmente se hizo una búsqueda de grupos de investigación cuyo nombre estuviera relacionado con energía y se seleccionaron los de energía renovable o con connotación similar como energía alternativa, energía limpia o específicamente un tipo de energía renovable como solar, eólica, geotermia o biomasa. Esta búsqueda se complementó filtrando por productos y proyectos relacionados con estas palabras clave y constatando en las líneas de investigación la relación con las energías renovables. En el apéndice B se encuentran los grupos de investigación seleccionados.

⁶ Convocatoria nacional para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y para el reconocimiento de investigadores del SNCTEI – 2021

Para analizar las publicaciones que ha tenido Colombia en materia de energías renovables, se tuvieron en cuenta dos bases de datos: Redalyc Y SciELO. Redalyc es la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Es un sistema de información de acceso abierto, centrada en lo que se produce en y sobre Iberoamérica. Por su parte, SciELO que es Scientific Electronic Library Online, también se centra en la producción científica de América Latina y el Caribe. En ambas bases se utilizó como palabra clave “Renewable energy”.

Posteriormente, se revisó la plataforma Mapa Inversiones del Departamento Nacional de Planeación (DNP) que contiene todos los proyectos financiados con inversión pública en Colombia y se indagó que proyectos de inversión pública están asociados a las energías renovables, analizando el estado, las fuentes, beneficiarios, entre otras variables.

Por último, en el diagnóstico de la educación superior en el campo de las energías renovables en Colombia, se presenta un análisis sobre la alineación de la oferta académica con el mercado laboral. Para ello, se utilizó el informe elaborado por el Ministerio de Educación Nacional (2022), *Marco Nacional de Cualificaciones: apuesta de país por los aprendizajes pertinentes y las trayectorias educativas y laborales*, en el que se identificaron 351 cualificaciones en 20 sectores de la economía, siendo uno de estos sectores el de Electricidad y Electrónica.

Esta parte de la investigación, que cubre los primeros dos objetivos específicos, cierra con el análisis de los resultados obtenidos de la consulta a expertos destacados en Colombia en temas de transición energética, energías renovables y educación superior en este campo. La entrevista semiestructurada en profundidad, como

instrumento de investigación cualitativa, permitió recopilar detalladamente las percepciones, tendencias y recomendaciones de los expertos sobre el estado actual de la educación en energías renovables en Colombia.

5.2. Benchmarking en Educación Superior

El benchmarking es un proceso de aprendizaje que busca identificar las mejores prácticas y adaptarlas de manera creativa, con un enfoque en la mejora continua. Consiste en tomar “benchmarks” a aquellos productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas sobre el área de interés. En el benchmarking no se trata de copiar, sino de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación con el propósito de mejorar (Nazarko et al., 2009).

El benchmarking en el campo educativo consiste en comparar los modelos educativos o las instituciones de educación superior para identificar y aprender las mejores prácticas implementadas. Tanto a escala nacional como institucional se proporciona un marco de referencia para evaluar el desempeño actual y establece metas realistas de mejora basadas en estándares reconocidos a nivel internacional. Al aprovechar eficazmente las prácticas de benchmarking, las universidades pueden impulsar mejoras en la calidad de la educación, aumentar su competitividad y cumplir con las demandas cambiantes del panorama educativo (Wan Endut, 2000; Nazarko et al., 2009).

Los pasos de un benchmarking en el campo educativo son (Weeks, 2000; Wan Endut et al. 2000; Welsh, 2002; Nazarko, 2009).

- Establecer objetivos claros: definir los objetivos y metas que se desean lograr con el proceso de benchmarking, ya sea mejorar la calidad educativa o aumentar la competitividad.
- Identificar indicadores: definir indicadores y puntos de referencia con los que se mide el rendimiento institucional en comparación con la competencia y las buenas prácticas identificadas, lo que conduce a la implementación del cambio.
- Recopilar y analizar datos: recolectar información relevante sobre las prácticas, procesos y resultados de los sistemas educativos de referencia, utilizando fuentes como informes anuales, estudios de caso y datos comparativos.
- Evaluar brechas y oportunidades: comparar los datos recopilados con los estándares internacionales o sectoriales para identificar brechas en el desempeño y oportunidades de mejora en áreas clave como calidad educativa, servicios estudiantiles y gestión institucional.
- Desarrollar un plan de acción: basándose en los hallazgos del benchmarking, elaborar un plan de acción detallado que incluya medidas concretas para implementar las mejores prácticas identificadas y mejorar el desempeño de la IES. En este trabajo este plan de acción se hará con la teoría del cambio que es el siguiente método aplicado.

5.3. Teoría del cambio

5.3.1. Concepto

La prospectiva es una disciplina centrada en la anticipación estratégica, en la que se exploran múltiples futuros posibles y probables, para luego desarrollar estrategias que permitan construir y alcanzar los escenarios más deseables (Godet, 1993; Mojica, 2005;

Baena, 2015). Por su parte, la teoría del cambio (TOC, por sus siglas en inglés) brinda un marco lógico y estructurado para planificar, implementar y evaluar el cambio social deseado (Anderson, 2004; Valters, 2022). En ese sentido, aunque la TOC no es estrictamente un método de prospectiva, en este trabajo se utilizará como método para enriquecer el proceso prospectivo, ya que por sus características permite una visión estructurada de cómo pasar de los futuros probables a los deseables.

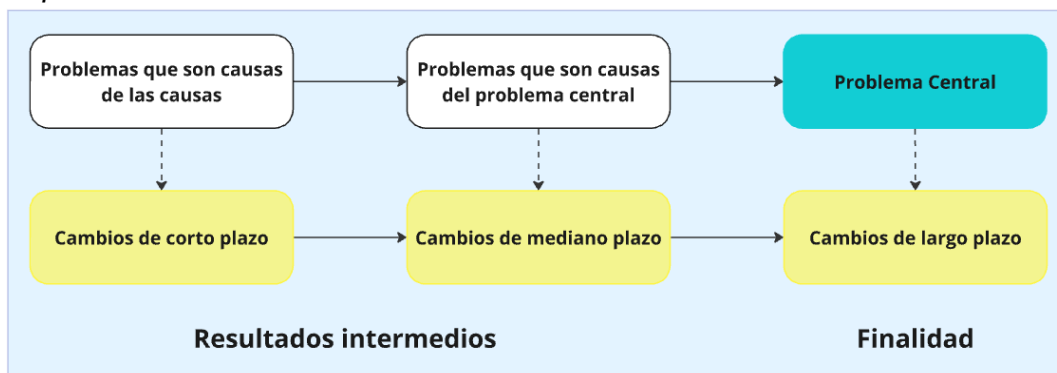
La Teoría del Cambio es un proceso analítico que parte de la comprensión profunda de una necesidad o problema y sus causas, para diseñar una intervención estratégica con pasos concretos que guíen el logro de una transformación deseada, a partir de la evidencia disponible, el conocimiento contextual y aportes de los interesados clave (Starr & Fornoff, 2016; United Nations Sustainable Development Group, 2017; Pacheco & Archila, 2020; Valters, 2022). Algunos términos importantes a considerar dentro de la teoría del cambio son (Mayne, 2017):

- **Resultados:** incluye productos, efectos (cambios de corto plazo) e impactos (cambios de largo plazo).
- **Intervención:** acciones específicas con el fin de lograr una diferencia positiva en los resultados, incluido políticas, programas y proyectos.
- **Rutas de cambio:** son las vías causales que muestran la relación entre una serie de pasos para llegar desde las actividades al impacto.
- **Hipótesis justificativas:** premisas en las que se basa la intervención.
- **Suposiciones de vínculos causales:** son las condiciones necesarias (o probablemente necesarias) para que se realice un vínculo causal concreto en una TOC.

El principal producto de la Teoría del Cambio es un gráfico o diagrama de flujo al que se le conoce como teoría del programa. Se construye al convertir el problema central en el cambio a largo plazo u objetivo potencial; las causas del problema, se transforman en condiciones previas para el cambio o áreas estratégicas potenciales de intervención. A partir de allí, se forman las rutas del cambio con un “trazado retrospectivo” que representan una lógica causal, cada nivel de la ruta representa el conjunto de resultados que deben producirse en una secuencia específica para alcanzar el siguiente resultado (Figura 2).

Figura 2

Paso de problemas a cambios



Nota. De “Guía para construir teorías del cambio en programas y proyectos sociales. Parque Científico de Innovación Social”, Pacheco & Archila, 2020.

El diagrama se acompaña de los indicadores para identificar el éxito en cada etapa del proceso y la narrativa que comunica la información que no se interpreta fácilmente a partir del diagrama (Starr & Forno, 2016).

5.3.2. Aplicación

Los resultados de la vigilancia e inteligencia estratégica se organizaron y clasificaron para determinar los problemas clave y de esa manera el punto de partida

para la formulación de las rutas de cambio. Este trabajo siguió la metodología planteada por la U.S. Agency for International Development - USAID y detallada en la guía Theory of Change: Facilitator's Guide (Starr & Fornoff, 2016), con algunos ajustes y que se describe en el Apéndice E

6. Educación Superior en el Campo de las Energías Renovables en el Mundo

En este apartado se analizan las tendencias de la educación superior en las energías renovables a nivel mundial y se identifican los países destacados en la formación e investigación en este campo. En primer lugar, se presentan los resultados del análisis bibliométrico⁷, en segundo lugar, la revisión de literatura y, en tercer lugar, el análisis de los países cuya educación superior en energías renovables es destacada.

6.1. Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico identifica la evolución temporal de la investigación sobre la educación superior en energías renovables, las áreas temáticas con mayores publicaciones, los temas emergentes y destacados, además de los países más productivos en términos de investigación. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó en la base de datos SCOPUS (Apéndice F), la siguiente ecuación:

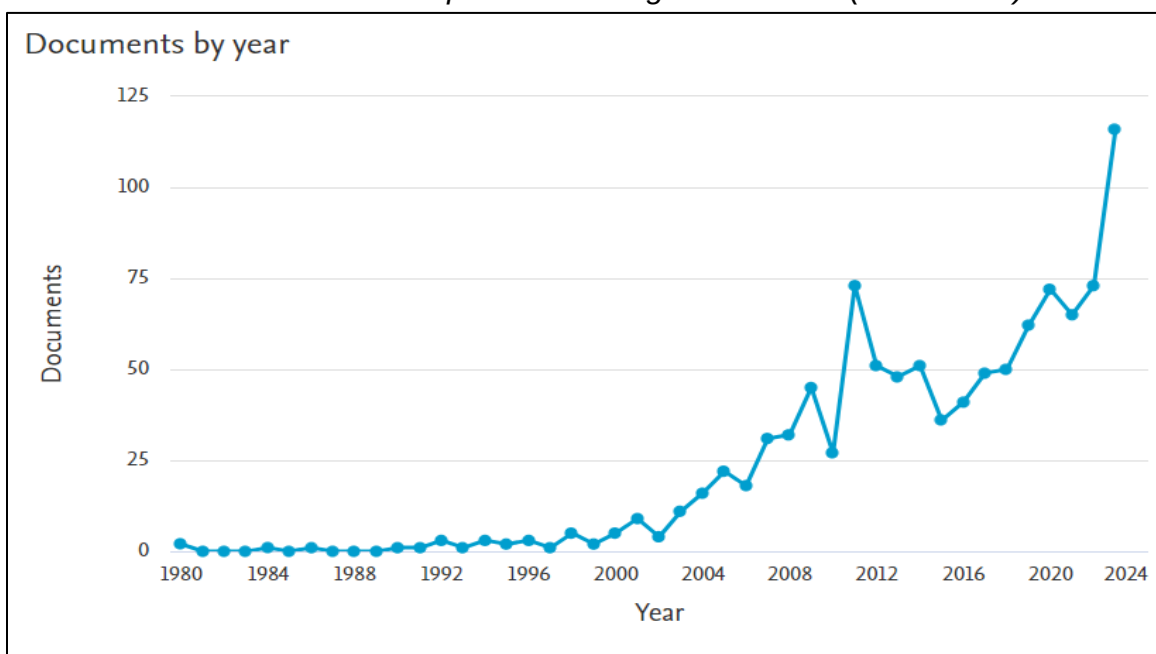
⁷ El análisis bibliométrico estudia datos bibliográficos (p. ej., año de publicación, autores, afiliaciones, país de origen) mediante el uso de un enfoque cuantitativo. La bibliometría se utiliza normalmente para resumir, clasificar y proporcionar resultados representativos de un conjunto de documentos bibliográficos (Rovelli et al. 2022).

("Higher Education Institutions" OR universities OR academia) AND ("Renewable energy" OR "Green energy" OR "Clean energy") AND ((programs OR "Academic programs" OR undergraduate OR postgraduate) OR ("Energy transition"))

La ecuación arrojó más de 1.000 publicaciones, para un periodo entre 1980 y 2023, a continuación, se presentan gráficas del análisis de resultados de SCOPUS. En términos generales, los resultados indican un interés creciente en la investigación sobre educación superior en energía renovable, con un aumento significativo en la producción académica en los últimos años, particularmente en la última década. La figura 3, que arroja el análisis de SCOPUS, muestra la evolución del número de documentos publicados por año desde 1980 hasta 2023, relacionados con la educación superior en energía renovable. La figura revela que hay un crecimiento muy marcado, entre 2022 y 2023 alcanzando el máximo de la serie en 2023 con 116 documentos.

Figura 3

Publicaciones sobre educación superior en energía renovable (1980-2023)

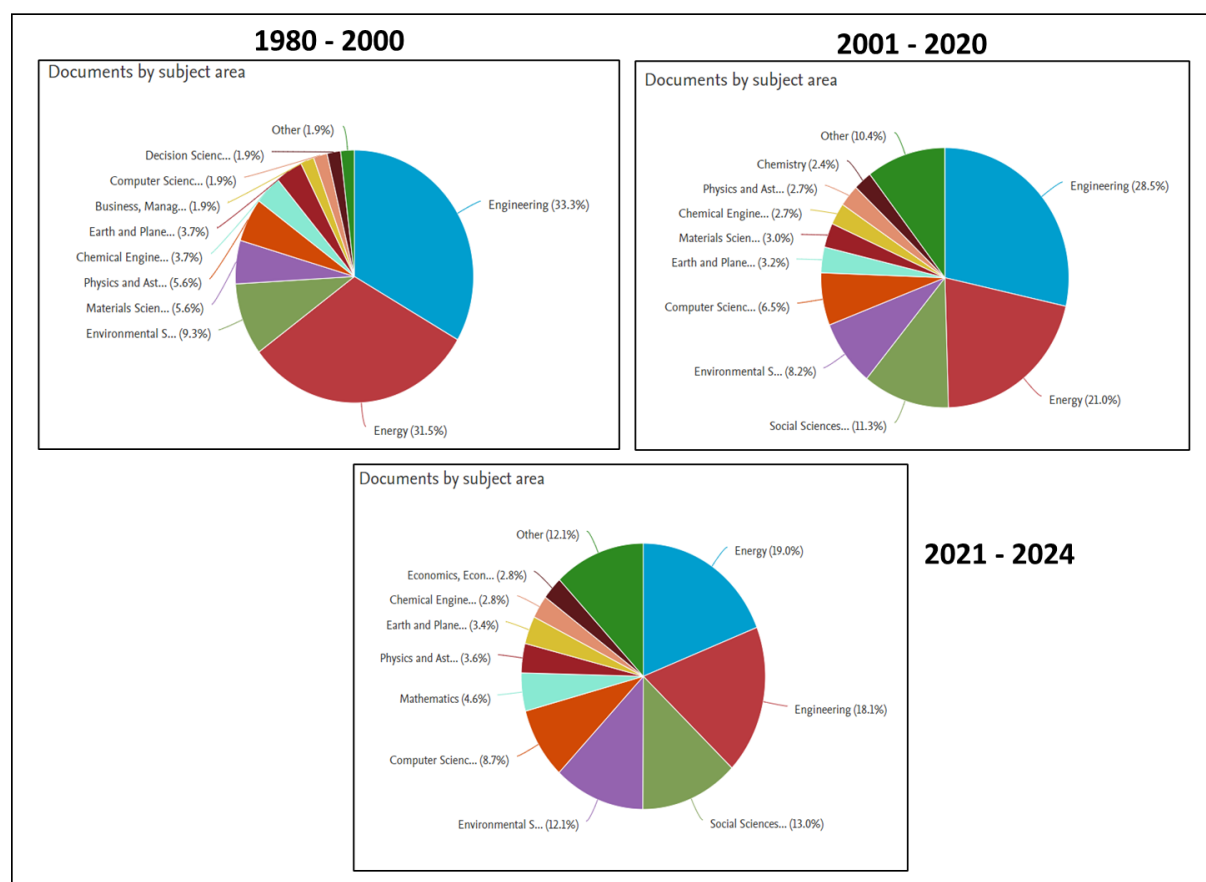


Nota. Información al 6 de julio de 2024. SCOPUS.

Al analizar los documentos publicados por área de conocimiento se muestra que la investigación en educación superior sobre energías renovables es interdisciplinaria, con un fuerte énfasis en ingeniería y energía, pero también con contribuciones significativas de las ciencias sociales y ambientales. Al comparar los resultados en tres periodos distintos 1980-2000, 2001- 2020 y 2021-2024, se encuentra que las áreas técnicas (Ingeniería y Energía) pasan de un 65% en el primer periodo a un 37% en 2021-2024. La presencia de las Ciencias Sociales es creciente y alcanza un 13%, frente a un 19% de Energía y 18% de Ingeniería.

Figura 4

Publicaciones sobre Educación Superior en Energías Renovables por Áreas Temáticas (1980-2024)

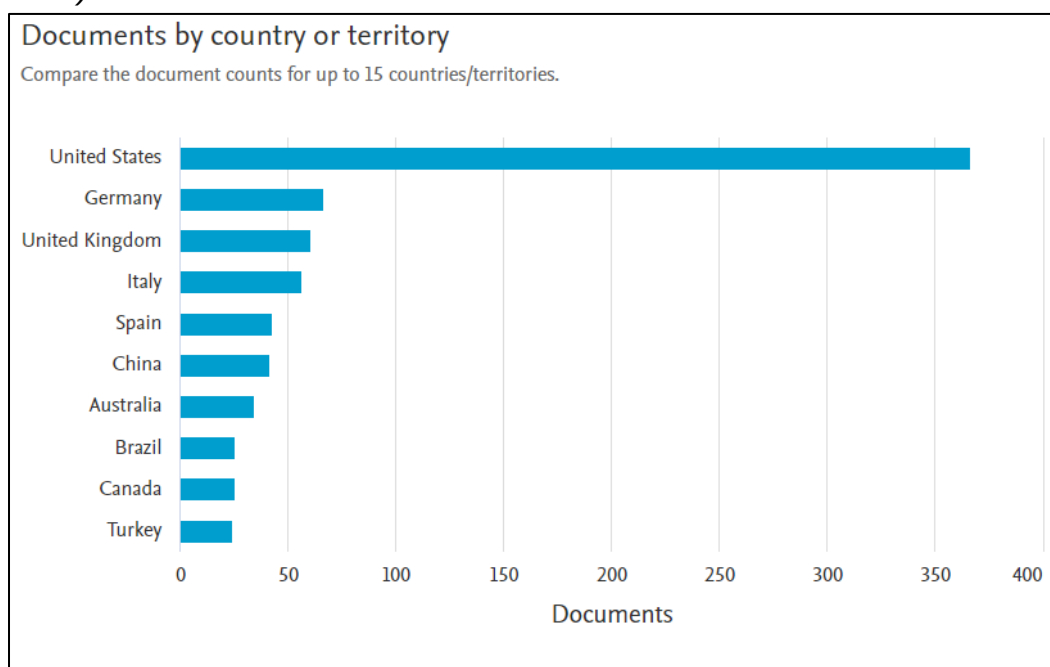


Nota. Información al 6 de julio de 2024. SCOPUS.

Respecto a la distribución de los documentos por país, Estados Unidos destaca significativamente con un 35% de los documentos, lo que corresponde a 375. Seguido de Alemania (68), Reino Unido (62) e Italia (56). China aparece como el único país asiático en el top 10, con una producción similar a la de España. Por su parte, Brasil y Turquía aparecen en la lista, representando a economías emergentes en investigación sobre este tema. Excluyendo a EE.UU., el rango de producción está entre 20 y 100 documentos.

Figura 5

Producción Documental sobre Energías Renovables en Educación Superior por País (1980-2024)



Nota. Información al 6 de julio de 2024. SCOPUS.

A continuación, se presentan los resultados de VOSviewer, una herramienta de software para construir y visualizar redes bibliométricas. La figura 6 muestra un mapa de red de co-ocurrencia elaborado a partir de 136 términos, los más centrales son "Educación en Ingeniería", "Desarrollo Sustentable" y "Energía solar", lo que sugiere que

estos son los temas principales de la investigación en este campo. Se identifican cuatro clústeres principales: verde: Educación en ingeniería y sistemas de aprendizaje, con términos como e-learning, educación a distancia, investigación, laboratorios, currículo, conservación de la energía, inteligencia artificial, ingeniería eléctrica, empleo, fundaciones nacionales de ciencia, tecnología e innovación.

Rojo: Desarrollo sostenible y enfoques del estudio de energía como Sustentabilidad, planeación energética, transferencia de tecnología, biomasa, impacto ambiental, política energética, toma de decisiones, generación de electricidad, planeación regional, protección ambiental, efectos económicos y sociales, energía nuclear. Azul: Sistemas de energía específicos: redes inteligentes, almacenamiento, fotovoltaica, celdas solares. Violeta: términos relacionados con la energía solar, eólica e hidrógeno.

Los términos como "Investigación industrial", "Transferencia Tecnológica" y "empleo" y "Laboratorios", sugieren un enfoque en la aplicación práctica de la investigación y la colaboración con la industria. También se muestra diversidad en las fuentes de energía renovable, siendo las más destacadas solar, eólica, biomasa e hidrógeno. La presencia de términos como "costos", "Análisis económico", "costo efectividad", "Reducción de costos" refleja la importancia de los aspectos económicos en el estudio de energías renovables.

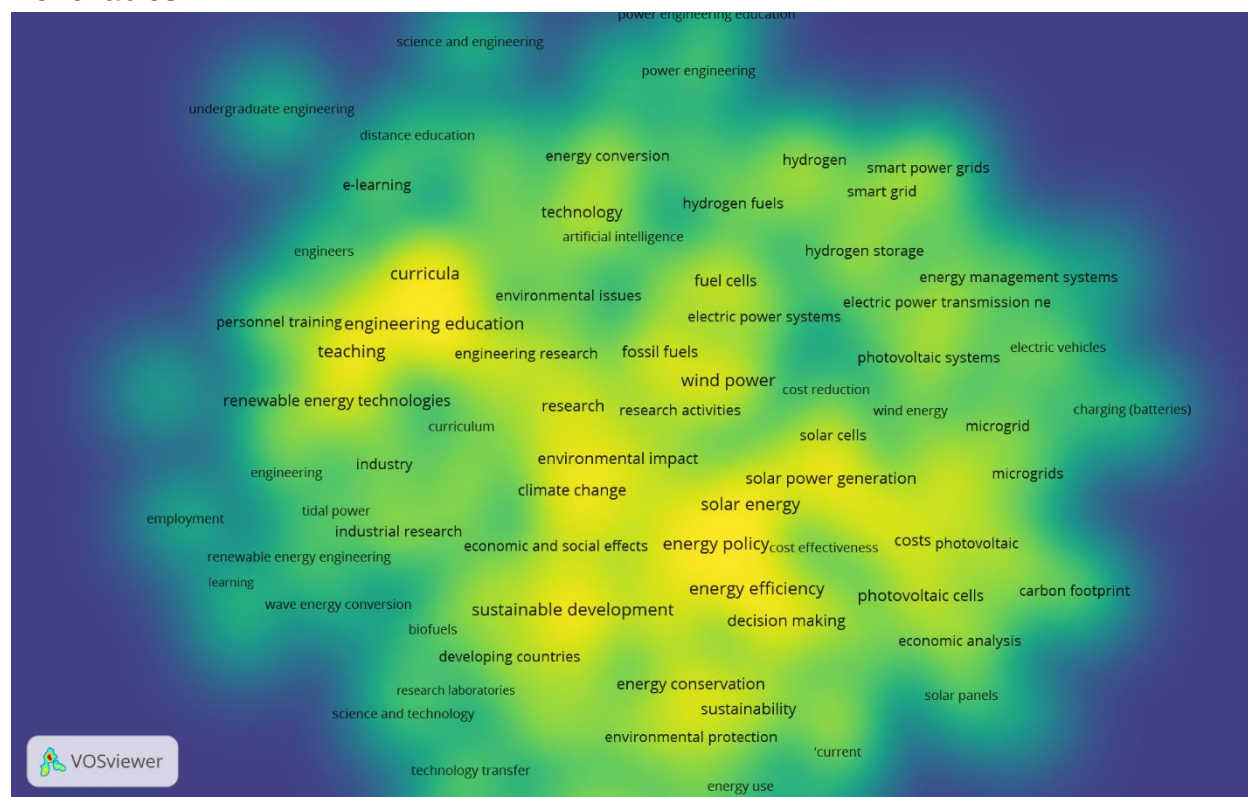
En cuestión de relación o vínculo entre los términos se puede mencionar, por ejemplo, el vínculo de la planeación energética y planeación regional con los términos "Currículo", "Desarrollo Sustentable", "Política energética" y "Efectos Sociales y Económicos". También, la "Electrificación rural" de los "países en desarrollo" con la

energética”, “eficiencia energética”, “energía solar” y “desarrollo sustentable” son los términos con vínculos más fuertes, es decir, que estos son temas centrales en la discusión de las energías renovables. Entre los términos con menores vínculos o periféricos que llaman la atención están “Empleo”, “Transferencia de tecnología” y “concentradores solares”. Esto indica una baja interconexión entre las investigaciones y estos términos.

Adicionalmente, la figura sugiere relaciones cercanas en la investigación entre las que se destacan, primero: "Eficiencia energética", "Análisis económico" y "Toma de decisiones" y segundo, “laboratorios de investigación” y “Ciencia y tecnología”.

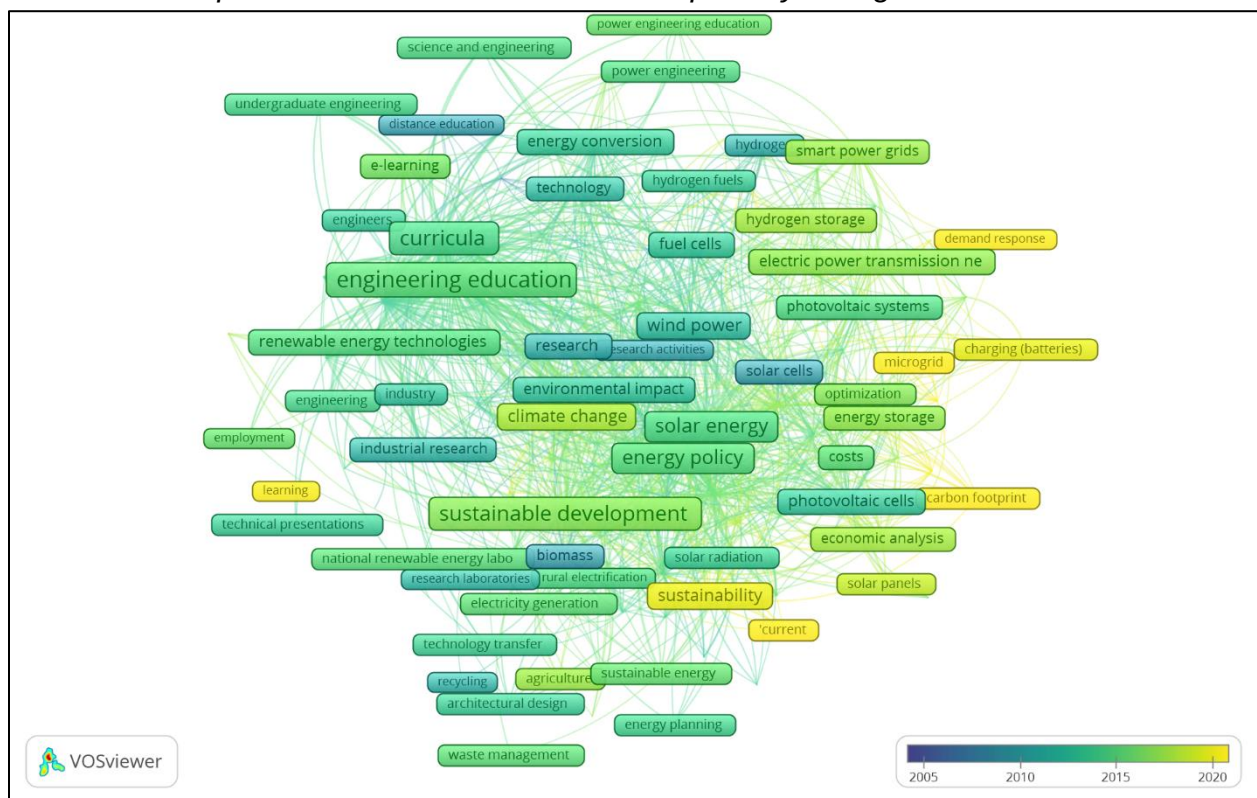
Figura 7

Mapa de densidad de términos en Investigación sobre Educación superior y Energías Renovables



Nota. Información al 6 de julio de 2024. Elaborado en VOSviewer a partir de los resultados de SCOPUS.

Evolución Temporal de Temas en Educación Superior y Energías Renovables



De las 1.085 publicaciones se seleccionaron algunos artículos para una revisión de literatura exhaustiva que permitiera hacer un diagnóstico de la educación superior en

energías renovables e identificar las expectativas a futuro de los expertos. También, se incluyeron artículos de bases de datos como Scielo, Redalyc, ScienceDirect, Web of Science, entre otras. Esto se presenta en el siguiente apartado.

6.2. Revisión de literatura

Kandpal & Broman (2014) realizaron una revisión bibliográfica sobre iniciativas de educación en energías renovables a nivel mundial. Sus hallazgos indican que la oferta educativa se concentra en programas de maestría o cursos optativos en los planes de estudio de ingeniería o ciencias aplicadas. Mientras que hay una fuerte escasez de programas académicos para técnicos y mecánicos, es decir, programas con duración de 1 a 3 años, que se enfocan en desarrollar habilidades operativas para trabajar en talleres de fabricación de tecnologías e instalación, funcionamiento y mantenimiento de dispositivos y sistemas de energías renovables.

Un segundo hallazgo significativo es que las líneas de formación en energías renovables se concentran principalmente en departamentos de ingeniería (mecánica, eléctrica, ambiental, civil y química), física y arquitectura. La mayoría de los programas estudian exclusivamente las fuentes y tecnologías de las energías renovables, y en menor proporción, se abordan temas como la eficiencia energética, la gestión de las energías renovables y su relación con el medio ambiente, la economía y política energética, y la planificación energética.

Los anteriores hallazgos se alinean con el estudio de Vakulchuk & Overland (2024), que luego de revisar 18.400 universidades en 196 países, encontraron que aún **prevalecen los programas educativos orientados a los combustibles fósiles sobre los programas de energías renovables**. Para finales del 2019, 546 universidades

ofrecían 1372 titulaciones (licenciaturas, másteres, doctorados y diplomas) en combustibles fósiles, mientras que 247 universidades ofrecían 653 titulaciones en energías renovables. De estas universidades, 33 se especializan en estudios petrolíferos y solo 2 en energías renovables. Los resultados los lleva a hablar de un fracaso de la descarbonización en el sistema educativo. Adicionalmente, identifican que los países en desarrollo están rezagados frente a los países desarrollados, a pesar que en estos últimos tienen mayor necesidad de profesionales capacitados en energías renovables (Lucas et al., 2018; Vakulchuk & Overland, 2024).

Vakulchuk & Overland (2024), señalan que las universidades han respondido en forma reactiva, creando programas de maestría para seguir las tendencias internacionales en energías renovables. Sin embargo, estas instituciones raramente emprenden cambios estructurales profundos, como la creación de facultades o escuelas especializadas en el campo. Esta dinámica sugiere que la educación en energías renovables aún no se ha establecido como prioridad institucional, lo que se refleja en la asignación limitada de recursos. Como consecuencia, hay escasez de personal académico especializado, por lo que las materias de energías renovables son impartidas por profesionales formados en combustibles fósiles o ingeniería general (Kandpal & Broman, 2014; Jaber et al. 2017; Vakulchuk & Overland, 2024).

De manera que una de las principales debilidades reconocidas en la literatura es la escasez de financiamiento para la investigación y el desarrollo de energías renovables. Esta limitación afecta el campo educativo en varios frentes: escasez de libros y otros medios de aprendizaje, bajo uso de laboratorios y reducción de personal con nivel de doctorado. En algunos casos, el bajo financiamiento se debe a decisiones políticas. Por

ejemplo, Thomas et al. (2008) identifican que la falta de financiación de las energías renovables en Australia está relacionada con la dependencia económica de los combustibles fósiles, lo que hace que la inversión en investigación y desarrollo en energías renovables pueda tener menor prevalencia.

Igualmente, otras investigaciones de tipo nacional y regional han concluido que hay una brecha entre el personal capacitado en energías renovables y la demanda por parte de las industrias, especialmente en los países en desarrollo. Además, de mencionar que los programas existentes requieren reformas curriculares para hacer frente a las necesidades del sector y los retos globales (Nureldeen & Chang, 2018; Thomas et al., 2008; Daoudi, 2024).

En respuesta a esta necesidad de reforma curricular, diversos estudios sugieren que los contenidos de los programas de educación superior en energías renovables deberían incluir: i) Sensibilización sobre la naturaleza, las problemáticas energéticas y sus retos. ii) Abordar todos los tipos de energías y las tecnologías existentes para aprovecharlas, con énfasis en las potencialidades y necesidades locales. iii) Considerar todo el ciclo de desarrollo y difusión de las tecnologías: la evaluación de los recursos, diseño, fabricación, instalación, supervisión del rendimiento, resolución de problemas y mantenimiento de tecnologías, los aspectos financieros y económicos, la aceptabilidad social y el impacto sociocultural, los aspectos institucionales y políticos asociados al uso de las tecnologías y, por último, los impactos ambientales. iv) Incluir temas de eficiencia energética. v) Cuidar la coherencia y complementariedad entre todos niveles de educación, desde el nivel técnico hasta el nivel de doctorado (Hasnain, 1998; Thomas et al., 2008; Wallasch, A. & Matthias D., 2010; Kandpal & Broman, 2014; Jaber et al., 2017).

Estos contenidos curriculares refuerzan el desarrollo de capacidades técnicas y funcionales. Sin embargo, otros autores coinciden en que en el contexto de la educación ambiental y climática que, por supuesto, incluye las energías renovables, la cualificación debe ir más allá de lo técnico. Los profesionales deben estar equipados con competencias que les permitan abordar situaciones complejas e inciertas, como el pensamiento sistémico, anticipatorio, estratégico, ético y sostenible. Al mismo tiempo contar con valores y actitudes que les permita ser críticos, orientados a la justicia y sujetos de iniciativa y responsabilidad, que actúen colectivamente para moldear la realidad (Wiek et al., 2011; Lambrechts et al., 2018; Waldron et al., 2019; Reid, 2019; Eaton & Day, 2020; Droubi et al., 2023; Tomassi et al., 2024).

Además de los contenidos curriculares y las competencias, los enfoques pedagógicos y los recursos de enseñanza-aprendizaje deberían: i) incentivar la flexibilidad, creatividad e innovación que permita encontrar nuevas alternativas de solución en lo global y local; ii) Combinar la teoría y la práctica: crear laboratorios o talleres, conferencias, tutorías, seminarios, plataformas y recursos en línea; iii) materiales de enseñanza-aprendizaje de buena calidad; iv) Pedagogía colaborativa; v) Enfoque multi, inter y transdisciplinario; vi) Investigación, innovación y emprendimiento basado en lo local; vii) aprendizaje basado en resolución de problemas viii) incluir perspectiva de género; ix) en caso de ser necesario, dictar los cursos en las lenguas locales para una mejor aceptación y eficacia; x) establecer asociaciones internacionales para fortalecer la experiencia y cooperación (Thomas et al., 2008; Kandpal & Broman, 2014; Lowan-Trudeau & Fowler, 2022; Colmenares-Quintero et al., 2023; Daoudi, 2024).

Sumado a lo anterior, es importante considerar, que siendo las energías renovables un campo todavía en desarrollo, los programas académicos deben ser lo suficientemente flexibles para ajustarse periódicamente a las innovaciones y avances a nivel mundial, para ello, es crucial una formación permanente a los educadores y formadores. Otra estrategia para conservar la relevancia de los programas es mantener la sinergia con la industria y el gobierno, para crear un ambiente propicio para la innovación, la transferencia de tecnología y el desarrollo económico basado en el conocimiento (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Este tipo de alianzas también garantizarían un mayor número de estudiantes empleados una vez hayan finalizado (Maier et al., 2019).

6.3. Análisis de países

Según la literatura revisada las regiones más adelantadas en educación superior en energías renovables son Norteamérica, Europa y Asia- Pacífico. Dentro de los que destacan países como Estados Unidos, Inglaterra y Alemania (Thomas et al., 2008; Kandpal & Broman, 2014; Slowinski & Alfano, 2015; Nureldeen & Chang, 2018) Adicionalmente, los resultados de artículos especializados de SCOPUS refuerzan estos tres países.

La anterior información se trianguló con los resultados de la revisión de los países con mayor número de programas especializados en energías renovables, de acuerdo con el International Handbook of Universities de la Asociación Internacional de Universidades (AIU), en los que se obtuvo como resultados México (19), Turquía (8),

Alemania (4), y China (4)⁸, que a su vez se cruzó con los resultados de Studyportals, la cual es una plataforma internacional especializada en selección de programas académicos de 3.750 instituciones en el mundo. Según datos de esta última plataforma los países con mayor número de programas especializados en energías renovables son: Reino Unido y Estados Unidos, en menor proporción están Australia y Alemania.

Finalmente, para el análisis de buenas prácticas se seleccionaron Alemania, Estados Unidos y Reino Unido, para profundizar sobre: a) las políticas nacionales de educación en energías renovables y b) los programas en energías renovables.

6.3.1. Alemania

Según el informe *Sustainable Development Report 2023*, Alemania tenía un puntaje de 83.4 en el índice ODS⁹, con lo que se ubica en el puesto 4 de 166 países. Respecto al indicador “Cuota de energías renovables en el consumo total de energía final (%)” del ODS 7. Energía asequible y limpia, registró en 2019 una *mejora moderada* (Sachs, 2023). El sector alemán de las energías renovables se considera uno de los más innovadores y exitosos del mundo, y su transición energética destaca tanto por su amplitud en tecnologías como por su apoyo público (Slowinski & Alfano, 2015).

⁸ El número de programas publicados en el International Handbook (2019) es bajo en relación con lo que se encuentra en las plataformas de elección de estudios porque el mecanismo de selección de los programas es más riguroso. Para la base de datos de la AIU, las instituciones y programas se seleccionan según la información contenida en los listados proporcionados por las autoridades de enseñanza superior competentes de los países en cuestión o que se encuentran en sus sitios web oficiales. Para obtener información más detallada, se envían cuestionarios a aquellas instituciones que otorgan títulos de al menos cuatro años y que hayan graduado al menos a tres cohortes de estudiantes. Adicionalmente, es importante reconocer que en cinco años ha incrementado la oferta de programas en energías renovables y el International Handbook reporta información hasta 2019.

⁹ El Índice ODS es una evaluación del rendimiento global de cada país en los 17 ODS, dando la misma importancia a cada uno de los objetivos. La puntuación indica la posición de un país entre 0 (resultado más bajo) y 100 (la meta).

Un elemento clave en el desarrollo de las energías renovables en este país es la educación. Slowinski & Alfano (2015) hicieron un análisis de la educación en energías renovables en Alemania e identificaron algunas recomendaciones para lograr una buena educación que promueva la transición energética. En primer lugar, establecer y promulgar una agenda nacional a largo plazo para el desarrollo, uso e implementación de las energías renovables. La estabilidad política y normativa energética influyen positivamente en la formación y educación en energías renovables porque permite a los educadores planificar la formación de la mano de obra. Ocurre lo contrario cuando la dinámica de las energías renovables está sujeta a los cambios de gobierno.

Una segunda recomendación al analizar el caso alemán es desarrollar programas básicos en lugar de titulaciones o certificados especializados, es decir, es mejor incorporar temas de energías renovables en programas de campos tradicionales. Esto ofrece un mayor potencial de empleo y más conexiones con la industria. Un ejemplo, de integración de las energías renovables en los planes de estudio es la enseñanza de conocimientos fotovoltaicos a los electricistas.

La tercera recomendación es la colaboración entre la educación, la industria y los sindicatos, especialmente en los programas técnicos. La industria participa en la elaboración del plan de estudios, proporciona puestos de aprendizaje, equipos, asesoramiento y empleo. La cuarta recomendación al revisar a fondo las prácticas en Alemania, es la importancia del cambio cultural y la responsabilidad individual hacia la conservación de la energía, en lo que contribuye la alfabetización ambiental desde temprana edad a través de la lectura, escritura, el arte, cursos STEM.

En el Plan Nacional de Acción sobre Educación para el Desarrollo Sostenible, elaborado por el Ministerio Federal de Educación e Investigación, se presentan las estrategias para transformar la educación superior alemana hacia la sostenibilidad, abordando aspectos como financiación, investigación, docencia, operaciones institucionales y participación estudiantil. Se enfatiza la necesidad de un cambio sistémico y cultural en las instituciones de educación superior para integrar plenamente la EDS. Entre principales estrategias están:

1. Alineación de los Sistemas de Financiación e Incentivos:

- Revisar y actualizar las leyes de educación superior para incorporar la sostenibilidad como un componente fundamental.
- Incluir objetivos de sostenibilidad en los acuerdos y contratos entre los estados federales y las universidades.
- Establecer criterios de sostenibilidad como requisitos para la financiación y la concesión de premios académicos.
- Implementar convocatorias de financiación competitivas y no competitivas para recursos enfocados en el desarrollo sostenible.
- Incluir modelos de educación para el desarrollo sostenible en los procesos de acreditación institucional.

2. Vinculación Sistemática de la Investigación: para potenciar su impacto, se propone:

- Desarrollar criterios de calidad para integrar los temas asociados a la sostenibilidad en la investigación.

- Facilitar la transferencia rápida de resultados de investigación sobre la docencia.
- Promover la colaboración entre investigadores y actores sociales en proyectos.
- Fomentar carreras académicas con perfiles interdisciplinarios y transdisciplinarios.

3. Fomento de la Participación Estudiantil en la Sostenibilidad:

- Integrar competencias de sostenibilidad en los planes de estudio de todas las carreras.
- Mejorar la capacitación de los profesores en temas de sostenibilidad.
- Promover la colaboración entre instituciones de educación superior del Norte y del Sur Global.

4. Educación Práctica y Colaboración con Actores Sociales

- Establecer una estrecha colaboración con todos los actores sociales, incluyendo la industria.
- Integrar la formación vocacional formal con la educación informal.

5. Creación de Redes y Colaboración

- Fomentar la creación de redes entre centros de formación profesional, empresas y habilitadores no formales y no escolares.
- Crear redes que contribuyan a la transferencia de enfoques y materiales de estudio.
- Promover la transferencia de enfoques, materiales disponibles y ejemplos prácticos.

- Aprovechar el conocimiento práctico de las empresas sobre la aplicación de la sostenibilidad a nivel empresarial.
- Beneficiar a las empresas con el apoyo profesional de las instituciones educativas en la estructuración de la formación inicial y continua para actividades orientadas a la sostenibilidad.

A continuación, se amplían algunas de estos puntos. La educación colaborativa con la industria conocida como educación dual ha sido una modalidad destacada en Alemania para la formación de técnicos en energías renovables por su enfoque práctico que combina la teoría y la práctica, en 2020 solo en Alemania se habla de 1.432 programas de licenciatura en esta modalidad (Maier, et al., 2019). Esta modalidad adopta los principios de flexibilidad en el diseño curricular, certificación, formación de instructores, adaptación a las necesidades locales y colaboración con la industria (Wiesner, 2014). Las ideas básicas del sistema de estudios duales se exportaron de Alemania a países como Brasil, Francia, Qatar, México y EE.UU. (Graf et al., 2014).

En Alemania los estudiantes del sistema dual son seleccionados para su aprendizaje mediante un sistema similar al de búsqueda de empleo: las empresas publican sus vacantes y los estudiantes compiten por las plazas. El aprendizaje en el puesto de trabajo suele constituir de 1 a 3 días del horario escolar del estudiante, mientras que el resto del curso se imparte en el aula; estos horarios y el contenido de la formación se coordinan con una gran participación y aportación de la industria (Slowinski & Alfano, 2015).

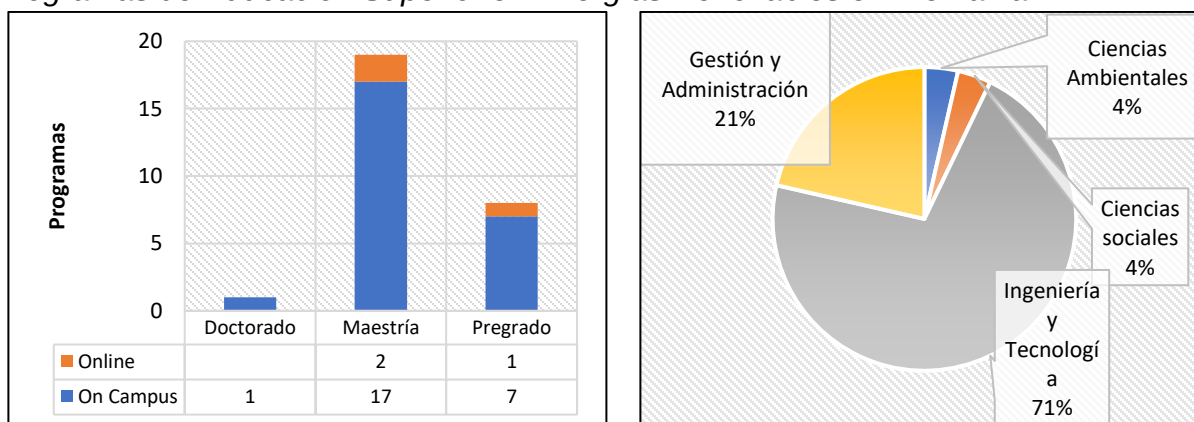
Otra de las buenas prácticas reconocidas de Alemania es la entrega de premios a las instituciones comprometidas con el desarrollo sostenible. En la revisión voluntaria

de los NDC de la Unión Europea, se menciona a Alemania como Estado miembro líder en buenas prácticas, ya que desde 2016, el Ministerio Federal de Educación e Investigación y la Comisión Alemana para la UNESCO entregan los Premios Nacionales de EDS (en alemán: “Nationale Auszeichnung – Bildung für nachhaltige Entwicklung”). El objetivo es ofrecer una plataforma y más visibilidad para transferir ampliamente la EDS a los educandos de todas las generaciones y a nivel local. Los premios se entregan tres veces al año y la candidatura se presenta en cualquier momento. Además, cada año se elige el ganador del Premio Nacional para entregar un total de 100.000 euros.

La revisión realizada en Studyportals para los programas de educación superior explícitamente de energías renovables, arrojó un total de 28 programas entre doctorados, maestrías y licenciaturas. La mayor parte son programas presenciales del campo de la ingeniería y la tecnología.

Figura 9

Programas de Educación Superior en Energías Renovables en Alemania



Nota. Información al 9 de julio de 2024. Elaborado a partir de los resultados de Studyportal, <https://studyportals.com/>

Entre los centros de estudio a destacar se encuentra el Centro de Formación en Energías renovables de la BZEE, que nace de la respuesta de la industria a la necesidad

de personal cualificado en energía eólica. Actualmente ofrecen oportunidades educativas en programas de seguridad para técnicos de servicio en altamar, técnicos de seguridad eléctrica. Otra institución, reconocida es la Academia de Energías Renovables (RENAC) que ofrece formación y consultoría sobre energía verde. La formación en RENAC es práctica, flexible, se ajusta a las necesidades de cada región. También ofrece consultorías al sector público y al sector financiero sobre regulación, política y mercado energético. Otra experiencia a resaltar es Life E.V. que brinda formación profesional en energías renovables y medioambiente, uno de sus fuertes es el apoyo a madres jóvenes, familias monoparentales e inmigrantes para que puedan acceder a educación en renovables en Alemania y todo Europa (Slowinski & Alfano, 2015).

6.3.2. Estados Unidos

Estados Unidos tenía en 2023 un puntaje de 75.9 en el índice ODS y se encuentra en el puesto 39 de 166 países. Respecto al indicador “Cuota de energías renovables en el consumo total de energía final (%)” del ODS 7. Energía asequible y limpia, registró en 2019 una mejora moderada (Sachs, 2023).

En Estados Unidos a diferencia de Alemania, el crecimiento en las energías renovables y la educación en energías renovables, ha estado impulsado más por el financiamiento privado que por parte del sector público. Nureldeen & Chang (2018), analizan en Estados Unidos el impacto del crecimiento del mercado de las energías renovables (67 %, entre 2000 y 2016), sobre los institutos de investigación o programas académicos. Los resultados mostraron que la inversión en los mercados de energías renovables generaba más proyectos e investigaciones. A su vez, estos proyectos e investigaciones impulsan el mercado laboral de las energías renovables al ofrecer altos

salarios y mejores oportunidades. Los estudiantes al ver la mayor demanda empiezan a inscribirse en programas de energía renovable, donde la competencia es menor y las oportunidades son mayores. Los autores mencionan que se espera una correlación más directa durante la próxima década a medida que la industria mejore el desarrollo de la investigación.

Sin embargo, desde el sector público ha ido creciendo gradualmente el interés por el desarrollo sostenible y por las energías renovables. En 2020, se publicó el Marco de Planificación Estratégica Nacional de ACE para Estados Unidos, convirtiéndose en el primer gran país emisor en cumplir un compromiso de ACE (Acción para el Empoderamiento Climático), así lo menciona el informe.

El plan estratégico fue elaborado siguiendo la metodología de backcasting en el que los participantes describieron cómo sería una sociedad empoderada, informada y activa en 2040, en relación al cambio climático, y recomendaron acciones específicas necesarias para lograr ese resultado en plazos de diez, cinco y dos años. En lo que respecta al componente de Formación de ACE las recomendaciones se resumen en lo siguiente.

La formación proporciona las competencias técnicas y sociales básicas, así como los conocimientos avanzados necesarios para apoyar la transición hacia economías verdes y sociedades sostenibles, inclusivas, neutras desde el punto de vista climático y resilientes.

- Estandarizar los criterios de acreditación y los resultados de las competencias climáticas para todos los programas de desarrollo de la mano de obra.

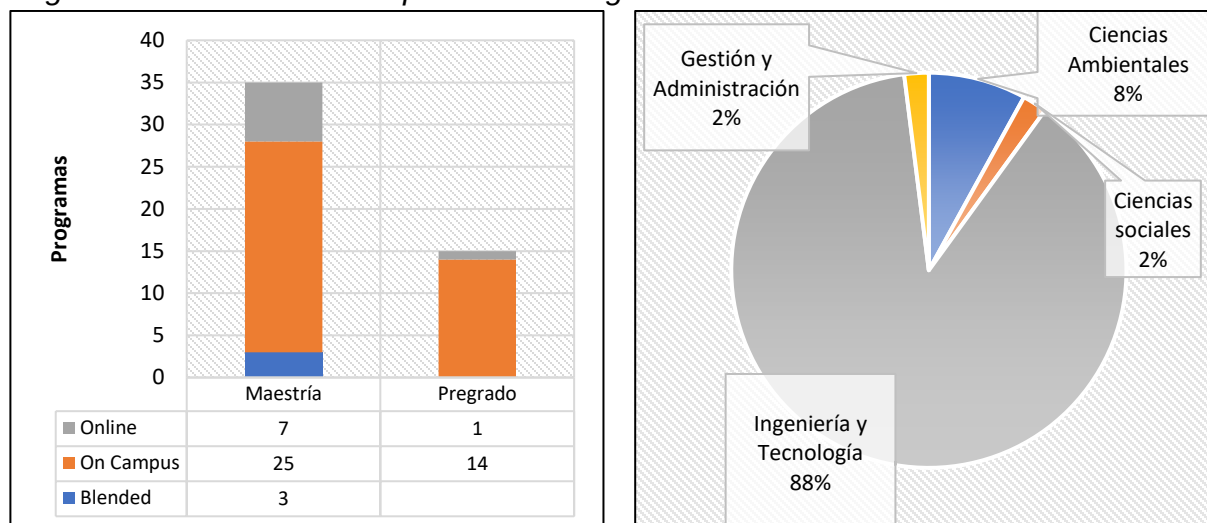
- Exigir la formación de la mano de obra en competencias relevantes para el clima, además de apoyar las prácticas y los planes de estudios de educación técnica en los contratos gubernamentales para proyectos de desarrollo de infraestructura.
- Adaptar la formación técnica y profesional, a las aptitudes para los empleos relacionados con el clima y la participación en la toma de decisiones cívicas.
- Dar prioridad a la igualdad de género, ingresos y otras formas de equidad en el desarrollo de iniciativas de formación de mano de obra, incluida la selección de formadores y destinatarios de la formación.
- Proporcionar apoyo financiero para becas y cubrir costos de alojamiento, transporte y cuidado de los niños.
- Incentivar la formación de ejecutivos y educadores centrada en la eficiencia de los recursos (energía), estrategias de resiliencia y competencias blandas, como procesos de gestión y servicios sociales.
- Reducir la desconexión entre la información técnica y la preocupación por el futuro.
- Coordinar itinerarios profesionales relevantes para el clima a partir de los niveles escolares en los que comienza la identificación de carreras profesionales.
- Desarrollar métricas para seguir las tendencias de crecimiento de los empleos verdes y la formación climática en toda la economía.
- Desarrollar métricas para hacer un seguimiento de la integración de la acción por el clima en empleos no relacionados con el sector verde.

- Coordinarse con los sindicatos para integrar las competencias relacionadas con el clima en el desarrollo de la mano de obra.

Actualmente, en el país hay aproximadamente 50 programas directamente relacionados con energías renovables, de los cuales la mayoría se tratan de maestrías (36) y en menor proporción de pregrado (15). El 88% son programas del área de la ingeniería y la tecnología y solo el 12% corresponde a otros campos, ciencias ambientales (8%), ciencias sociales (2%) y gestión y administración (2%).

Figura 10

Programas de Educación Superior en Energías Renovables en Estados Unidos



Nota. Información al 9 de julio de 2024. Elaborado a partir de los resultados de Studyportal, <https://studyportals.com/>

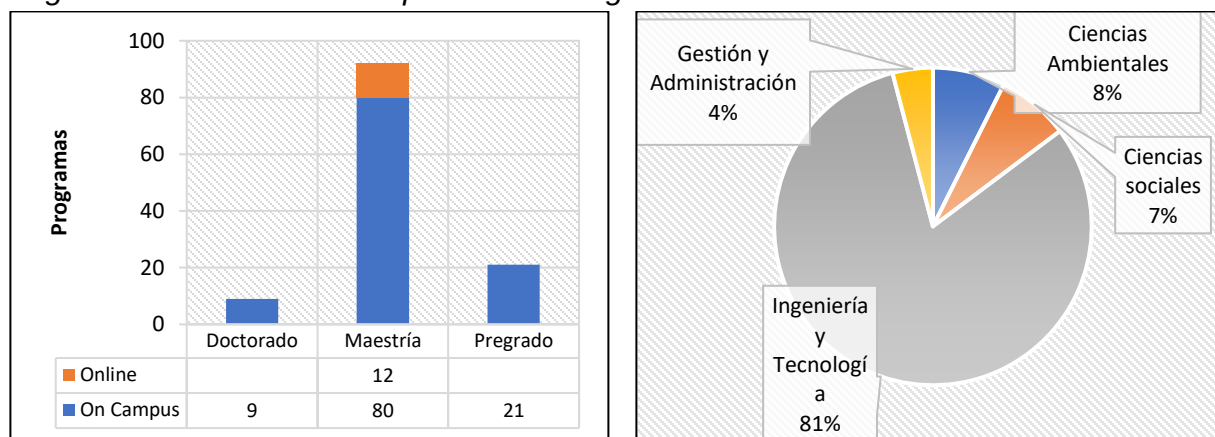
6.3.3. Reino Unido

Reino Unido tiene un puntaje de 81.7 en el índice ODS y se encuentra en el puesto 11 de 166 países, y el indicador “Cuota de energías renovables en el consumo total de energía final (%)” del ODS 7. Energía asequible y limpia, registró en 2019 una *mejora moderada*, según Sachs (2023). Reino Unido es reconocido por el gran número de

programas académicos en energías renovables, en la revisión realizada en Studyportals arrojó un total de 122 programas entre doctorados, maestrías y licenciaturas. La mayor parte son programas presenciales del campo de la ingeniería y la tecnología, aunque es relevante el casi 20% de programas relacionados con las ciencias ambientales, las ciencias sociales y la administración.

Figura 11

Programas de Educación Superior en Energías Renovables en Reino Unido



Nota. Información al 9 de julio de 2024. Elaborado a partir de los resultados de Studyportal, <https://studyportals.com/>

En la década de los setenta, los grandes cambios en los precios del petróleo y los anuncios de una posible escasez de los combustibles, hicieron que el gobierno del Reino Unido apostara a la investigación en fuentes de energía alternativas, especialmente en energía undimotriz (Palmer, 2008). En un inicio la investigación liderada por la academia y el sector empresarial, subvencionados por el Estado. Sin embargo, tras un cambio político, luego de los noventa, tomó mayor relevancia la financiación del capital privado. Aunque la participación del sector público sigue siendo relevante en inversiones (modestas), investigación y en términos legislativos para garantizar los precios adecuados por la energía generada (Palmer, 2008).

El modelo británico de transferencia de conocimiento industria-academia (IAKT)" ha destacado, Colmenares-Quintero et al. (2020) analizaron algunos estudios de caso en los que se aplicaba el modelo IAKT, identificaron los aspectos que han contribuido a la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector de las energías renovables marinas en el Reino Unido, entre los que cabe mencionar i) aprovechar el uso del internet y las comunicaciones globales para acceder a laboratorios y bibliotecas remotos que tengan contenido informático que mejor se adapte a las necesidades y facilitar la colaboración y comunicación en tiempo real con otros equipos de trabajo; ii) participación de la industria en la planificación y el desarrollo de los contenidos y procesos académicos de los cursos; iii) actualización periódica de los cursos en función de la evolución de los conocimientos técnicos y de gestión para garantizar experiencia pertinente; iv) incluir en la formación no solo aptitudes sino actitudes como la proactividad, la colaboración y la automotivación; v) educación basada en proyectos con participación de la academia, la industria, el gobierno y las comunidades locales; vi) consideración de las condiciones locales, como la economía y el mercado, la planificación y las políticas; vii) internacionalización y creación de redes.

Tabla 2*Mejores prácticas según la literatura y las experiencias de los países referentes*

Países	Mejores prácticas
Alemania	La educación es responsabilidad del Estado porque es el medio para el desarrollo económico y, por tanto, aumentar la oferta de educación en energías renovables es responsabilidad del Estado.
	La planeación energética de largo plazo incentiva al sector educativo porque es más fácil anticiparse a lo que ocurrirá con el mercado laboral.
	Fomentar vínculos entre el sector educativo, empresarial y sindical para impulsar conjuntamente el diseño de programas académicos.
	Educación dual (práctica)
	Formación en una ciencia básica con especialización en uno o varios campos de la energía (por ejemplo, instalaciones eólicas o solares).
	Analizar el mercado laboral y la demanda para garantizar el empleo.
	Programas de eficiencia energética.
	Programas técnicos
	Integración de la formación vocacional formal con la educación informal.
	Creación de redes: contribuye a la transferencia de enfoques y materiales de estudio.
	Incluir modelos de educación para el desarrollo sostenible en los procesos de acreditación.
	Carreras académicas con perfiles interdisciplinarios y transdisciplinarios
	Convocatorias de financiación competitivas y no competitivas para recursos enfocados en pro del desarrollo sostenible.
	La inversión en proyectos e investigaciones en el mercado de las energías renovables, impulsa el crecimiento de la demanda educativa y por tanto de la oferta de programas en energías renovables.

Países	Mejores prácticas
Estados Unidos	Estandarizar los criterios de acreditación y los resultados de las competencias.
	Enfoque de género, ingresos y otras formas de equidad.
	Desarrollar becas de matrícula y gastos de sostenimiento.
	Acompañamiento desde la secundaria en la selección de carreras profesionales que motive a los estudiantes a elegir programas sobre clima y energías renovables.
	Desarrollar métricas para seguir las tendencias de crecimiento de los empleos verdes y la formación climática en toda la economía.
	Desarrollar métricas para hacer un seguimiento de la integración de la acción por el clima en empleos no relacionados con el sector verde.
Reino Unido	Coordinarse con los sindicatos para integrar las competencias relacionadas con el sector verde en el desarrollo de la mano de obra.
	Participación de la industria en la planificación y el desarrollo de los contenidos y procesos académicos de los cursos.
	Aprovechar el internet y las comunicaciones globales para acceder a laboratorios y bibliotecas remotos.
	Incluir en la formación no solo aptitudes sino actitudes como la proactividad, la colaboración y la automotivación.
	Educación basada en proyectos con participación de la academia, la industria, el gobierno y las comunidades locales.
	Consideración de las condiciones locales, como la economía y el mercado, la planificación y las políticas.

Países	Mejores prácticas
Literatura general	Internacionalización y creación de redes.
	Abordar la comprensión del sistema natural y las problemáticas energéticas y ambientales/climáticas.
	Priorizar tecnologías que sean acordes con las necesidades locales. Investigación e innovación basado en lo local.
	Considerar todo el ciclo de desarrollo y difusión de las tecnologías, incluyendo aspectos financieros y económicos, impacto sociocultural y ambiental.
	Mayor relevancia a temas de eficiencia energética.
	Incentivar la flexibilidad, creatividad e innovación.
	Combinar la teoría y la práctica: relevante la creación de laboratorios
	Materiales de enseñanza-aprendizaje de buena calidad
	Pedagogía colaborativa
	Enfoque multi, inter y transdisciplinario.
	Aprendizaje por proyectos y basado en la resolución de problemas.
	Creación de redes y asociaciones internacionales para fortalecer la experiencia y la cooperación.
	Enfoque de género

Países**Mejores prácticas**

Alianza Industria-Academia- Gobierno

Creación de facultades, escuelas o centros en las universidades especializados en energías renovables.

Educación crítica y orientada a la justicia.

Al revisar las mejores prácticas en la educación en desarrollo sostenible y energías renovables encontradas en la literatura, se hace un análisis de convergencia y divergencia por países.

Convergencias:

- Colaboración entre sectores: Todos los países mencionados enfatizan la importancia de la colaboración entre el sector educativo, empresarial y gubernamental.
- Enfoque práctico y basado en proyectos: Alemania, Reino Unido y en literatura general sobre educación superior de las energías renovables hace mención a la importancia de incluir la práctica en los procesos educativos a través de laboratorios y mediante la modalidad dual (Industria-academia). Igualmente, se recomienda la educación basada en proyectos.
- Interdisciplinariedad: En Alemania se mencionan las "Carreras académicas con perfiles interdisciplinarios y transdisciplinarios". Esta también es una recomendación frecuente en la literatura sobre educación en desarrollo sostenible y energías renovables.
- Internacionalización y creación de redes: contribuye a la transferencia de enfoques y materiales de estudio e intercambio de mejores prácticas entre instituciones y países.
- Consideración de las condiciones locales: se hace referencia constantemente a enfocar el aprendizaje según las condiciones y necesidades locales.

- Inclucos de habilidades blandas: se mencionan la incorporación en la enseñanza de aptitudes y valores más allá de la formación técnica como el liderazgo, el pensamiento crítico, la percepción de justicia, colaboración.

Divergencias:

- Enfoque en la responsabilidad estatal: Alemania enfatiza que "La educación es responsabilidad del Estado", mientras que en otros países no se hace referencia a este aspecto.
- Orientación vocacional desde la edad escolar: en Estados Unidos se propone desde la edad escolar guiar a los estudiantes para que escojan carreras afines al desarrollo sostenible y el sector verde.

7. Educación Superior en el Campo de las Energías Renovables en Colombia

En esta sección se realiza un análisis del estado actual de la educación superior en el campo de las energías renovables en Colombia. El análisis abarca cuatro aspectos que permiten constatar el grado de desarrollo y madurez de la educación superior en esta área: la oferta de programas académicos, los grupos de investigación, las publicaciones científicas y la ejecución de proyectos relevantes en Colombia.

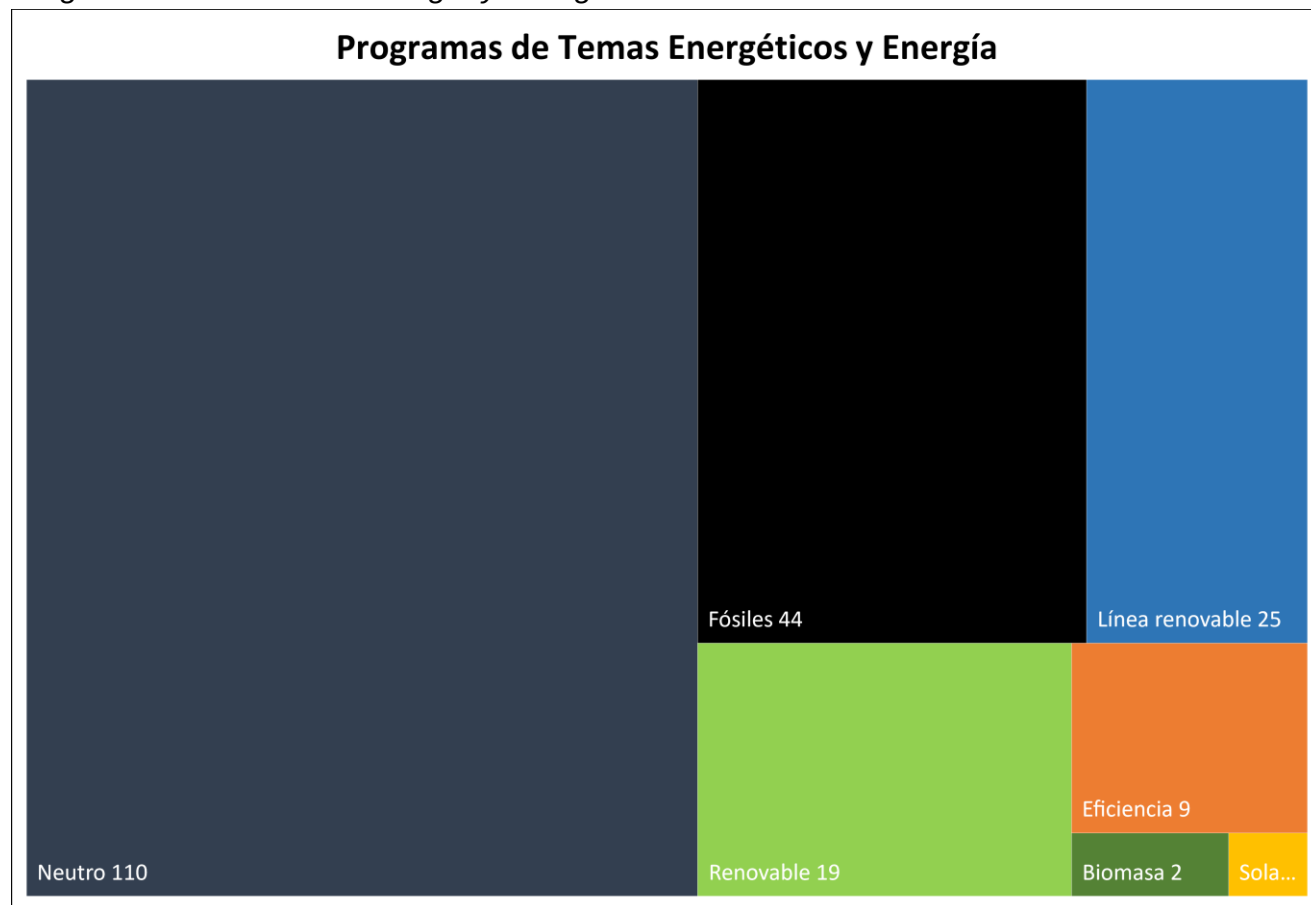
7.1. Programas académicos

En Colombia se identificaron 211 programas de formación relacionados con la generación de energía. De estos programas, 110 se identificaron como neutros, es decir, no están relacionados directamente con las energías fósiles o energías renovables; 44 están directamente relacionados con la generación de energía a partir de combustibles fósiles; 25 programas tienen al menos una materia de energía renovable; 22 programas

están especializados en energías renovables (incluye 2 programas de biomasa y 1 programa de solar) y, 9 programas son de eficiencia energética (Figura 12).

Figura 12

Programas en temas de Energía y Energéticos



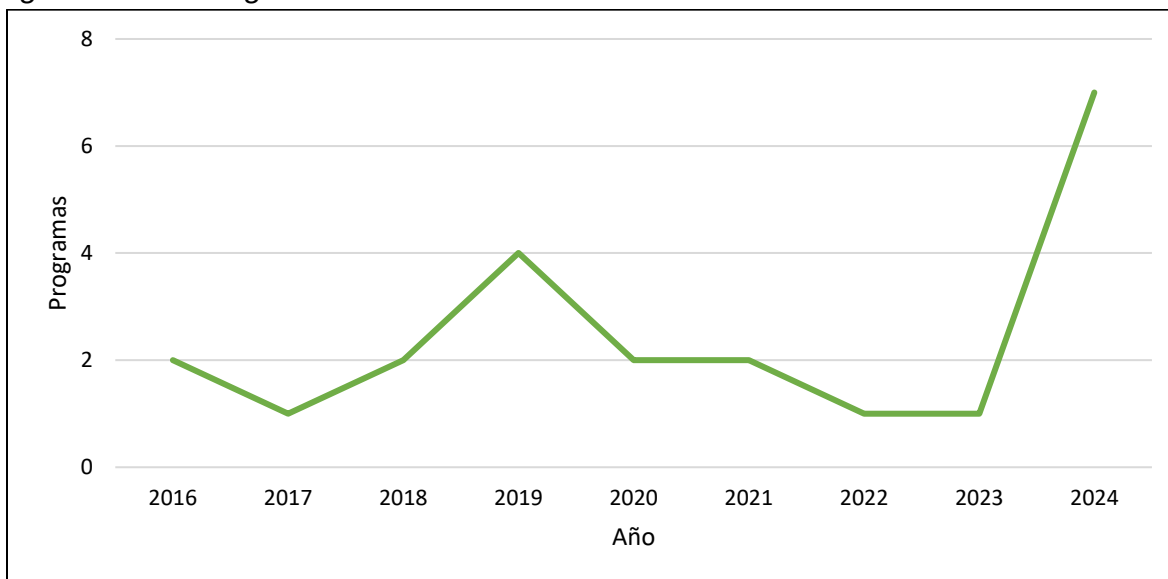
Nota. Información al 30 de junio de 2024. Elaborado a partir del Sistema Nacional de Información de Educación Superior SNIES- (<https://snies.mineduacion.gov.co/porta/>)

El análisis temporal muestra que de los 22 programas formación especializados en energías renovables (incluye 2 de biomasa y 1 de solar) los primeros 2 programas fueron creados en el 2016, es decir, hace menos de una década y otro resultado importante es que la tercera parte de los programas que actualmente existen fueron creados en el presente año. Es decir, en 2024 entre febrero y mayo recibieron resolución

de aprobación y código SNIES para recibir la primera cohorte de matriculados para el semestre agosto – diciembre de 2024.

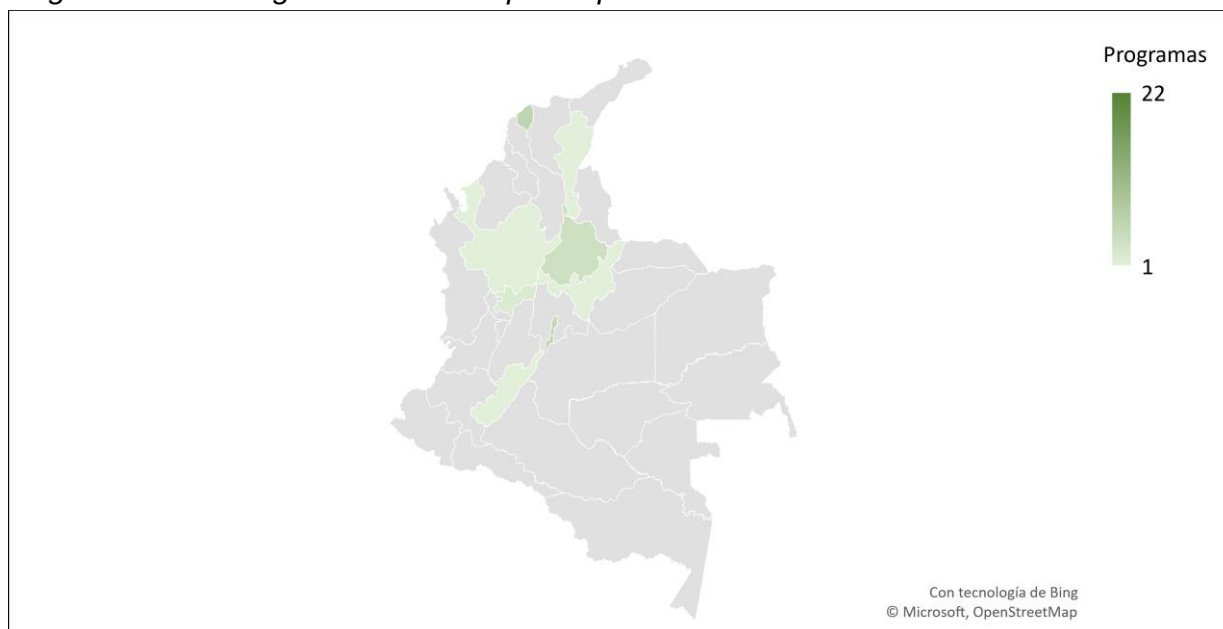
Figura 13

Programas en energías renovables 2016-2024



Nota. Información al 30 de junio de 2024. Elaborado a partir del Sistema Nacional de Información de Educación Superior SNIES- (<https://snies.mineducacion.gov.co/portal/>)

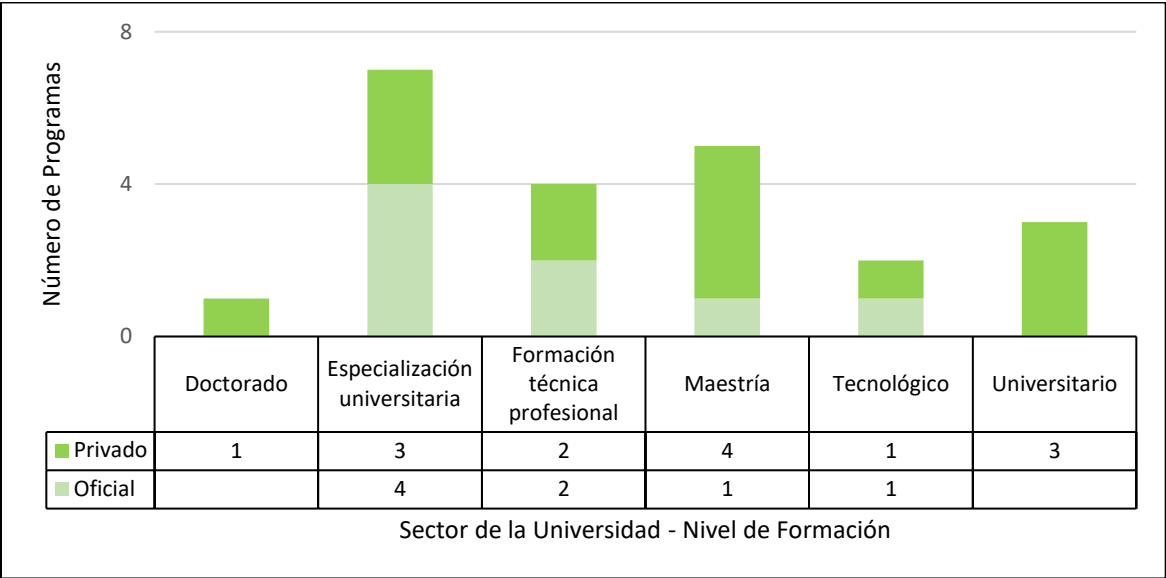
La figura 14 muestra la distribución de los 22 programas especializados en energías renovables por departamento. Se destaca Bogotá y Atlántico con 6 programas cada uno, les sigue Santander con 4 programas, Caldas con 2 programas y, por último, Antioquia, Cesar, Boyacá y Huila con un programa académico.

Figura 14*Programas en energías renovables por departamento*

Nota. Información al 30 de junio de 2024. Elaborado a partir del Sistema Nacional de Información de Educación Superior SNIES- (<https://snies.mineducacion.gov.co/portal/>)

La figura 15 presenta una visión general de la oferta educativa en distintos niveles de formación superior, comparando el sector privado y oficial (público). La especialización universitaria destaca por tener la mayor cantidad total de programas, mientras que el nivel doctoral muestra la menor oferta. En general, se observa un equilibrio relativo entre los sectores privado y oficial en la mayoría de los niveles, aunque con algunas variaciones, como una mayor presencia del sector privado en maestrías y una distribución más equilibrada en formación técnica y tecnológica.

Figura 15
Programas por nivel de formación y sector



Nota. Información al 30 de junio de 2024. Elaborado a partir del Sistema Nacional de Información de Educación Superior SNIES- (<https://snies.mineduacion.gov.co/portal/>)

Las universidades más destacadas con programas especializados en energías renovables son: 2 universidades del Atlántico, 2 universidades de Santander y una universidad en Bogotá.

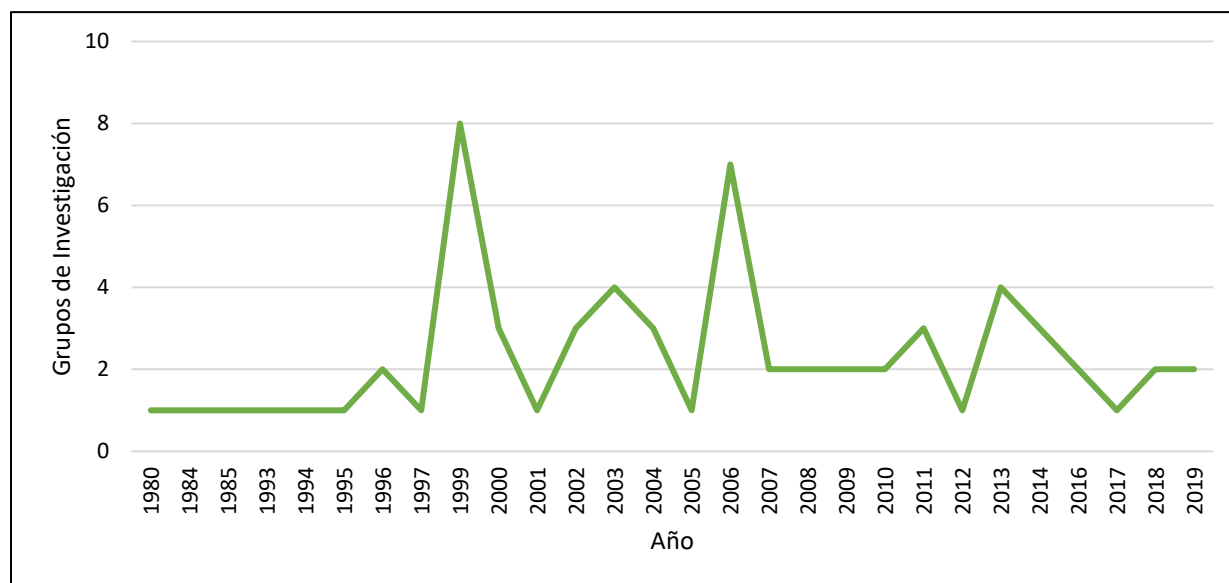
Tabla 3
Universidades con mayor número de programas especializados en energías renovables

Institución de Educación Superior	Departamento	Número de Programas
Corporación Universidad de la Costa CUC	Atlántico	3
Corporación Internacional Para El Desarrollo Educativo -CIDE-	Bogotá D.C.	2
Institución Universitaria de Barranquilla IUB	Atlántico	2
Instituto Universitario de la Paz	Santander	2
Universidad de Santander UDES	Santander	2

Nota. Información al 30 de junio de 2024. Elaborado a partir del Sistema Nacional de Información de Educación Superior SNIES- (<https://snies.mineduacion.gov.co/portal/>)

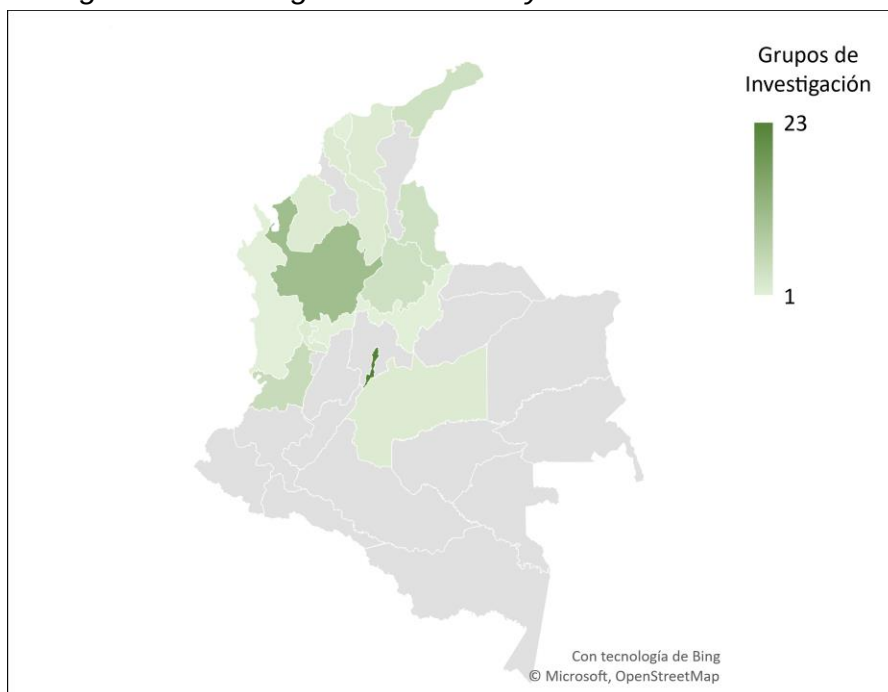
7.2. Grupos de investigación

La revisión de los grupos de investigación clasificados en la Convocatoria 894 de 2021, arrojó un total de 65 grupos relacionados con energías renovables. En la figura 16 se muestra la evolución temporal de los grupos de investigación desde 1980 hasta 2019. Entre 1980 y 1997, se crearon 9 grupos que actualmente tienen investigación relacionada con las energías renovables, seguido por un pico (el más alto) en 1999 con la creación de 8 grupos, otros dos años que destacan son 2003 con 4 grupos y 2006 con 7 grupos. Después de 2007, se observan fluctuaciones entre 1 y 4 grupos por año. En términos generales, se observa una tendencia estable. Es probable que, al igual que en el caso de los programas académicos, los grupos de investigación hayan experimentado un incremento en el último año debido al impulso de las políticas y programas de gobierno relacionados con la transición energética. Ejemplos de esto son la política de investigación e innovación – Misión transición energética, establecida en la Ley 2294 de 2023 (Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026), y la política de reindustrialización (CONPES Reindustrialización, 2023). Este tipo de políticas de largo plazo incentivan al sector educativo e investigativo para la creación de nuevos programas académicos y grupos de investigación, ya que les permiten anticipar nuevas fuentes de financiación, convocatorias y, por supuesto, una mayor demanda en el mercado laboral de profesionales especializados en temas asociados a la transición energética.

Figura 16*Año de creación de los grupos de investigación*

Nota. Información 2021. Elaborado a partir scienti.del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (<https://minciencias.gov.co/sistemas-informacion/servicios-consulta>)

En el número de grupos de investigación por departamento, destacan Bogotá con 23 grupos de investigación, seguido de Antioquía con 11 grupos, Valle del Cauca con 5 grupos, La Guajira con 4 grupos y Norte de Santander con 4 grupos. Se identifica que los grupos de investigación se encuentran en los departamentos petroleros y carboníferos que son precisamente los departamentos que reciben mayor impacto económico y social, es decir, que sí hay una respuesta por parte de la academia y e investigadores. Igualmente, este factor se cruza en algunos casos con las regiones de mayor potencialidad de energías limpias como el caso de La Guajira. En términos generales hay una concentración de los grupos de investigación en Bogotá y hacia el norte del país.

Figura 17*Grupos de investigación en energías renovables y afines*

Nota. Información 2021. Elaborado a partir scienti.del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (<https://minciencias.gov.co/sistemas-informacion/servicios-consulta>)

De los 65 grupos de investigación 11 se encuentran en categoría A1, 16 en la categoría A, 9 en la categoría B y 28 en la categoría C. Esto muestra que hay un margen de mejora en términos de productividad y pertinencia de la investigación.

Tabla 4*Grupos de investigación por categoría*

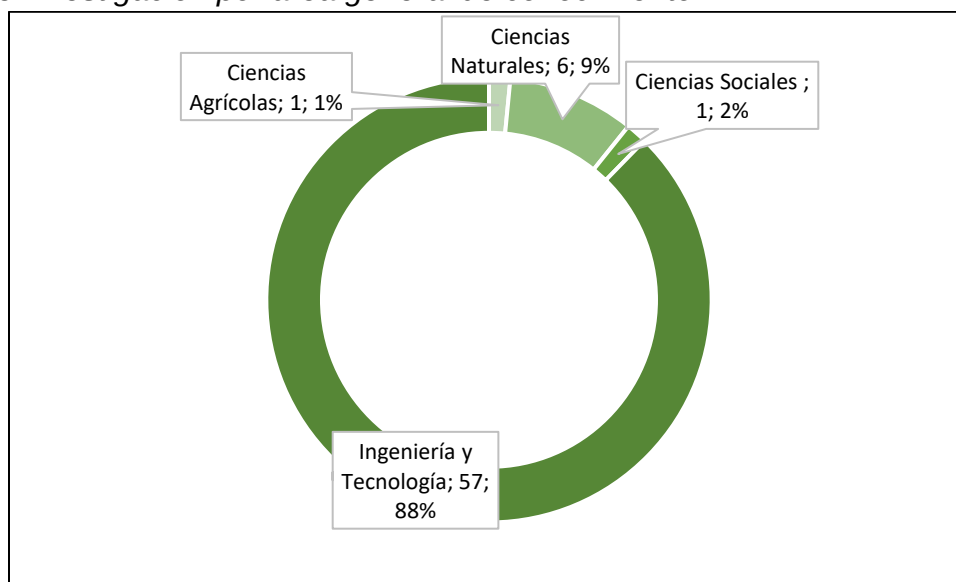
Categoría	Número de Grupos de Investigación
A1	11
A	16
B	9
C	28
Reconocido	1

Nota. Información 2021. Elaborado a partir scienti.del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (<https://minciencias.gov.co/sistemas-informacion/servicios-consulta>)

Al revisar por área de conocimiento se encuentra que la mayor parte de los grupos de investigación corresponden a Ingeniería y Tecnología con el 88%, el 7% a Ciencias Naturales y el 3% restante a Ciencias sociales y Ciencias agrícolas (Figura 18). La mayoría de grupos de investigación se encuentran asociados a ingeniería mecánica y eléctrica, lo que sugiere una orientación hacia la innovación y el avance tecnológico. Esto es un indicativo de que, desde las áreas sociales de las instituciones de educación superior y los centros de pensamiento en el país, aún no se ha desarrollado un enfoque hacia la investigación en ciencias sociales, ya sea por falta de recursos o falta de interés de los investigadores de las áreas sociales.

Figura 18

Grupos de investigación por área general de conocimiento



Nota. Información 2021. Elaborado a partir scienti.del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (<https://minciencias.gov.co/sistemas-informacion/servicios-consulta>)

Para complementar este análisis es importante mencionar algunos de los hallazgos de la política de investigación e innovación de la Misión transición energética

(Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [MinCiencias], 2023). El documento presenta un diagnóstico sobre la investigación y la innovación en términos de transición energética en el país y, su vinculación con la reindustrialización del país. En síntesis, identifica tres problemáticas: Por una parte, hay una insuficiente vinculación de la investigación y la innovación para reducir los riesgos e impactos de la transición energética sobre la estabilidad del sistema energético; en segundo lugar, se identifica la necesidad de incorporar la investigación y la innovación en la generación de valor en las cadenas productivas de la industria nacional que está relacionada con la transición energética; y, en tercer lugar, hay una deficiente articulación entre los actores institucionales, unas deficientes capacidades estructurales y gestión ineficiente del sistema de investigación e innovación dentro del ecosistema energético.

Quisiera llamar la atención sobre el tercer punto, en el que se menciona la desarticulación de los actores institucionales, deficientes capacidades estructurales y gestión ineficiente, en lo que respecta a la investigación e innovación en el país en transición energética. Sobre este punto, el diagnóstico realizado por Minciencias mostró cinco problemas centrales en el país, cito textualmente: “1. Concentración del talento humano y de las capacidades en investigación y desarrollo en centros urbanos; 2. Falta de esquemas colaborativos de financiación para gestionar la innovación; 3. Esquemas de financiación insuficientes o inadecuados para la investigación y la innovación, 4. Capacidades débiles o inexistentes en ciencia, tecnología e innovación industrial que permitan la creación de cadenas de valor asociadas al sistema energético; 5. Falta de conocimiento y aceptación social de los proyectos relacionados con transición energética.” (Minciencias, 2023, p. 29-33). Este diagnóstico revela varios desafíos

críticos en la investigación e innovación en el país en el contexto de la transición energética.

7.3. Publicaciones científicas

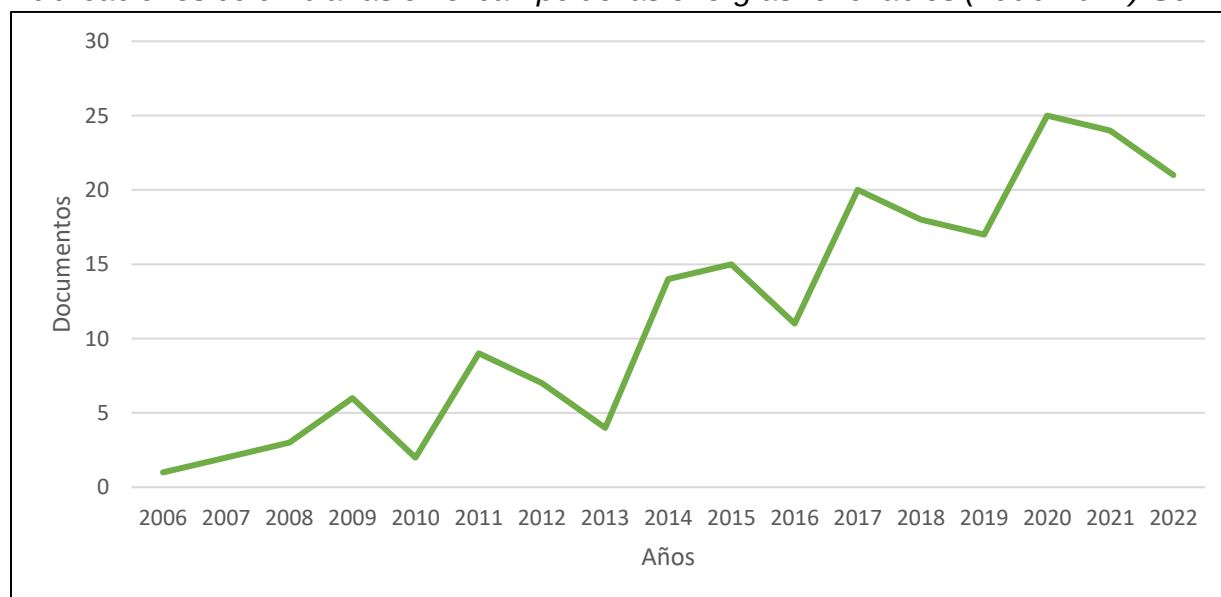
Para la revisión de las publicaciones científicas en el campo de las energías renovables en Colombia, se tuvo en cuenta las bases de datos Scielo y Redalyc. En las que se buscó por palabra clave “energía renovable” en inglés y se filtró por Colombia.

SciELO:

En la revisión en SciELO, la búsqueda arrojó un resultado de 199 publicaciones entre 2006 y 2022. La figura 19 muestra la evolución temporal con una tendencia creciente, lo que podría explicarse por una mayor capacidad investigativa en el país o un mayor interés en temas de energías renovables o mayor financiación en esta vía. Para determinarlo se requieren mayores datos.

Figura 19

Publicaciones colombianas en el campo de las energías renovables (2006-2022)-SciELO

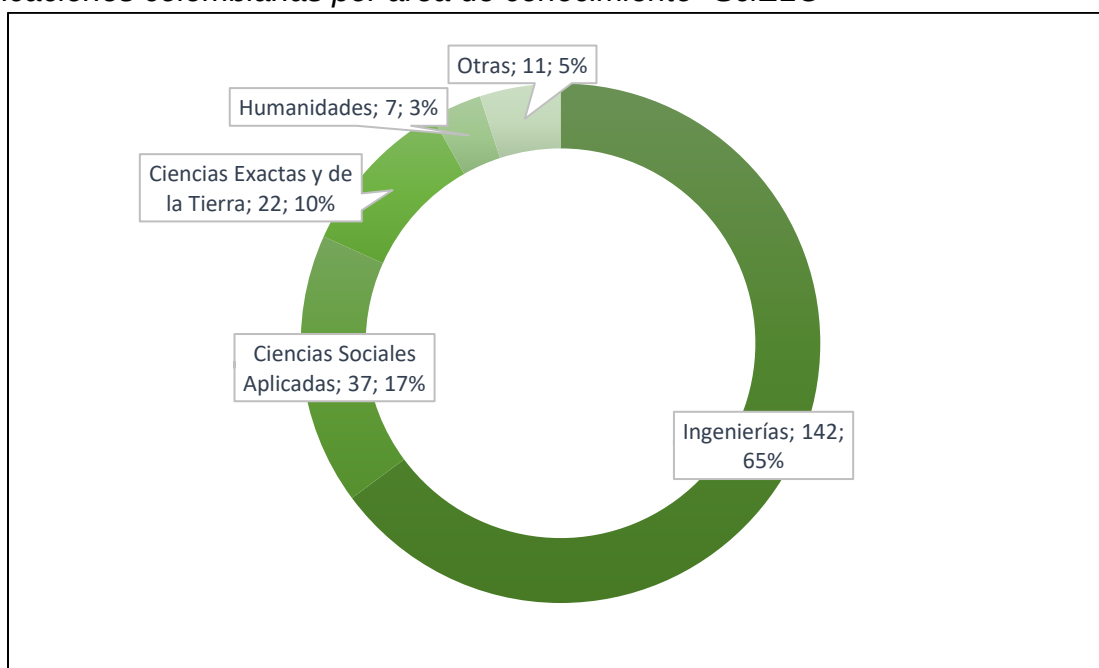


Nota. Información al 11 de agosto de 2024. Elaborado a partir de los resultados de SciELO.

Respecto a las áreas de conocimiento, en la figura 20 se identifica que las publicaciones son principalmente del campo de la ingeniería con un 65%, seguido de ciencias sociales aplicadas con un 17%. Es decir, que la investigación en energías renovables en Colombia es principalmente de corte técnico y asociado a las tecnologías.

Figura 20

Publicaciones colombianas por área de conocimiento- SciELO



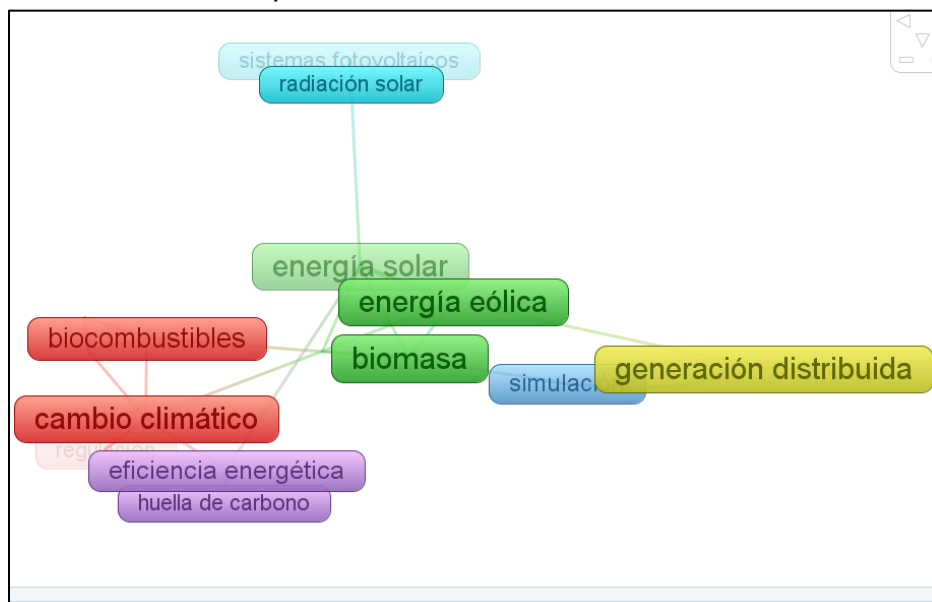
Nota. Información al 11 de agosto de 2024. Elaborado a partir de los resultados de SciELO.

Por último, para los datos encontrados en SciELO se hizo un análisis en VOSviewer en el que se identifican como temas centrales los tipos de energía: solar, eólica y biomasa; el cambio climático; y la generación distribuida. Es importante señalar que la generación distribuida conocida también como generación descentralizada, consiste en la generación de energía eléctrica por medio de muchas pequeñas fuentes de energía en lugares próximos a las posibles cargas. Este concepto destacado en la figura guarda

relación con la política energética que se está impulsando en Colombia que destaca las comunidades energéticas como estrategia para la transición energética.

Figura 21

Temáticas destacadas en las publicaciones colombianas- SciELO



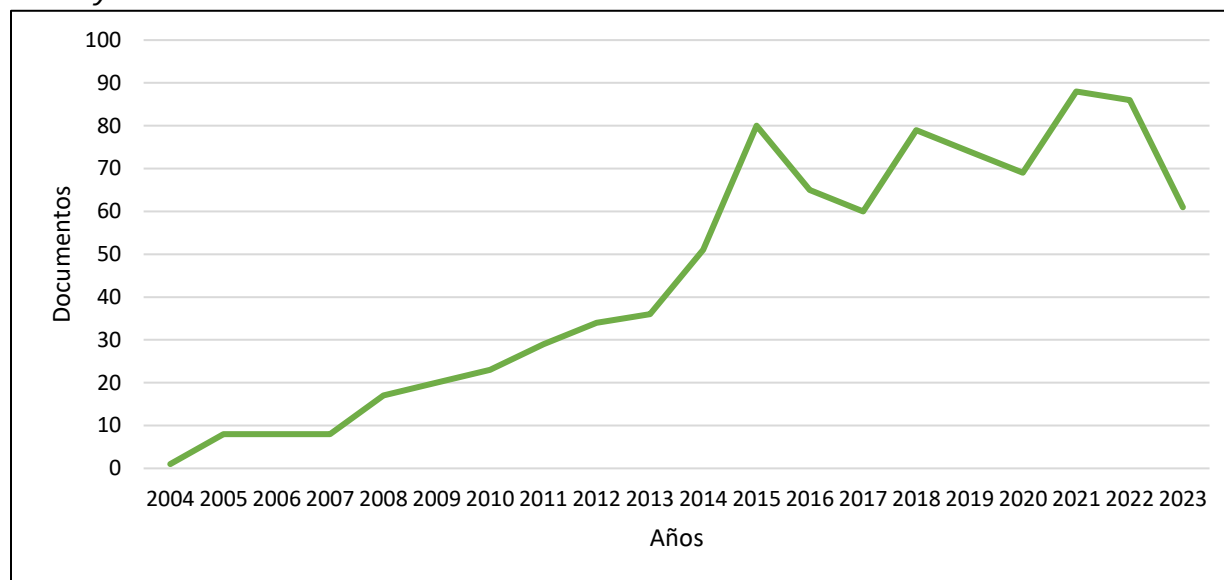
Nota. Información al 11 de agosto de 2024. Elaborado en Vosviewer a partir de los resultados de SciELO.

Redalyc

En el caso de Redalyc se arrojaron 897 resultados. La figura 22 muestra una dinámica creciente entre 2004 y 2023, que al igual que en SciELO se presenta una caída en publicaciones en los últimos dos años. Pero en términos generales, se puede mencionar que hay posiblemente un crecimiento de interés académico en el campo de las energías renovables y también, puede explicarse por un mayor número de proyectos relacionados con las energías renovables debido a mayores incentivos desde el gobierno o por un creciente interés de empresas.

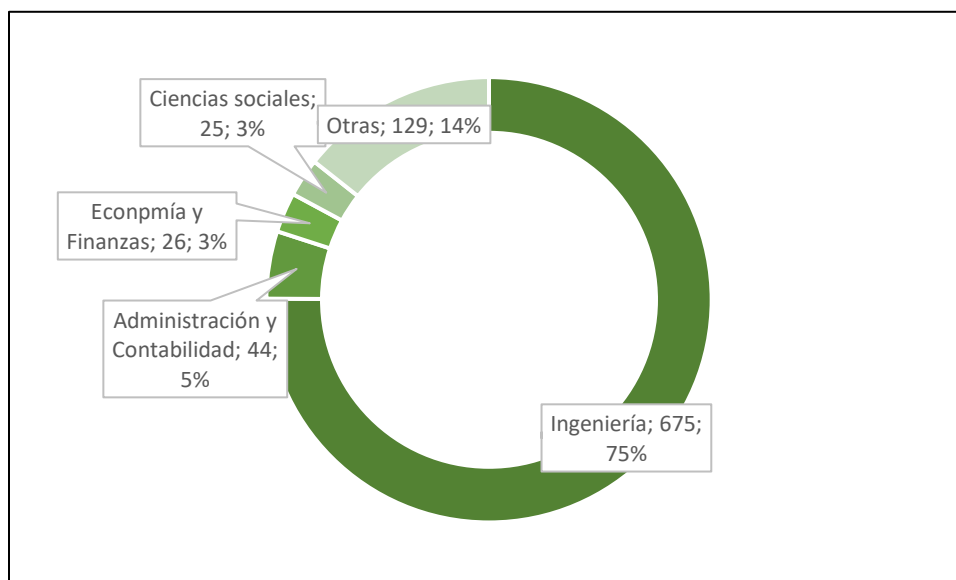
Figura 22

*Publicaciones colombianas en el campo de las energías renovables (2006-2023)-
Redalyc*



Nota. Información al 11 de agosto de 2024. Elaborado a partir de los resultados de Redalyc.

En el caso de Redalyc la cantidad de publicaciones en el campo de la ingeniería es más pronunciado con un 75%. Seguido de Administración y contabilidad con sólo un 5%. Es decir, la investigación está centrada principalmente en temas técnicos y desarrollo de tecnologías.

Figura 23*Publicaciones colombianas por área de conocimiento- Redalyc*

Nota. Información al 11 de agosto de 2024. Elaborado a partir de los resultados de Redalyc.

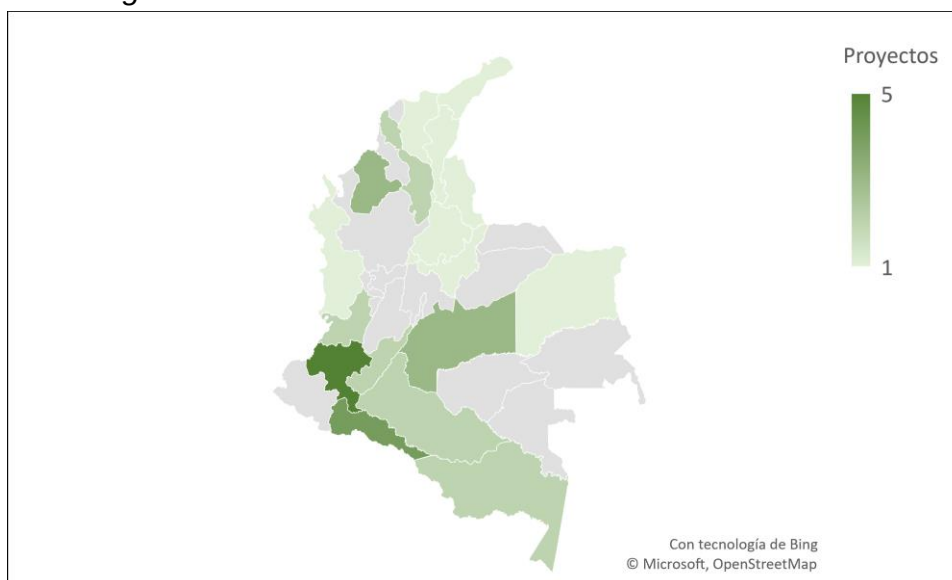
7.4. Proyectos

Se hizo una revisión de los proyectos financiados por inversión pública desde el año 2013, tomando como fuente el Departamento Nacional de Planeación. Se identificaron 42 proyectos de energías renovables que fueron presentados para ser financiados con inversión pública en Colombia. De estos proyectos, 25 se presentaron por el Sistema General de Regalías, 13 por recursos propios de las entidades territoriales y 4 por el Presupuesto General de la Nación. Respecto a los sectores en los que se enmarcaron los proyectos, se identifican 31 proyectos del sector de Minas y Energía; 5 de Ciencia, Tecnología e Innovación; 2 de agricultura y desarrollo; 1 de Vivienda, Ciudad y Territorio; 1 de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 1 de Defensa; y 1 de Inclusión Social y Reconciliación. De los 42 proyectos presentados, 5 fueron descartados y considerados no viables.

La figura 24 muestra la distribución departamental de los 37 proyectos que han sido categorizados como viables y que se han ejecutado o están para ejecución entre 2013 y 2028. En términos generales, los proyectos están distribuidos en todas las regiones del país, sin embargo, destacan los departamentos del Cauca (5), Putumayo (4), Meta (3) y Córdoba (3). De estos 37 proyectos, 4 son de carácter nacional.

Figura 24

Proyectos de energías renovables en Colombia 2013-2028



Nota. Información al 10 de agosto de 2024. Elaborado a partir de Mapa Inversiones del Departamento Nacional de Planeación, <https://mapainversiones.dnp.gov.co/>

Los resultados de programas académicos y publicaciones científicas, muestran un creciente interés en el campo de las energías renovables. Hay un aumento en la oferta educativa con 22 programas especializados en energías renovables, de los cuales la mayoría se encuentran en Bogotá y Atlántico, con un equilibrio entre el sector educativo público y privado, es decir, en ambos sectores se ha identificado una necesidad a nivel nacional de este tipo de programas y una pertinencia en el mercado laboral.

En lo que respecta a la investigación, se identifica que hay una concentración de los grupos de investigación en el norte del país, precisamente donde se encuentran las mayores potencialidades de energía renovable como la solar y eólica. También, de acuerdo a los grupos por categoría se puede decir que hay aún margen para mejorar la productividad y el impacto de su investigación. El diagnóstico realizado por Minciencias revela varios desafíos críticos en la investigación e innovación de la transición energética para el país, que se resume en disparidad territorial, ausencia de esquemas de financiamiento y la debilidad en las capacidades en ciencia, tecnología e innovación industrial.

En la revisión programas, grupos de investigación y publicaciones, se identifica un marcado predominio técnico y tecnológico, con lo cual queda marginada la visión crítica sobre energías renovables, que las conecta con paradigmas de justicia ambiental y social. Asimismo, es crucial abordar las disparidades regionales y fomentar un enfoque más interdisciplinario para maximizar el impacto y la relevancia del sector.

7.5. Alineación de la oferta académica con el mercado laboral

Luego de revisar el estado de la oferta académica en energías renovables en el Colombia, es importante contrastar con la información de la demanda laboral y las actuales condiciones del sector energético en el país, para ello se tomará como base el Marco de Nacional de Cualificaciones y los principales resultados en materia de demanda laboral y cualificaciones requeridas. Un marco de cualificaciones permite que tanto los actores de la oferta educativa como las empresas del sector cuenten con información para tomar decisiones frente a las necesidades del recurso humano

cualificado, y proporciona información sobre las brechas de cantidad, calidad y pertinencia.

En 2022, el Ministerio de Educación Nacional publicó el informe *Marco Nacional de Cualificaciones: apuesta de país por los aprendizajes pertinentes y las trayectorias educativas y laborales*, en el que se identificaron 351 cualificaciones en 20 sectores de la economía, como resultado del trabajo mancomunado y de alianzas estratégicas entre el sector laboral, educativo, gubernamental y organizaciones internacionales.

En el caso del catálogo del sector de Electricidad y Electrónica, el Marco de Cualificaciones se elaboró con el apoyo de la Corporación Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET), el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica y TIC (CIDEI), el Ministerio del Trabajo y los Observatorios Regionales del Mercado de Trabajo (ORMET). La información fue validada con instituciones de educación, gremios y empresas. Cabe resaltar que los resultados aquí presentados se centrarán solo en el sector de electricidad.

En primer lugar, mencionar algunas cifras importantes del mercado laboral que permiten comprender las dinámicas del sector: empleados para el 2017: 210.689 personas y 2058 vacantes según el servicio público de empleo¹⁰. Respecto a los resultados del informe sobre la demanda laboral (que incluyó empresas de toda la cadena de valor: generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía

¹⁰ Estas cifras corresponden al sector de electricidad y el sector electrónico, que representan el 1% de los empleados del país, de los cuales el 68% son trabajos formales.

eléctrica), se encontró que cerca del 11% de las vacantes corresponden a ingenieros y el 89% vacantes de técnicos y tecnólogos (Álvarez et al., 2019).

Sin embargo, con la entrada de las energías renovables la estructura de la demanda laboral podría cambiar. Según los análisis de prospectiva laboral, presentados por CIDET (2019) hay múltiples tendencias tecnológicas relacionadas con las energías renovables para mencionar solo algunas de ellas:

- Centrales solares termoeléctricas (4 a 7 años).
- Aerogeneradores de grandes tamaños (1 a 3 años).
- Sistemas de concentración fotovoltaica (1 a 3 años).
- Cultivos agro-energéticos en combinación con residuos agroforestales para producción de calor y electricidad (4 a 7 años)
- Mareomotriz (4 a 7 años).
- Energía oceánica (4 a 7 años).
- Geotérmica (más de 7 años).
- Desarrollo de componentes fotovoltaicos para edificaciones (1 a 3 años).
- Utilización generalizada de sistemas solares para suministro de agua caliente sanitaria en hogares con sistemas centralizados y descentralizados (1 a 3 años).
- Sistemas de cogeneración (1 a 3 años).
- Contadores bidireccionales (1 a 3 años).
- Dispositivos basados en electrónica de potencia (1 a 3 años).
- Masificación de sistemas de recarga para vehículos eléctricos (1 a 3 años).

- Conversión de vehículos tradicionales a eléctricos (usuarios prosumidores) (1 a 3 años).
- Nuevos modelos de comercialización (agregación de la demanda, generación virtual, energía prepagada) Corto plazo (1 a 3 años).
- Uso racional y eficiente de la energía – URE (1 a 3 años).

Las anteriores tendencias implican la necesidad de nuevos conocimientos, lo que impacta a algunos cargos existente e incluso da lugar a nuevos cargos. Algunos de las competencias asociadas a energías renovables que toman mayor relevancia son:

- Gerentes generales y directores: evaluación técnica de proyectos, normatividad asociada a organizaciones de ER, evaluación financiera de proyectos ER, tendencias y globalización, gestión de planes de nuevos negocios asociados a sistemas de ER en infraestructura y edificaciones.
- Gerentes de ingeniería y proyectos: optimización de procesos de producción y generación, factibilidad técnica y económica de los proyectos de energía renovables en el país.
- Gerentes de investigación: nuevos conocimientos sobre generación de energías renovables.
- Ingenieros de generación: operación y mantenimiento de proyectos de ER.

En cargos nuevos se identificaron mecánico de vehículos eléctricos, profesional en generación y distribución, ingeniero de energías limpias, coordinador de eficiencia

energética y administrador de sistemas energéticos¹¹. Lo que abre un campo de opciones para nuevos programas de formación centrados en estos nuevos campos del mercado laboral eléctrico.

De acuerdo con la información revisada, los investigadores Álvarez et al. (2019) encontraron que, en términos generales, no existen brechas de cantidad para el sector eléctrico, pero sí se deben reforzar los programas académicos ya existentes, mediante la incorporación de competencias relacionadas con las tendencias tecnológicas del sector o las brechas de pertinencia que manifestaron algunas empresas durante la caracterización del mercado laboral.

Este hallazgo guarda coherencia con los análisis realizados para los países seleccionados en este trabajo, Alemania, Estados Unidos y Reino Unido, puesto que se identificó, particularmente para Alemania y Estados Unidos que el número de programas exclusivo de energías renovables no es considerablemente mayor a los programas existentes en Colombia, especialmente teniendo en cuenta el tamaño de los países. Sin embargo, se enfocan en incluir en los programas de formación de ciencias básicas las líneas de énfasis o investigación de energías renovables. Incluso Alemania lo menciona como una estrategia clave en el desarrollo del sector de energías renovables.

¹¹ Para mayor detalle sobre las competencias y cargos nuevos que se requerirá en el sector eléctrico con la entrada de las energías renovables, revisar el capítulo del mercado laboral del sector del Informe Marco Nacional de Cualificaciones sector Electricidad y Electrónico elaborado por el Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET) en el marco del proyecto Marco Nacional de Cualificaciones de Colombia del Ministerio de Educación Nacional (2022). https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2021-08/cartilla-sector-electricidad.pdf

Según las entrevistas realizadas a los empresarios en el marco del proyecto de Marco Nacional de Cualificaciones para la definición de las cualificaciones del sector eléctrico, existen brechas de calidad y pertinencia. A continuación, se mencionarán algunas de las brechas identificadas.

Tabla 5

Brechas de capital humano en el sector eléctrico

Ocupación	Brecha de calidad	Brecha de pertinencia
Directores y gerentes generales	Deficientes habilidades para la gestión del talento humano.	No se identificaron brechas
	Dificultades en la capacidad para definir y establecer planes y políticas de crecimiento y desarrollo de proyectos a gran escala en el sector	No se identificaron brechas.
	Problemas asociados al pensamiento crítico, en la planeación, proyección, diseño, construcción, selección e instalación y puesta en funcionamiento de sistemas eléctricos requeridos por los diferentes sectores de la economía	No se identificaron brechas.
Directores de investigación y desarrollo	Bajos conocimientos asociados a la capacidad de evaluar con criterios financieros, técnicos, económicos, sociales y de protección del medio ambiente, los proyectos y obras de generación, transporte, distribución y consumo de energía eléctrica	Necesidad de conocimientos de orden económico con el fin de analizar y proyectar correctamente la oferta y la demanda.
Ingenieros electricistas	Dificultades para identificar las exigencias del mercado en materia de sostenibilidad.	Necesidad de conocimientos asociados a prácticas de sostenibilidad y gestión medio ambiental de proyectos.
	Conocimientos insuficientes en mercados de energía, en marco regulatorio y entorno de negocio	No se identificaron brechas

Nota. De “Marco Nacional de Cualificaciones: electricidad y electrónica. Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET)”, por Álvarez, Castro, Chica, Cruz, Montoya, Naranjo, Serna & Velásquez, 2019.

En síntesis, el análisis del mercado laboral presentado en el Marco Nacional de Cualificaciones (Álvarez et al., 2019), muestra, por una parte, las tendencias que implican la necesidad de nuevos conocimientos, lo que modifica cargos existentes y abre la posibilidad a nuevos cargos: i) en el corto plazo: aerogeneradores de grandes tamaños, sistemas de concentración fotovoltaica, componentes fotovoltaicos para edificaciones, nuevos modelos de comercialización y uso racional y eficiente de la energía, por mencionar solo algunos. ii) en el mediano plazo: centrales solares termoeléctricas, mareomotriz, energía oceánica y iii) en el largo plazo: geotérmica.

Igualmente, importante señalar que se identifica la necesidad de desarrollar competencias nuevas y también, la necesidad de cerrar las brechas de calidad y pertinencia en los programas ya existentes. Algunas de las nuevas demandas laborales son profesionales como mecánico de vehículos eléctricos, profesional en generación y distribución, ingeniero de energías limpias, coordinador de eficiencia energética y administrador de sistemas energéticos. En competencias nuevas que requiere el mercado están la evaluación técnica y financiera de proyectos, normatividad asociada a organizaciones de ER, optimización de procesos de producción y generación. Respecto al cierre de brechas de pertinencia y calidad, caben resaltar que se debe fortalecer los conocimientos en gestión del talento humano, conocimiento del entorno del negocio, exigencias del mercado en materia de sostenibilidad y pensamiento crítico asociado a las fases de los proyectos de energía.

8. Consulta a expertos sobre la educación superior en el campo de las energías renovables en el marco de la transición energética en Colombia, al 2034

Con el objetivo de comprender las condiciones actuales del sistema de educación superior en energías renovables en Colombia, en relación con la formación e investigación, y proponer estrategias para impulsar la transición energética al 2034, se consideró crucial explorar la percepción y experiencias de expertos clave en el sector energético, educativo y de investigación.

La entrevista semiestructurada en profundidad es una herramienta ideal para conocer y comparar las visiones y opiniones de los expertos a través de un diálogo flexible y abierto. Esta técnica permite obtener información especializada y actualizada, explorar temas y subtemas en profundidad, identificar patrones, tendencias emergentes, obtener recomendaciones, y sugerencias de los expertos para abordar los desafíos y oportunidades en el área.

Se indagó sobre la importancia del sistema de educación superior colombiano en la transición energética y estrategias para fortalecer su capacidad que permita impulsar y fortalecer la transición energética en los próximos 10 años. Para ello, se consultó sobre los desafíos que enfrenta el sistema educativo en favor de promover la transición energética, las estrategias efectivas para desarrollar capacidades en energías renovables en el marco de la educación superior, las áreas prioritarias de conocimiento en energías renovables, las habilidades esenciales para profesionales en energías renovables, la relación entre la academia y la sociedad para promover la transición

energética, y el rol del gobierno en el fortalecimiento de la educación superior para la transición energética.

El criterio de selección de los entrevistados se basó en su experiencia y conocimiento en el sector energético, así como su posición de liderazgo en instituciones relevantes, reconocimiento académico, experiencia en políticas y planificación energética, y experiencia docente en educación superior.

8.1. Expertos

Los expertos que participaron de este ejercicio son:

Johanna Castellanos: actual subdirectora de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) de Colombia. Cuenta con un doctorado en Ingeniería con énfasis en energía y una maestría en Ingeniería electrónica de la Universidad Pontificia Javeriana. Tiene una trayectoria académica como profesora e investigadora en la Universidad Industrial de Santander, Universidad Pontificia Javeriana, y la Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI). Anteriormente, se desempeñó como asesora del Ministerio de Minas y Energía como líder de la transición energética justa.

Yesid Ojeda Papagayo: Cuenta con casi 30 años de experiencia como asesor en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (antes Colciencias). Entre 2016 y el 2020 fue asesor del Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Energía y Minería. Es ingeniero químico con una maestría en administración.

Ricardo Moreno: es el director del nuevo programa de Ingeniería en Energía Inteligente de la Universidad Icesi en Cali. Cuenta con un doctorado en Ingeniería de la Universidad de los Andes y una maestría en ingeniería eléctrica de la misma universidad.

Se ha desempeñado como consultor y asesor en energías renovables y mercados de energía eléctrica para organizaciones como GEB, USAID, Celsia, Kinetrics, entre otras.

Nicanor Quijano: profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes. Cuenta con una maestría y un doctorado en Ingeniería Eléctrica e Informática de The Ohio State University. Actualmente es director del grupo de investigación en automatización y producción (GIAP, UAndes) y, editor asociado de la IEEE Transactions on Control Systems Technology, del Journal of Modern Power Systems and Clean Energy y de Energy Systems.

8.2. Instrumento de investigación

Método prospectivo: Opinión de expertos – Entrevista

Procedimiento: entrevista semiestructurada en profundidad

Tiempo estimado: 30 minutos.

Preguntas:

1. ¿Cuál es la importancia del sistema de educación superior colombiano para impulsar y fortalecer la transición energética en los próximos 10 años?
2. ¿Cuáles considera que son los principales desafíos que enfrenta el sistema de educación superior colombiano para impulsar la transición energética?
3. Desde las instituciones de educación superior ¿Cuáles considera que serían las tres estrategias más efectivas para crear y fortalecer las capacidades en energías renovables?

4. ¿Qué oferta de programas de educación superior se requieren diseñar en los próximos años para atender las necesidades y demandas de la transición energética en Colombia?
5. ¿Qué áreas específicas de conocimiento dentro de las energías renovables considera prioritarias para el desarrollo de programas educativos en Colombia?
Por ejemplo: energía eólica, energía solar, Geotermia
6. ¿Qué habilidades y competencias considera esenciales para los futuros profesionales en el campo de las energías renovables en Colombia?
7. ¿Cómo cree que debería ser la relación entre la academia y los demás sectores de la sociedad para crear un ambiente propicio que permita el desarrollo del conocimiento, la innovación y la transferencia de tecnología que promueva la transición energética?
8. En su opinión, ¿cuál debería ser el papel del gobierno en el fortalecimiento de la educación superior para que facilite la transición energética?
9. ¿Qué medidas concretas sugiere para que las instituciones de educación superior se conviertan en impulsores de la transición energética en Colombia?

8.3. Análisis de las respuestas

En este apartado, se presenta un análisis detallado de las respuestas obtenidas durante las entrevistas. La información se ha ordenado en subcategorías según las preguntas de investigación diseñadas para la entrevista, destacando los aportes más relevantes de los expertos.

Importancia y rol del sistema de educación superior colombiano para impulsar y fortalecer la transición energética en los próximos 10 años

La transición energética en Colombia es un proceso complejo que requiere abordarse con un enfoque integral y multidimensional. Johanna Castellanos menciona, "la transición energética es una transformación no solo tecnológica, sino que es una transformación productiva y social". En este sentido, la educación superior juega un papel crucial en la formación de profesionales capaces de abordar los desafíos de la transición energética, considerando sus múltiples dimensiones. Castellanos, menciona que la Transición Energética Justa, tiene entre sus pilares ser intensiva en conocimiento, para ello debe actuar de forma articulada con la academia, la investigación y la sociedad civil.

Para los expertos consultados la educación superior es importante para la transición energética, independientemente del área de estudio. En primer lugar, porque tiene el potencial de sensibilizar a los estudiantes sobre la compleja realidad de Colombia en todas sus dimensiones: ambiental, política, normativa, socioeconómica, energética y de conflicto social y armado. En segundo lugar, porque genera investigación e innovación para el desarrollo de tecnologías propias, y, además, brinda las herramientas para abordar los desafíos económicos y sociales asociados a la transición energética. Esto es particularmente relevante en un país como Colombia, cuya economía depende en gran medida de los combustibles fósiles, tanto a nivel nacional (por el impacto fiscal) como en numerosas economías locales.

Yesid Ojeda enfatiza la importancia de "formar profesionales de muy alto nivel que puedan soportar la fortaleza del sistema energético colombiano". Esto implica formar capital humano calificado en áreas relacionadas con la energía y realizar investigación y

desarrollo en tecnologías limpias y renovables. Por su parte, Ricardo Moreno considera que la transición energética "exige una mirada amplia de varias disciplinas, no solo de la ingeniería sino de otros campos de conocimiento. De esa manera, el sector educativo tiene la oportunidad de formar líderes para los desafíos de la transición energética, desafíos financieros, sociales, etcétera".

El profesor Nicanor Quijano, se refiere a que las instituciones de educación superior tienen dos obligaciones: primera, "la formación de base para las personas que van a salir a trabajar, ya sean como ingenieros, economistas, de las ciencias sociales." La segunda obligación, es la formación de alto nivel, a la cual el país debería apostarle más, esta formación de alto nivel se divide en dos partes: i) las maestrías que permiten la integración de varias disciplinas, y ii) los doctorados, que permiten el estudio a fondo de los temas.

Principales desafíos que enfrenta el sistema de educación superior colombiano para impulsar la transición energética

Los expertos consultados coinciden en que el sistema de educación superior colombiano enfrenta grandes desafíos para impulsar la transición energética. Johanna Castellanos, considera que los principales desafíos son: primero, "la formación de profesionales que van a trabajar en estos campos de la transición". Segundo, que los estudiantes comprendan la necesidad de cambio del patrón energético, "pero no solo en las ingenierías porque la transición no solo es tecnológica, es decir, se requieren otros perfiles en las ciencias económicas, sociales y ambientales."

Otro desafío importante es lograr la colaboración entre la academia, la industria y el gobierno para lograr una transición energética justa y sostenible. "Para lograr a 2050

90 GW de energía renovable, es decir, quintuplicar la participación de energía renovable de lo que actualmente se tienen en la matriz energética, se debe aumentar la capacidad instalada. Para lograr esto se debe fortalecer la industria de manera que se desarrolle una tecnología propia y para eso se necesita la participación del gobierno, de las instituciones de educación superior y las instituciones de formación para el trabajo porque hoy día no hay personal suficiente para todo lo que se requiere.”

Es importante "no simplemente generar currículos por generarlos o hacer investigación por la investigación", sino que esta debe responder a las necesidades de la industria. Además, "las empresas deben tener sus propios programas de formación, aquí también encuentran un apoyo en la academia." Se debe fortalecer el conocimiento normativo enmarcado en las agendas políticas nacionales e internacionales en este tema, y las necesidades socioambientales y de la industria. Por otro lado, Johanna Castellanos menciona que "el tema de recursos" es un desafío grave o importante, ya que "todo esto se hace con recursos y no se cuenta muchas veces con ellos".

Castellanos y Quijano comparten la idea de que Colombia debería estar en la capacidad de producir nuevas tecnologías y no adoptar tecnologías desde otros países. Quijano menciona "Tenemos gente con capacidades para hacer los desarrollos tecnológicos, pero muchas veces los recursos están diseñados para que las personas con estas capacidades terminen por irse del país".

Por otra parte, Yesid Ojeda menciona entre los desafíos la falta de interés por parte de los jóvenes en carreras relacionadas con la ingeniería y la energía, disminución en la matrícula de estudiantes en estas carreras, necesidad de centros de investigación más consolidados en el sector energético, dificultad para atraer y retener a buenos

estudiantes en programas de maestría y doctorado. Además, se destaca la necesidad de que el gobierno establezca líneas de investigación a mediano y largo plazo, con el objetivo de proporcionar estabilidad y tranquilidad a las universidades en sus programas de investigación, de manera que facilite el desarrollo sostenido de trabajos de maestría y doctorado, y, además, fomente la integración de estas investigaciones en los programas de pregrado a través de semilleros de investigación.

Yesid, cierra diciendo que se requiere mayor financiación y alianzas con el sector industrial, “para dar un parte de tranquilidad a las personas de que si entran a estudiar una carrera a futuro van a ser demandados laboralmente” Otra preocupación es la fuga de cerebros.

Ricardo Moreno, considera que el principal desafío es resolver el "cómo" incluir en los planes de estudio los temas de cambio climático y transición energética, de manera que se preparen a los estudiantes para abordar estos desafíos de manera efectiva. Además, destaca que "no es tan evidente y tal vez no hemos hecho el esfuerzo (el sistema de educación colombiano) de incluir esto dentro de los procesos de formación, de tal manera que un recién graduado en Colombia conozca estos desafíos y pueda incluso "identificar su rol profesional, ético y como ciudadano". Moreno dice “este es un desafío que exige repensarnos los planes de estudio principalmente.”

Nicanor, por su parte, menciona que la academia ya está muy saturada de personal con alto nivel de formación, de manera que lo que se requiere son más doctores, es decir, personal con alto nivel de formación en cargos importantes de decisión, tanto en el sector público como el sector privado.

Estrategias más efectivas para crear y fortalecer las capacidades en energías renovables

Las instituciones de educación superior tienen un papel fundamental en la creación y fortalecimiento de capacidades en energías renovables. Para lograrlo, Johanna Castellanos sugiere como estrategia efectiva el crear y modificar programas de formación especializados en energías renovables en todas las áreas del conocimiento “ya que la energía es un tema transversal”. En ese sentido, “revisar los currículos de todos los programas e incluir materias de tipo energético” en las áreas de conocimiento técnico (eléctrica, electrónica, mecatrónica, sistemas), económico y social. Otra estrategia muy efectiva es desarrollar proyectos conjuntos interdisciplinarios entre diferentes carreras, “esto ayudaría mucho a prepararse a la realidad de la transición energética.”

Yesid Ojeda Papagayo opina que “la articulación entre Estado, empresa y academia son fundamentales” para acordar líneas de trabajo de mediano y largo plazo que le den tranquilidad, por un lado, a los estudiantes de que van a tener un proyecto de trabajo claro sobre el cual trabajar y, por otro lado, también a las empresas y al gobierno para financiar líneas de investigación y proyectos que logren dar el vuelco en materia energética.

Ricardo Moreno considera que una de las estrategias más efectivas para crear y fortalecer las capacidades en energías renovables desde las instituciones de educación superior son: “La relación que debe tener la academia con organizaciones del sector público y el sector privado, lo que se conoce como cuádruple hélice: industria, Estado, academia y sociedad civil”, ya que “allí hay una oportunidad valiosísima, en articular

esfuerzos desde las universidades y los demás sectores para conformar unas organizaciones más fuertes que permitan repensar los modelos de ciudad, los modelos de gobernanza, los modelos educativos... para afrontar estos desafíos que nos incluyen a todos que son la transición energética y el cambio climático.”

Profesiones y áreas específicas de conocimiento dentro de las energías renovables prioritarias para el desarrollo de programas educativos en Colombia

Para el desarrollo de programas educativos en energías renovables en Colombia, Johanna Castellanos considera prioritarias las áreas de conocimiento relacionadas con la energía solar y la energía eólica, ya que son "las más prometedoras y con mayor potencial de crecimiento" en el país. También destaca la importancia de incluir la geotermia y la eficiencia energética para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el cambio climático.

Yesid Ojeda Papagayo, menciona que para la transición energética se requiere una variedad de profesionales ingenieros eléctricos, electrónicos, mecánicos, químicos, de sistemas porque todo el desarrollo de redes inteligentes lo va a requerir. Sumado a las interacciones que se deben tener con otro tipo de carreras como ciencias biológicas por el manejo de biomasa. En términos generales, las cadenas productivas que se pueden generar son bastante grandes, hay muchas oportunidades para la ingeniería para enfrentar los retos a sistemas de generación distribuida, “cada vez vamos a estar hablando más de soluciones locales de mediana y pequeña escala que obviamente va a dar la oportunidad de nuevos negocios que deben ser soportados con conocimiento.”

Por otra parte, Ricardo Moreno considera que “los problemas de la sostenibilidad relacionados con la energía, son problemas transversales que van más allá de los límites

de la ingeniería”. Por tanto, “hay un espacio desde todas las profesiones: la economía, las finanzas, el mercadeo, las ciencias humanas tienen mucho que aportar en todos los desafíos de la transición energética”. “Hay una concepción de que el sector energético es un sector muy técnico, pero realmente participan muchas profesiones: economistas, sociólogos, psicólogos, abogados”. De manera, que hay oportunidad en muchos sectores del conocimiento. Sin embargo, “el sector educativo desafortunadamente todavía está muy parcializado, demasiado disciplinar” lo que impide identificar cómo participar de estos desafíos que exigen abordarse con una mirada mucho más multidisciplinar.

Nicanor Quijano, menciona la importancia desde la parte eléctrica, mecánica, química, civil, ingeniería en general. “Podemos aprovechar nuestras ventajas hídricas, para ello se necesitan ingenieros cívicos, no todo puede ser paneles solares y energía eólica”. “La visión tiene que ser sistémica y esto lo da la ingeniería, que tienen la visualización del sistema dinámico, los sistemas de control, la optimización, es fundamental contar con ingenieros eléctricos y electrónicos para el desarrollo de convertidores de potencia”. Nicanor resalta que se necesita la formación de este tipo de profesionales, “pero para que se queden en el país y no tener que seguir importando la tecnología”.

Adicionalmente, “si queremos llegar a las comunidades y resolver los retos de la transición, por ejemplo, de las personas en el Cesar que se van a quedar sin trabajo... Se necesita una visión sistémica para ellos se necesitan otro tipo de profesionales como economistas, antropólogos, ciencias sociales, en general”.

Habilidades y competencias esenciales para los futuros profesionales en el campo de las energías renovables en Colombia

Para Johanna Castellanos, los futuros profesionales en el campo de las energías renovables en Colombia deben conocer de analítica de datos, políticas energéticas y habilidades blandas como pensamiento crítico y resolución de problemas.

Yesid Ojeda Papagayo opina que los futuros profesionales en el campo de las energías renovables en Colombia deben desarrollar habilidades y competencias esenciales como "Gestión de proyectos" porque eso implica saber trabajar con equipos interdisciplinarios, habilidades financieras, conocimiento en políticas energéticas, regulación energética, conocimientos de las fuentes de financiación (convocatoria del Sistema Generales de regalías, convocatoria del ministerio de ciencias, recursos internacionales).

Yesid, también menciona la importancia del pensamiento crítico, la convergencia tecnológica que es importante por ser un habilitante para una transición energética exitosa. Se requiere tanto el profesional especializado como el profesional con un conocimiento general que tenga una mirada transversal.

Ricardo Moreno considera que los futuros profesionales en el campo de las energías renovables en Colombia deben contar con "pensamiento crítico, comunicación efectiva, capacidad de innovación y gestión de proyectos". El tema de gestión de proyectos es fundamental porque "el sector de energía se entiende mucho mejor desde los proyectos porque incluyen diseño, regulación, aspectos financieros, sociales, ambientales" y es "necesario bajar esto al pensum y a competencias reales". El programa de Ingeniería en Energía Inteligente de la Universidad Icesi en Cali, es el primero en

ingeniería en Colombia que declara el enfoque de proyectos dentro de su plan de estudios.

Relación entre la academia y los demás sectores de la sociedad para crear un ambiente propicio que permita el desarrollo del conocimiento, la innovación y la transferencia de tecnología que promueva la transición energética

La relación entre la academia y los demás sectores de la sociedad es fundamental para crear un ambiente propicio que permita el desarrollo del conocimiento, la innovación y la transferencia de tecnología que promueva la transición energética. Johanna Castellanos menciona que muchas veces la academia se encierra en sus investigaciones y olvida para quién son estas investigaciones. Hace falta difusión del conocimiento en el territorio, es decir, apropiación social del conocimiento, por tanto, debería existir una métrica que involucre la enseñanza y la apropiación del conocimiento por parte de la sociedad. “Toda vez que no es suficiente con que las personas que estudien tengan el conocimiento, sino que el territorio también debe de tener unos conocimientos generales”.

Por el lado de la investigación, dice Castellanos, es importante primero evitar la fuga de cerebros, segundo, las investigaciones estén aplicadas especialmente en nuestro entorno y tercero, se comuniquen los resultados de la investigación en territorios. “En síntesis, una relación más cercana que generen investigaciones de alto impacto en los territorios”.

Yesid Ojeda Papagayo considera que la colaboración estrecha y el trabajo conjunto son fundamentales para asegurar que la investigación y el desarrollo sean relevantes y aplicables en la práctica. Ricardo Moreno opina que lograr una relación entre

la academia y los demás sectores como la industria es un tema principalmente de voluntades. Desde el punto de vista de las universidades, una voluntad por entender que sucede afuera, es decir, una comprensión genuina de entender ¿Cuáles son los negocios de las empresas? ¿Quiénes son los clientes? ¿Cuáles son los mercados? Por otro lado, está la voluntad de las empresas de ver en las universidades aliados con los cuales pueden resolver retos.

Moreno destaca la importancia de superar los prejuicios entre la academia y la industria y establecer alianzas que permitan la transferencia de tecnología y la innovación. Algunas de las estrategias en la construcción de estas relaciones es la investigación aplicada y conjunta en la que tanto las universidades como las empresas sean financiadores y tener objetivos de corto plazo: desarrollo tecnológico, consultoría de mercados, alianzas para aplicar a convocatorias.

Quijano menciona que es muy importante tener personas de alto nivel de formación en las empresas para que puedan entender la importancia de la conexión y articulación con las universidades. “No hay suficientes incentivos para que las empresas se acerquen a las universidades, para esto es importante el apoyo del Estado que generen incentivos tributarios, por ejemplo”.

Rol del gobierno en el fortalecimiento de la educación superior para que facilite la transición energética

Johanna Castellanos considera que la financiación es un tema muy importante, pero no es solo la financiación, sino que el gobierno debe orientar hacia dónde dirigir esa financiación porque la academia muchas veces no tiene el panorama total. Debería de haber una articulación entre las universidades y los Ministerios en los que se pone los

recursos para la transición energética. En esa misma línea de financiación están los incentivos para lograr ese impacto económico en las instituciones de educación superior, una vía es la inversión directa a los grupos de investigación (convocatorias) y la otra vía es a través de industria mediante la generación de incentivos fiscales y tributarios.

También destaca el rol del gobierno de "Apoyar la articulación de las universidades con empresas y la sociedad civil", al convertirse este en puente para proponer a las empresas y a la sociedad el trabajo articulado con la academia.

Yesid Ojeda Papagayo opina que el gobierno, en el campo de la ciencia, debe dar señales claras sobre las líneas de trabajo en el mediano y largo plazo, para que todas las entidades se alineen para ofrecer desarrollos tecnológicos muy contundentes al plazo de dos a cuatro años. Tiene el conocimiento para soportar la creación de industrias locales que incorporen desarrollo tecnológico fruto del conocimiento local basados en fuentes de energía no convencionales.

Ricardo Moreno cree que el papel del gobierno es "fortalecer el Ministerio de ciencia y tecnología dado que por esta institución pasan gran parte de los desafíos de la transición. Así mismo, el Ministerio de Minas y energía también juega un rol muy importante, y aunque ha intentado hacer trabajo conjunto con el sector educativo, todavía se mantiene el prejuicio del sector educativo de que solo hace tesis, clases y donde hay académicos alejados de la realidad". Es decir, que también es importante que desde las instituciones de gobierno se derrumbe este prejuicio del sector académico.

Igualmente, "el gobierno debería ampliar los lineamientos de las convocatorias para la gestión de recursos en innovación, ciencia y tecnología ya que actualmente son muy rígidos y limitan la participación", señala Moreno.

Nicanor menciona que desde el Estado se deben generar los incentivos y beneficios tributarios para que las empresas se acerquen a las universidades y apoyen al financiamiento de la formación y la investigación.

Medidas concretas para que las instituciones de educación superior se conviertan en impulsores de la transición energética en Colombia

Para que las instituciones de educación superior se conviertan en impulsores de la transición energética en Colombia, Johanna Castellanos sugiere que las instituciones de educación superior revisen los currículos e incluyan contenidos específicos. Por ejemplo, en el caso de los doctorados todavía son muy genéricos, pero si se crean doctorados específicos se pueden lograr importantes resultados. En segundo lugar, Castellanos menciona que es importante fortalecer la investigación y el desarrollo y para eso son indispensables las alianzas: las instituciones y sus grupos de investigación deben buscar recursos, incluso creando redes con entidades internacionales. Además, destaca que es fundamental que se establezcan alianzas estratégicas con la industria y el gobierno para que esa formación pueda tener un impacto real en la transición.

Castellanos, también hace referencia a las estrategias de divulgación hacia la ciudadanía sobre todo el tema de la transición energética justa, por ejemplo, “si se logra concientizar a las personas se pueden lograr cambios modales en la eficiencia energética, allí la academia tiene un rol fundamental porque son los llamados a enseñar”.

Yesid Ojeda Papagayo menciona que los cursos de investigación de posgrados deberían estar alineados con estas grandes apuestas de país, por ejemplo, con la política de reindustrialización, con las prioridades del sector energético. Las universidades deberían sacar líneas de investigación alineadas con dichas apuestas, y acoplarse a lo

que ha estipulado el gobierno. Ojeda describe una iniciativa pionera en un país latinoamericano, en el que se lanzaron iniciativas para desarrollar el primer electrolizador nacional para impulsar la industria del hidrógeno verde, para soportar la industria de hidrógeno verde y todos los sectores de la sociedad como el sector académico, la industria y las instituciones de gobierno se movilizaron para trabajar en este objetivo común. Este ejemplo ilustra cómo la colaboración intersectorial puede impulsar avances significativos en tecnologías clave para la transición energética.

Ojeda hace mención a los resultados de la Misión de Sabios, documento que también se analizó en esta investigación y rescata a partir de allí que “es claro que el país tiene muchas posibilidades para el desarrollo tecnológico, pero toca es atreverse”. Desde el Ministerio de Ciencias y tecnologías, esto implica sacar convocatorias e incentivos que apunten a lograr estos grandes programas y apuestas de país.

Ricardo Moreno considera que las instituciones de educación superior deben “Involucrarse en la formación de los líderes de la transformación energética”, estos líderes deben contar con competencias del siglo XXI, pensamiento crítico y una visión más amplia, lo que exige repensar las universidades internamente para formar estos líderes de la transición. Moreno, hace alusión a que actualmente, en el campo de las ingenierías, “muchas universidades tienen programas de cómo funcionaba la ingeniería en el siglo XX y los retos del siglo XXI, ya no exigen el ingeniero más tradicional, sino que están exigiendo un perfil con pensamiento crítico, gestión de proyectos, habilidades para comunicarse, competencias para reconocer otros aspectos como los sociales y ambientales.”

Moreno, plantea la necesidad de que desde las grandes universidades del país (que son principalmente públicas), las facultades de ingenierías cambien la oferta académica y que respondan a los desafíos a los que nos hemos estado refiriendo como es el cambio climático, transición energética y conservación y protección de la biodiversidad.

Nicanor Quijano menciona que una transición energética toma tiempo, no puede ser abrupta, hay que planificar y definir los recursos que se necesitan. No se puede olvidar lo que implica la transición para las personas y los territorios que se han dedicado principalmente a la actividad petrolera, en ese sentido se debe tener una responsabilidad.

Entre las medidas concretas, Nicanor considera que la formación de alto nivel, es decir, maestría y doctorado es fundamental. “Pregrado puede ver un montón, pero se necesita alto nivel”. “Se necesita más gente que permanezca en el país y que permeen las industrias y el Estado, porque ahí es donde están los problemas y allí es donde se deben plantear las soluciones entre todos”. “Que las universidades sean parte del desarrollo de los pilotos” y buscar múltiples vectores energéticos en este problema, es decir, “una visión más amplia que paneles solares”, tenemos que desarrollar microrredes urbanas, no solo pensar que la transición es en las zonas no interconectadas. Las universidades deberían estar involucradas en la financiación y en ese sentido, en los modelos de negocios a futuro como el caso de las juntas de acción comunal.

Quijano también resalta la importancia de que las universidades se integren e interactúen con instituciones técnicas como el SENA. Por último, Quijano y Moreno enfatizan sobre la importancia del apoyo conjunto de las universidades y el Estado a los estudiantes y egresados que deseen formar empresa, señalando que no basta con

ofrecer una materia de innovación al final del programa académico. Este apoyo y formación debe ir más allá, abarcando un enfoque integral y continuo a lo largo de toda la experiencia universitaria. Por su parte, el Estado debe complementar estos esfuerzos con políticas que faciliten la creación de empresas, ofrezcan incentivos fiscales y proporcionen acceso a financiamiento para jóvenes emprendedores.

A continuación, en la tabla 6 se presenta una síntesis del análisis de las entrevistas realizadas a expertos.

Tabla 6.

Subcategorías de análisis

Subcategorías de Análisis	Respuestas
1. Importancia del sistema de educación superior en la transición energética	La educación superior es fundamental para impulsar y fortalecer la transición energética en Colombia. Un país sin desarrollo, investigación y fortalecimiento de capacidades no puede avanzar. La educación superior juega un papel crucial en formar profesionales capaces de abordar los desafíos de la transición energética, concientizar a los estudiantes sobre la realidad energética y ambiental, y desarrollar investigación e innovación en tecnologías limpias y sostenibles. Formación de alto nivel.
2. Desafíos del sistema de educación superior	Falta de interés por parte de los jóvenes en carreras relacionadas con la ingeniería y la energía. Disminución en la matrícula de estudiantes en estas carreras. Necesidad de centros de investigación más consolidados en el sector energético. Dificultad para atraer y retener a buenos estudiantes en programas de maestría y doctorado. Necesidad de líneas de trabajo de medio y largo plazo para garantizar la tranquilidad de las entidades que trabajan en investigación. Falta de integración de la sostenibilidad en los planes de estudio. Falta de colaboración y coordinación entre instituciones de educación superior y sectores. Falta de capacitación y formación de docentes y personal en energías renovables. Falta de recursos y financiamiento para implementar programas de transición energética. Fuga de cerebros. Los estudiantes comprendan la necesidad de cambio del patrón

Subcategorías de Análisis	Respuestas
3. Estrategias institucionales para fortalecer capacidades en energías renovables	energético. Resolver el "cómo" incluir en los planes de estudio los temas de cambio climático y transición energética. Formar capacidades de alto nivel en los tomadores de decisión. Integrar la temática energética en los planes de estudio independiente del campo de conocimiento. Desarrollar proyectos conjuntos interdisciplinarios entre diferentes carreras. Articulación entre las Instituciones de Educación Superior y los demás sectores, la cuádruple hélice: industria, gobierno, sociedad civil y academia, para conformar unas organizaciones más fuertes que permitan repensar los modelos de ciudad, los modelos de gobernanza, los modelos educativos.
4. Profesiones y áreas prioritarias de conocimiento en energías renovables	Energía solar. Energía eólica. Eficiencia energética. Geotermia. Ciencias biológicas. Ingenierías (todas) y todas las disciplinas: ciencias sociales, economistas, administradores, abogados, etcétera.
5. Habilidades y competencias para profesionales en energías renovables	Conocimientos técnicos sólidos. Analítica de datos. Políticas energéticas. Habilidades financieras. Gestión de proyectos porque el sector funciona bajo la lógica de proyectos. Capacidad para trabajar de manera interdisciplinaria y en equipo. Visión a largo plazo. Capacidad para innovar y emprender. Habilidades para trabajar en equipo. Comprensión de la sostenibilidad y el impacto ambiental.

Subcategorías de Análisis	Respuestas
6. Relación academia-sociedad para la transición energética	Pensamiento crítico. Comunicación efectiva. Resolución de problemas. Compartir conocimientos, recursos y experiencias. Fomentar la cultura de la innovación. Apoyar la creación de startups y empresas de base tecnológica. Fomentar la participación y conocimiento de la sociedad civil. Desarrollar métricas, para evaluar a las instituciones de educación superior, que involucren la enseñanza y la apropiación del conocimiento por parte de la sociedad y los territorios. Colaboración estrecha y trabajo conjunto para asegurar que la investigación y el desarrollo sean relevantes y aplicables en la realidad. Superar los prejuicios entre la academia y la industria. Generar los incentivos para que las empresas se acerquen a las universidades.
7. Papel del gobierno en el fortalecimiento de la educación superior	Crear políticas y programas que apoyen la formación de talento humano en energías renovables y la investigación en este campo. Invertir en infraestructura y equipamiento para la investigación y el desarrollo. Fortalecer el Ministerio de Ciencia y Tecnología, igualmente el Ministerio de Minas y Energía. Fomentar la articulación y colaboración entre universidades, empresas y sociedad civil. El gobierno debe orientar hacia dónde dirigir la financiación porque tiene el panorama global. Asignar suficientes recursos para apoyar la formación de capital humano y la investigación y el desarrollo tecnológico en este campo, una vía es la inversión directa a los grupos

Subcategorías de Análisis	Respuestas
8. Medidas concretas para que las instituciones de educación superior se conviertan en impulsores de la transición energética	de investigación (convocatorias) y la otra vía es a través de incentivos fiscales y tributarios a la industria. Articular esfuerzos con la academia y la industria para crear un ambiente propicio para la innovación y la transferencia de tecnología. El gobierno debe dar señales claras sobre las líneas de trabajo en el mediano y largo plazo. Ampliar los lineamientos de las convocatorias de investigación para la gestión de recursos en innovación, ciencia y tecnología ya que actualmente son muy rígidos y limitan la participación. Integrar la sostenibilidad en las misiones y visiones de las instituciones de educación superior. Desarrollar programas académicos que aborden la transición energética. Revisar los currículos e incluir contenidos específicos de transición energética y/o energías renovables. Fomentar e invertir en investigación y desarrollo en energías renovables. Los cursos de investigación de posgrados deben estar alineados con las grandes apuestas de país. Crear centros de excelencia en energías renovables. Estrategias de divulgación hacia la ciudadanía sobre la transición energética justa. Fomentar la cultura de la innovación y el emprendimiento. Establecer alianzas estratégicas con la industria, el gobierno y la sociedad civil. Capacitar a profesores y estudiantes en energías renovables. Integrar la sostenibilidad en los planes de estudio. Establecer alianzas con el sector productivo para la transferencia de tecnología. Promover la cultura de la sostenibilidad en los campus universitarios. Ofrecer programas de formación continua en energías renovables. Crear redes con pares internacionales. Desde

Subcategorías de Análisis	Respuestas
	el Ministerio de Ciencias y tecnologías, convocatorias e incentivos alineados con las grandes apuestas de país. Formar en competencias del siglo XXI, pensamiento crítico y una visión de largo plazo. Formación de alto nivel (maestría y doctorado). Evitar la fuga de cerebros. Capital humano de alto nivel en la industria y el Estado. Articulación con instituciones técnicas como el SENA. Apoyo a la formación de empresa.

En síntesis, el sistema de educación superior colombiano enfrenta importantes desafíos para impulsar la transición energética, incluyendo la falta de integración de este tema en los planes de estudio, limitaciones en la investigación y desarrollo, poca financiación y falta de colaboración y coordinación entre instituciones y sectores.

Para superar estos desafíos, es fundamental implementar estrategias específicas, como la integración de la temática energética de manera transversal en todos los planes de estudio, la creación de programas de formación especializados y capacitación, formación de alto nivel, el fomento de la investigación y desarrollo en tecnologías propias, consolidación de la cuádruple hélice: academia, industria, Estado y sociedad civil y la promoción de la cultura de la sostenibilidad.

Es necesario fomentar la innovación y la transferencia de tecnología, y trabajar en conjunto para abordar los desafíos de la transición energética. Finalmente, el gobierno juega un papel importante en el apoyo a la educación superior para facilitar la transición energética, proporcionando recursos y financiamiento, creando políticas y regulaciones que apoyen la transición energética, y promoviendo la innovación y el emprendimiento en energías renovables y sostenibilidad. En este sentido, se destacan las siguientes recomendaciones de los expertos:

Recomendaciones de los expertos:

- Actualizar los currículos para incluir la temática energética y la sostenibilidad, asegurando que los estudiantes tengan una comprensión integral de la transición energética y su impacto en la sociedad.

- Fomentar la investigación orientada a las necesidades de la transición energética, incentivando la colaboración entre académicos, industria y gobierno para desarrollar soluciones innovadoras y sostenibles.
- Colaborar con la industria y el gobierno para lograr una transición energética exitosa, estableciendo alianzas estratégicas que permitan la transferencia de conocimiento y tecnología.
- Invertir en educación e investigación para lograr la transición energética, asignando recursos suficientes para apoyar la formación de profesionales y la investigación en energías renovables.
- Formar en competencias del siglo XXI, pensamiento crítico y una visión de largo plazo.
- Aumentar los programas académicos de formación de alto nivel (maestría y doctorado).
- Implementar la educación basada en proyectos y el enfoque multidisciplinar y transdisciplinar, fomentando la participación activa de los estudiantes en la resolución de problemas complejos relacionados con la transición energética.
- Establecer políticas y regulaciones que apoyen la transición energética, creando un marco normativo que incentive la inversión en energías renovables y la eficiencia energética.
- Fomentar la cultura de la sostenibilidad en la sociedad colombiana, promoviendo la conciencia y la participación ciudadana en la transición energética.

Teniendo en cuenta las mejores prácticas y recomendaciones a nivel internacional sobre la educación superior en energías renovables, el estado de la oferta educativa en

energías renovables en Colombia, el estado actual de la demanda laboral del sector y la prospectiva a corto, mediano y largo plazo, y, por último, las recomendaciones de los expertos. En la siguiente sección, se propone una teoría del cambio para que el sistema de educación superior cree las capacidades formativas y de investigación necesarias en Colombia para impulsar el sector de las energías renovables.

9. Teoría del Cambio: Educación Superior para el Fortalecimiento de Capacidades en el Sector de las Energías Renovables en Colombia

Se analizaron las estrategias implementadas a nivel internacional en el campo de la educación superior para las energías renovables y, se contrastaron con el estado actual de la educación superior en Colombia y el mercado laboral presentado en Marco Nacional de Cualificaciones que indica las necesidades del país en términos del talento humano para el desarrollo de las energías renovables. A partir de esto, se propone en esta sección una teoría del cambio y su respectiva teoría del programa para el fortalecimiento de la Educación Superior, al 2034, que permita impulsar el desarrollo del Sector de Energías Renovables en Colombia. En primer lugar, se define el problema; en segundo lugar, el cambio deseado y posteriormente, se construyen las rutas de cambio con los programas y proyectos que permitirían llegar de la situación actual a la situación deseada. En el apéndice E, se detallan los pasos que se siguieron y que fueron diseñados a partir de la literatura revisada sobre Teoría del Cambio.

9.1. Situación actual

Para definir la situación actual se identifica a partir del tema central, el problema global y se mapean las corrientes causales en función del análisis de datos. En este primer paso no hay una limitación a los problemas del alcance de este trabajo.

Posteriormente, para la teoría del programa se seleccionaron los problemas del alcance del proyecto. A continuación, se plantea el problema global, los problemas clave, subyacentes y los contextuales y posteriormente, se grafican en un árbol de problemas siguiendo la metodología propuesta por Starr & Forno (2016) en el documento de USAID y que se detalla en el Apéndice E.

Problema global: Insuficiente liderazgo del sistema de educación superior en el desarrollo de capacidades de formación para el crecimiento del sector de energías renovables en Colombia.

Problemas clave: Se refiere a las condiciones generales que afectan negativamente en relación al problema global. En el apéndice G se detallan los aspectos que a partir de la literatura y el benchmarking de países se identificaron como una falencia en la educación superior en Colombia y los problemas identificados luego de la revisión de la educación superior en Colombia y las consultas con expertos. Los problemas fueron agrupados y reducidos a los siguientes:

- Falta de profesionales con conocimientos y aptitudes pertinentes y suficientes para responder a las necesidades del mercado y los retos presentes y futuros de la transición energética.
- Los profesionales del campo de la energía no tienen suficientes conocimientos multidisciplinarios que les permita desarrollarse en aspectos más allá de lo técnico: gestión de proyectos, viabilidad financiera, impacto ambiental y social, gestión del talento humano. Además de tener falencias en pensamiento crítico, estratégico y anticipatorio.

- Escasez de profesionales en energías renovables de nivel doctoral, que, por un lado, promuevan la investigación y por otro, la formación.
- Escasez de profesores expertos en nuevas tendencias en tecnologías de energía renovable.
- Insuficiencia en la estructura física, tecnológica y administrativa en las instituciones de educación superior.
- La investigación en energías renovables en Colombia todavía es insuficiente y requiere fortalecerse para mejorar la calidad y pertinencia.
- Desconexión entre los planes de estudio y las necesidades del sector energético.
- Implementación inicial de políticas nacionales para impulsar la transición energética.

Problemas subyacentes: son las causas principales de los problemas clave que a menudo son efectos de otras causas.

- Resistencia al cambio en las estructuras curriculares tradicionales.
- Falta de políticas y planes estratégicos universitarios que promuevan la integración de las energías renovables en la educación superior.
- No hay suficientes programas especializados en energías renovables o con líneas de formación e investigación energías renovables.
- Los programas de energía están enfocados en los aspectos técnicos y dejan de lado los aspectos, ambientales, sociales y económicos.
- Limitado acceso a medios educativos entre ellos libros y laboratorios especializados en energías limpias.

- Baja inversión en investigación y desarrollo relacionado con energías renovables.
- Falta de incentivos para que los profesores se especialicen en energías limpias.
- Limitada colaboración entre universidades y empresas del sector de energías renovables.
- Percepción de que las energías renovables son menos relevantes que los combustibles fósiles.
- Escepticismo sobre la viabilidad económica de las energías renovables.
- Insuficiente la atención en energías renovables en el Marco Nacional de cualificaciones (MNC).

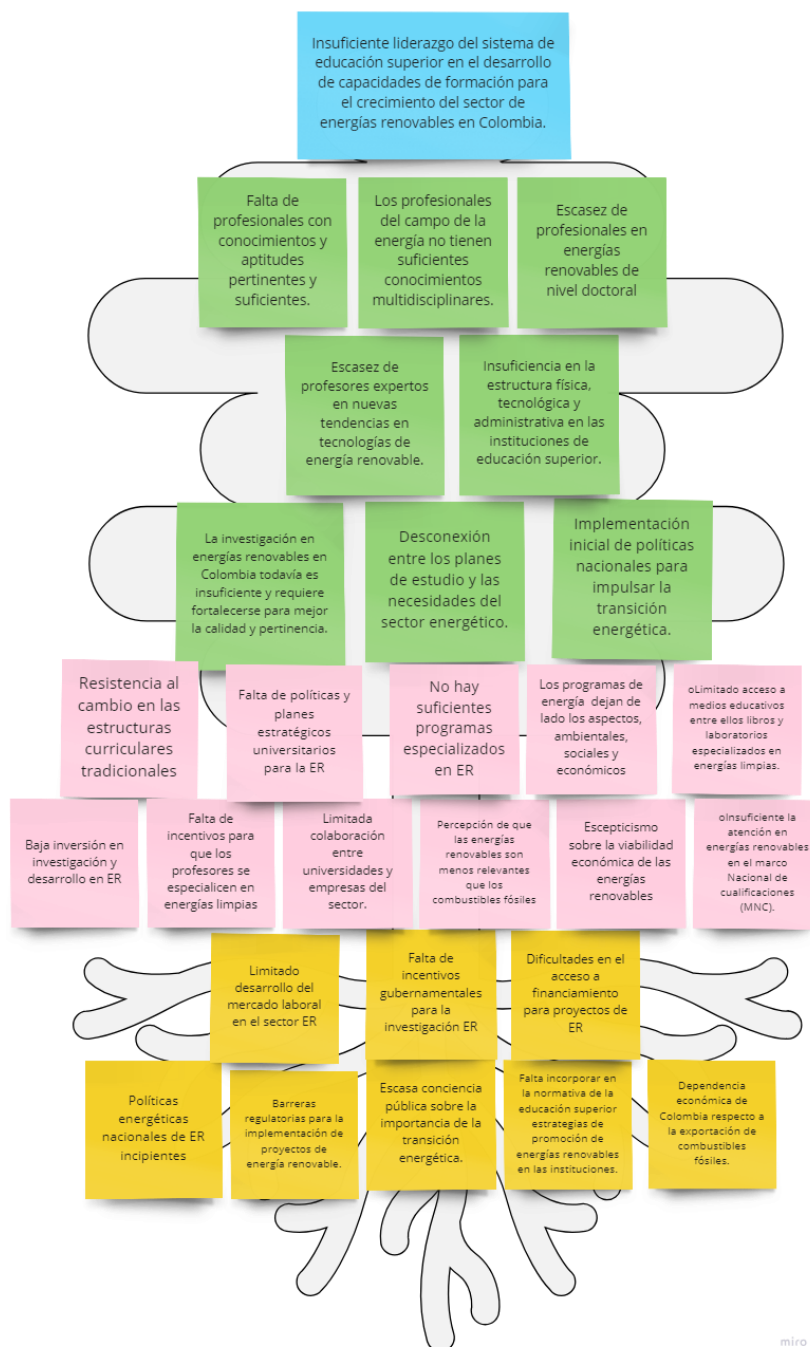
Problemas contextuales: son las condiciones sociales, políticas y medioambientales que contribuyen a las causas subyacentes y, a veces, son el resultado de los problemas clave.

- Políticas energéticas nacionales que aún favorecen los combustibles fósiles o muy incipientes en las energías renovables.
- Limitado desarrollo del mercado laboral en el sector de energías renovables.
- Falta de incentivos gubernamentales para la investigación en energías limpias.
- Dificultades en el acceso a financiamiento para proyectos de energía limpia.
- Dependencia económica de Colombia respecto a la exportación de combustibles fósiles.
- Barreras regulatorias para la implementación de proyectos de energía renovable.
- Escasa conciencia pública sobre la importancia de la transición energética.

- Falta incorporar en la normativa de la educación superior estrategias de promoción de energías renovables en las instituciones.

Figura 25

Árbol de problemas



9.2. Situación deseada

Partiendo del árbol de problemas, se replantean todos los enunciados en términos del cambio deseado. El problema central se convierte en el cambio a largo plazo u objetivo potencial; las causas se transforman en condiciones previas para el cambio o áreas estratégicas potenciales de intervención.

Cambio a largo plazo: El sistema de educación superior lidera el desarrollo de capacidades de formación para el crecimiento del sector de energías renovables en Colombia.

Soluciones Clave:

- Egresados de todos los niveles de formación con altos conocimientos y aptitudes pertinentes y suficientes para responder a las necesidades del mercado y los retos presentes y futuros de la transición energética.

En lo que respecta a la formación técnica, desde el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, entre 2023 y 2028, se diseñarán programas de formación con enfoque para el trabajo y desarrollo humano, que atiendan las necesidades sectoriales relacionados con las FNCER, eficiencia energética, distritos energéticos, transporte sostenible, hidrógeno, y restauración y recuperación ambiental (DNP, 2022)

- Egresados del campo de las energías renovables con conocimientos multidisciplinarios que les permita desenvolverse más allá de los temas técnicos, como es el caso de gestión administrativa, gestión de proyectos, enfoque social y ambiental.

- Aumento en el número de profesores expertos en las nuevas tendencias de las tecnologías de energía renovable.
- Mayor producción científica y de calidad relacionada con ER.
- Proyectos de Innovación abierta.
- Destinación de recursos públicos y privados para la consolidación de la educación superior en ER.
- Alineación efectiva entre los planes de estudio y las necesidades del sector energético.

Estrategias de Cambio

- Implementación de nuevos programas académicos especializados en energías renovables o adecuación de los programas existentes.
- Integración de las energías renovables en la educación superior a través de las políticas y planes estratégicos de las instituciones.
- Incremento significativo en la inversión en investigación y desarrollo relacionado con energías renovables
- Mayor inversión en medios educativos y laboratorios especializados en energías limpias.
- Implementación de sistemas de incentivos para la especialización docente en energías limpias.
- Fortalecimiento de la colaboración entre universidades y empresas del sector de energías renovables.
- Promoción de la percepción de las energías renovables como sector clave para el futuro.

- Difusión de evidencia sobre la viabilidad económica y beneficios de las energías limpias.
- Ajustar el marco de cualificaciones construido por el Ministerio de Educación Nacional para que esté alineado con las políticas nacionales (económicas y ambientales) que promueven el enfoque hacia las energías renovables.

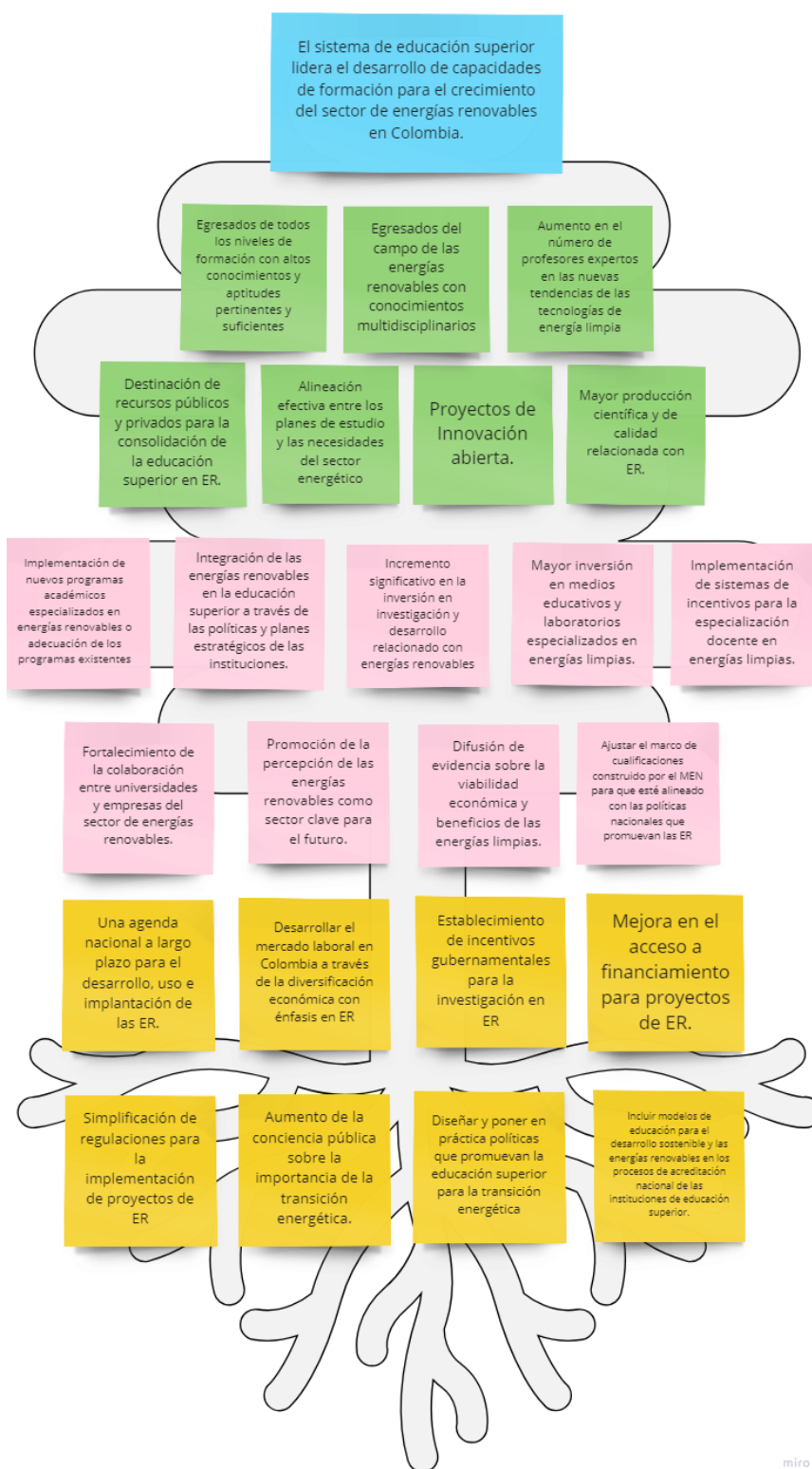
Cambios en el Entorno:

- Una agenda nacional a largo plazo para el desarrollo, uso e implantación de las energías renovables. En el caso de Colombia existe el Plan Energético Nacional, pero este es susceptible de modificación con los cambios de gobierno.
- Desarrollar el mercado laboral en Colombia a través de la diversificación económica con énfasis en energías renovables. Sobre esto se han dictado algunas políticas como el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (Ley 2294 de 2023) y la política de reindustrialización (Conpes 4129 de 2023).
- Establecimiento de incentivos gubernamentales para la investigación en energías renovables.
 - Promover proyectos sobre energías renovables entre los gobiernos departamentales o locales y las universidades.
 - Implementar convocatorias de financiación competitivas y no competitivas para recursos enfocados en energías renovables.
 - Entrega de premios con incentivos financieros a las instituciones de educación superior comprometidas con el desarrollo de energías renovables.
- Mejora en el acceso a financiamiento para proyectos de energía renovable.

- Simplificación de regulaciones para la implementación de proyectos de energía renovable.
- Aumento de la conciencia pública sobre la importancia de la transición energética. Para esto se puede continuar fortaleciendo y aplicando la Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático (ENEFSPCC) que tiene Colombia.
- Diseñar y poner en práctica políticas que promuevan la educación superior para la transición energética. En Colombia, se encuentra la política de investigación e innovación- misión transición energética que se encuentra en ajuste y también la Política de Transición Energética (Conpes 4075 de 2022) que tiene una línea de acción para la investigación aplicada y formación de capital humano para el despliegue de la transición energética. En esa línea, se deben garantizar los mecanismos para que estas políticas cumplan su finalidad.
- Incluir modelos de educación para el desarrollo sostenible y las energías renovables en los procesos de acreditación nacional de las instituciones de educación superior.

Figura 26

Árbol de soluciones



Una vez identificada la situación actual y la situación deseada, se plantea la necesidad de un cambio en la educación superior para formar profesionales altamente capacitados y especializados, generar conocimiento, tecnología e innovación que contribuyan al fortalecimiento del sector de energías renovables en Colombia. La tabla 7 sintetiza el cambio planteado que posteriormente se representa en la teoría del programa.

Tabla 7

Cambio planteado

Situación Actual	Situación deseada	Elementos
Insuficiente liderazgo del sistema de educación superior en el desarrollo de capacidades de formación para el crecimiento del sector de energías renovables en Colombia.	El sistema de educación superior lidera el desarrollo de capacidades de formación para el crecimiento del sector de energías renovables en Colombia.	¿Quién cambia?: Las instituciones de educación superior. ¿Qué cambia?: las capacidades para el desarrollo de las Energías renovables en Colombia. ¿Cómo se mide?: Ver en la siguiente sección: Indicadores de producto Indicadores de resultado Indicadores de impacto

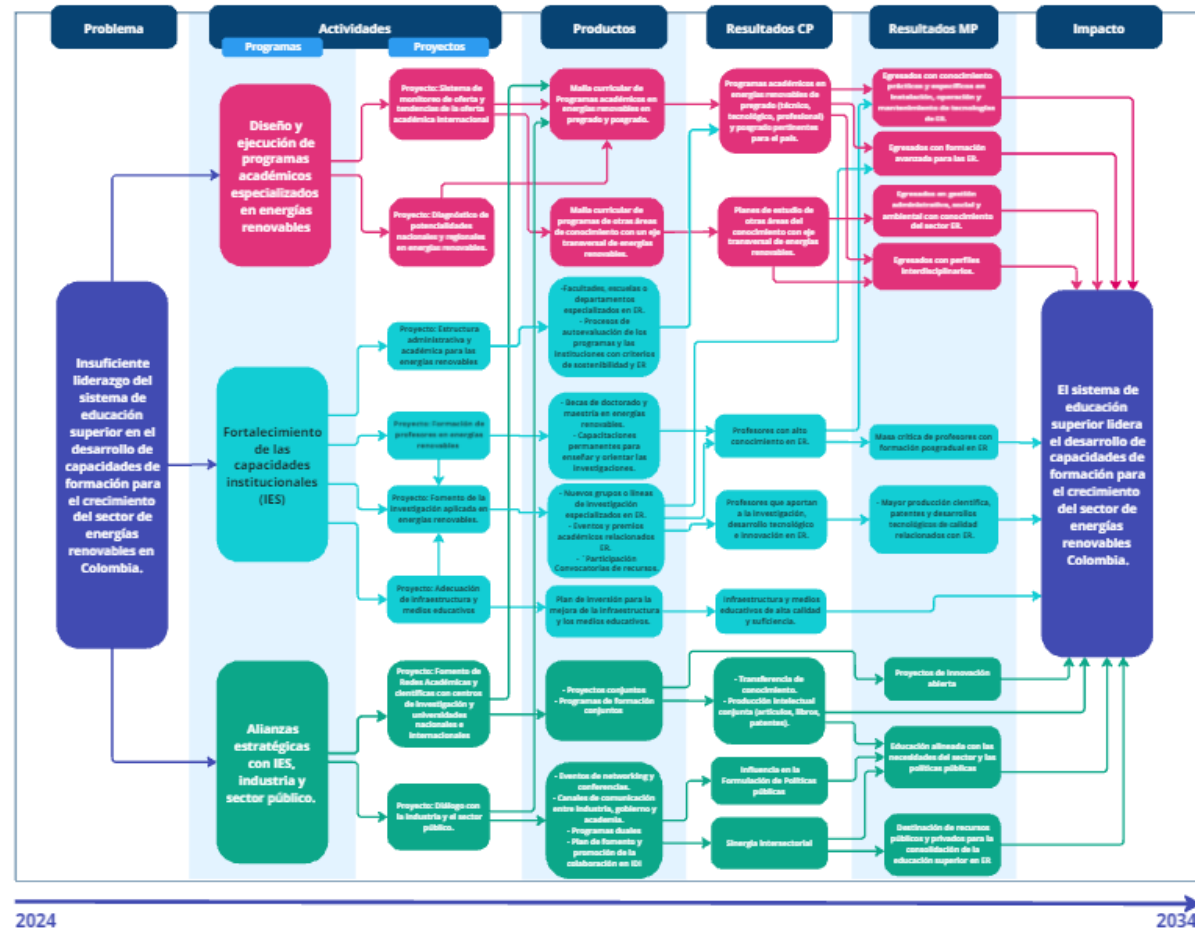
9.3. Teoría del Programa

Una vez identificada la situación actual y la situación deseada, se utiliza el proceso de “trazado retrospectivo” para lograr el cambio de largo plazo y formar las rutas del cambio. Cada ruta representa el conjunto de resultados que deben producirse en una secuencia específica para alcanzar el siguiente resultado (lógica causal). El resultado de este proceso es el diagrama de flujo de la figura 27 que se conoce como la teoría del programa.

Figura 27

Teoría del programa: Educación Superior para el desarrollo de capacidades para el crecimiento del sector de las ER

[Dar clic para ver la imagen completa en Miro](#)



A continuación, se presenta la narración de la teoría del programa siguiendo una estructura de izquierda a derecha y analizando cada programa.

9.3.1. Problema

Insuficiente liderazgo del sistema de educación superior en el desarrollo de capacidades de formación para el crecimiento del sector de energías renovables en Colombia.

Teniendo en cuenta los problemas identificados y la agrupación por principales temáticas (Apéndice G), se proponen tres estrategias que permiten alcanzar la solución global desde el alcance de las Instituciones de Educación Superior (IES):

- Desarrollo Curricular: Diseño y ejecución de programas académicos especializados que respondan a las necesidades del mercado, integrando conocimientos técnicos, tecnológicos, profesionales, posgraduales y de gestión en energías renovables.
- Fortalecimiento Institucional: Mejora de las capacidades institucionales de las IES para que puedan ofrecer educación de calidad en el ámbito de las energías renovables y así contribuir efectivamente al desarrollo del sector.
- Construcción de Redes y Alianzas: Promoción de alianzas estratégicas entre las IES, la industria energética, el sector público y cooperantes internacionales, para crear sinergias que impulsen la innovación y la aplicación práctica de los conocimientos en el campo.

Estas estrategias por su complejidad son organizadas en tres programas y cada uno engloba proyectos y sus respectivos productos que permiten los cambios a corto,

mediano y largo plazo. A continuación, se pasará a describir cada una de las tres rutas de cambio representadas por los programas y los proyectos:

9.3.2. Programa 1: Diseño y ejecución de programas académicos especializados en energías renovables.

Este programa se centra en la creación, modificación e implementación de currículos enfocados en el sector de las energías renovables dentro de las Instituciones de Educación Superior (IES) en Colombia. El objetivo es desarrollar e integrar cursos y módulos de estudio que atiendan directamente a las competencias requeridas por la industria de energías renovables, asegurando que los egresados estén equipados con las habilidades y el conocimiento necesarios para liderar y promover la adopción de energías renovables en el país.

Para ello, el programa busca realizar un análisis exhaustivo de las tendencias globales y las mejores prácticas en la enseñanza de energías renovables, adaptando este conocimiento al contexto colombiano. Se contempla una revisión y actualización periódica de los programas para mantenerlos alineados con los avances tecnológicos y las necesidades cambiantes del sector.

Esta investigación permite mencionar algunas consideraciones importantes que se deben tener en cuenta en el diseño de los programas académicos. La necesidad de formación en todos los niveles, el enfoque multidisciplinar y además de los perfiles ingenieriles, incluir perfiles administrativos, financieros, ambientales y sociales.

En el análisis bibliométrico se muestran algunas de las tendencias más recientes como "Redes eléctricas inteligentes", "Microrredes", "Baterías de carga", "Sistemas de

Gestión de Energía”, “Análisis económico”, “paneles solares”, “almacenamiento de energía” y “almacenamiento de hidrógeno”. Estos son temas que están surgiendo en este momento en la investigación internacional por lo que se sugiere que se incluyan como asignaturas o de manera transversal en los programas académicos.

Asimismo, en el mapa de densidades se identificó la “inteligencia artificial” como término asociado a la “tecnología energética”, esto es importante mencionar porque hace el enlace del sector energético con la industria 4.0. Es decir, un programa académico pertinente debe desarrollar competencias en inteligencia artificial, robótica, Big Data, entre otras.

Este programa de “Diseño y ejecución de programas académicos especializados en energías renovables”, también implica colaboraciones con expertos de la industria, Organismos multilaterales, Observatorios y otras IES nacionales e internacionales. Esto garantiza que los contenidos curriculares sean relevantes y pertinentes para la industria y para las necesidades del país y las comunidades, en términos energéticos. Finalmente, una parte crucial de este programa es el aseguramiento de la calidad y la acreditación de los nuevos programas académicos, lo cual podría requerir el desarrollo de nuevos criterios de acreditación específicos para los programas de energías renovables, garantizando así que los estándares educativos satisfagan tanto las exigencias académicas como las expectativas del sector energético. Este programa contempla dos proyectos:

Proyecto: Sistema de monitoreo de oferta y tendencias de la oferta académica internacional

Este proyecto tiene como objetivo principal comparar y evaluar los programas académicos en energías renovables o con líneas de formación en energías renovables, ofrecidos por instituciones educativas líderes en el mundo para establecer referencias de calidad y eficacia en la enseñanza y la investigación en este campo.

El montaje de un sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva que incluya metodologías como benchmarking para realizar un análisis detallado de los programas destacados internacionalmente sobre los currículos, métodos pedagógicos, recursos de investigación, formas de asociaciones con la industria, la colaboración interdisciplinaria y resultados de empleabilidad. El propósito es identificar las mejores prácticas y las tendencias más innovadoras que podrían ser adaptadas y aplicadas en el contexto colombiano, para así diseñar programas que respondan de manera efectiva a las necesidades específicas del sector de energías renovables en Colombia.

La investigación realizada y presentada en el presente documento identificó algunas de las competencias que deben ser consideradas en los currículos de los programas de educación superior en energías renovables: “i) Sensibilización sobre la naturaleza, las problemáticas energéticas y sus retos. ii) Abordar todos los tipos de energías y las tecnologías existentes para aprovecharlas, con énfasis en las potencialidades y necesidades locales. iii) Considerar todo el ciclo de desarrollo y difusión de las tecnologías: la evaluación de los recursos, diseño, fabricación, instalación, supervisión del rendimiento, resolución de problemas y mantenimiento de tecnologías, los aspectos financieros y económicos, la aceptabilidad social y el impacto sociocultural,

los aspectos institucionales y políticos asociados al uso de las tecnologías y, por último, los impactos ambientales. iv) Incluir temas de eficiencia energética. v) Cuidar la coherencia y complementariedad entre todos niveles de educación, desde el nivel técnico hasta el nivel de doctorado (Hasnain, 1998; Thomas et al., 2008; Wallasch, A. & Matthias D., 2010; Kandpal & Broman, 2014; Jaber et al., 2017).” Pág. 42.

Igualmente, según los análisis de prospectiva laboral, presentados por CIDET (2019) hay algunas tendencias tecnológicas relacionadas con las energías renovables que dan una línea para definir asignaturas que respondan a las necesidades del mercado laboral en Colombia al corto, mediano y largo plazo. Corto plazo: Aerogeneradores de grandes tamaños, Sistemas de concentración fotovoltaica, Desarrollo de componentes fotovoltaicos para edificaciones. Mediano plazo: Cultivos agro-energéticos en combinación con residuos agroforestales para producción de calor y electricidad, Mareomotriz, Centrales solares termoeléctricas, Energía oceánica. Largo plazo: Geotérmica.

Productos:

- Malla curricular de programas académicos nuevos en energías renovables en pregrado y posgrado o reformas curriculares a programas existentes: se hace referencia tanto a las asignaturas que conforman la malla curricular como a las actividades académicas que aseguren en el egresado las competencias que le permitan contribuir al crecimiento y la innovación en el campo de las energías renovables como es el enfoque pedagógico de los cursos, el uso de laboratorios y talleres. Se pretende que los programas nuevos o los programas modificados incluyan desde conocimientos básicos y operativos hasta conocimientos

avanzados de investigación, política energética, modelos de negocio y gestión de proyectos de energía, evaluación financiera y económica, según corresponda para cada nivel de pregrado y posgrado. Esto debería incluir dos aspectos importantes como son entregar elementos para aportar al emprendimiento e innovación local y el autoempleo, es decir, elementos para la creación de empresas.

En el caso del nivel académico doctoral es importante la creación de nuevos programas que permitan avanzar en el conocimiento científico y formar investigadores altamente calificados en el campo de las energías renovables. Entre otras cosas porque los profesionales de nivel doctoral tienen un efecto multiplicador porque los preparan para carreras académicas en docencia e investigación, así como para posiciones de liderazgo en sectores que requieren capacidades avanzadas de innovación y análisis crítico, tanto en la industria como en el Estado.

Adicionalmente, se espera que la malla sea dinámica y responda a la realimentación de los actores clave del sector, incluyendo empresas de energía, organismos gubernamentales y la comunidad científica, por ello en el diagrama el producto se alimenta de las alianzas generadas en el programa de Alianzas estratégicas con centros de investigación, la industria y el sector público.

- Malla curricular de programas de otras áreas de conocimiento con un eje transversal de energías renovables: Este producto hace referencia a que la IES se piensen un enfoque educativo innovador y multidisciplinario que integra conceptos y aplicaciones de las energías renovables en programas académicos de otras disciplinas. Este diseño curricular reconoce la relevancia y la necesidad

de comprender y aplicar las energías renovables más allá de los campos técnicos o de ingeniería, extendiendo su alcance a áreas como las ciencias sociales, empresariales, legales, y ambientales.

El objetivo es que todos los estudiantes, independientemente de su enfoque, adquieran una comprensión básica de los conceptos clave de las energías renovables y cómo estos impactan y se integran en su campo de estudio particular. Los graduados de estos programas estarán preparados no sólo para trabajar en sectores directamente relacionados con las energías renovables, sino también para aplicar prácticas sostenibles y consideraciones de energía renovable en una variedad de campos profesionales. La incorporación de estos temas podría plantearse en la forma de cursos electivos, módulos integrados en los cursos existentes o incluso proyectos de investigación.

Proyecto: Diagnóstico de potencialidades nacionales y regionales en energías renovables.

Este proyecto corresponde a un ejercicio de investigación que busca identificar y valorar las capacidades existentes y las oportunidades de desarrollo según las potencialidades en el ámbito de las energías renovables en cada región de Colombia. Este potencial regional depende de los factores geográficos, climáticos y medioambientales.

Este tipo de proyectos de diagnóstico de potencialidades que se sugiere hacer a las IES, se convierten en un insumo para así orientar la creación y adaptación de programas académicos y grupos de investigación en las Instituciones de Educación

Superior (IES). Al mismo tiempo aportan desde sus capacidades de investigación para definir líneas de trabajo en la industria y el desarrollo local.

En ese sentido, estos diagnósticos se convierten en insumos y complementos de los ejercicios de fortalecer el Marco Nacional de Cualificaciones que se encuentran realizando el Ministerio del Trabajo con apoyo del Ministerio de Educación Nacional; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, y Ministerio de Minas y Energía entre 2023 y 2025, para consolidar las cualificaciones de los sectores de las energías renovables no convencionales, la eficiencia energética, los distritos energéticos, entre otros.

Impactos del programa:

Impactos de corto plazo y mediano plazo:

- En el corto plazo se da la implementación de los programas académicos en energías renovables de pregrado (técnico, tecnológico, profesional) y posgrado (especialización, maestría y doctorado), pertinentes a las necesidades específicas del sector energético colombiano. A nivel de pregrado, los programas se enfocan en una comprensión profunda de las tecnologías de energía renovable existentes y emergentes. Los programas de posgrado, por otro lado, se centrarán en la profundización del conocimiento técnico, el desarrollo de competencias avanzadas en investigación y desarrollo, y la capacitación en gestión y liderazgo, preparando así a los profesionales para roles de mayor responsabilidad, donde puedan influir en la política energética y liderar iniciativas de energía renovable. Asimismo, en el corto plazo se da la implementación de los planes de estudio de otras áreas de conocimiento con un eje transversal de energías, genera en otras

disciplinas el entendimiento de la importancia y la aplicabilidad de las energías renovables, dando a otros profesionales la perspectiva de energía renovable. Por ejemplo, que estudiantes de administración puedan comprender la labor de gestión con las particularidades propias de los negocios del sector.

- En el mediano plazo, se cuenta con egresados con los conocimientos descritos anteriormente y con perfiles interdisciplinarios que les permite responder de forma integral a los retos de este sector en Colombia. Los estudiantes estarán mejor equipados para participar en diálogos y proyectos que requieren una comprensión integrada de las energías renovables, lo que puede llevar a innovaciones y soluciones más efectivas que aborden tanto los desafíos técnicos como los contextuales.

Los impactos descritos en el corto y mediano plazo resultan en la adopción más rápida y eficiente de las tecnologías de energías renovables en Colombia, lo que genera una realimentación virtuosa con la innovación e investigación en el campo de las energías, las políticas públicas y las nuevas economías y empleos relacionados con el sector. Al final permite un tránsito efectivo hacia las energías renovables en Colombia.

9.3.3. Programa 2: fortalecimiento de las capacidades institucionales (IES).

Este programa en las Instituciones de Educación Superior (IES) se enfoca en mejorar y ampliar las capacidades para desempeñar un papel efectivo y de liderazgo en el desarrollo y la implementación de tecnologías y prácticas relacionadas con las energías renovables. El programa abarca varios aspectos clave para asegurar que las IES cuenten con la estructura administrativa y académica, los recursos humanos y la

infraestructura y medios educativos para contribuir significativamente al sector de las energías renovables.

En primer lugar, se busca que la IES cuenten con una estructura administrativa y académica que promueva las energías renovables con políticas y programas institucionales para su fomento, se ajuste la arquitectura institucional y se adopten criterios específicos de energías renovables en los procesos de autoevaluación con fines de registro calificado y acreditación.

En segundo lugar, este programa busca mejorar las competencias del personal docente de las IES en temas relacionados con las energías renovables. Esto incluye ofrecer oportunidades de formación y desarrollo profesional para que los educadores puedan transmitir efectivamente el conocimiento de los últimos avances en el campo.

Además, el programa busca fomentar la investigación y el desarrollo en el campo de las energías renovables. Esto implica proporcionar apoyo y recursos para que los académicos y los estudiantes puedan participar en investigaciones innovadoras, que no solo contribuyan al conocimiento académico, sino que también tengan aplicaciones prácticas y puedan influir en la industria de las energías renovables.

Por último, otro aspecto clave es la mejora de la infraestructura física y tecnológica de las IES. Esto incluye la actualización de laboratorios, la adquisición de equipos modernos y la creación de espacios que permitan una experimentación y aprendizaje práctico eficaces en el campo de las energías renovables.

En conjunto, el programa de fortalecimiento de capacidades institucionales tiene como objetivo transformar a las IES en centros de excelencia en energías renovables,

capaces de producir graduados altamente calificados, fomentar la investigación innovadora y contribuir activamente al crecimiento y desarrollo del sector de energías renovables en Colombia. Se contemplan cuatro proyectos:

Proyecto: Estructura administrativa y académica para las energías renovables

Este proyecto tiene como objetivo principal que las Instituciones de Educación Superior (IES) desarrollen una estructura robusta que promueva activamente las energías renovables. Por un lado, está la implementación de políticas institucionales diseñadas para fomentar las energías renovables. Esto implica una revisión y ajuste de la arquitectura institucional existente para crear un ecosistema educativo que no solo forme especialistas en energías renovables, sino que también integre estos conceptos en todas las disciplinas. Esto está en línea con la creación de un departamento, escuela o facultad en energías renovables, según las capacidades de la Institución, esto garantiza la priorización de recursos.

Por otro lado, respecto a la cultura de autoevaluación de la institución, se considera relevante la adopción de criterios específicos relacionados con las energías renovables en los procesos de autoevaluación institucional y de programas. Estos criterios se incorporarán tanto en los procesos de registro calificado como en los de acreditación (Thomas et al., 2008).

Productos:

- Facultades, escuelas o departamentos especializados en ER (Energías Renovables): Esto implica la creación o adaptación de unidades académicas

específicamente dedicadas al estudio, investigación y enseñanza de las energías renovables dentro de la institución de educación superior.

- Procesos de autoevaluación de los programas y las instituciones con criterios de sostenibilidad y ER: Este producto se refiere al desarrollo e implementación de mecanismos de evaluación interna que incorporen criterios específicos relacionados con la sostenibilidad y las energías renovables. Estos procesos se aplicarían tanto a los programas académicos como a la institución.

Estos productos están diseñados para fortalecer la capacidad de la institución en el campo de las energías renovables, tanto en términos de estructura organizativa como en los procesos de mejora continua y aseguramiento de la calidad.

Proyecto: Formación de profesores en energías renovables

Este proyecto se enfoca en actualizar y expandir los conocimientos y habilidades de los profesores en el área de las energías renovables, asegurando que estén plenamente capacitados para impartir educación de alta calidad y pertinente en este campo. Además, se enfatiza la importancia de incorporar una perspectiva multidisciplinaria en la enseñanza, que incluya aspectos económicos, legales, sociales y ambientales relacionados con las energías renovables.

Igualmente, promueve la formación continua de los profesores, reconociendo que el campo de las energías renovables está en constante cambio y desarrollo. Esto asegura que los educadores mantengan su conocimiento actualizado y sigan siendo relevantes en este campo de enseñanza. También es importante fortalecer las capacidades pedagógicas de los profesores e impulsar el desarrollo de metodologías

como el aprendizaje basado en problemas y basado en investigación, incentivar la flexibilidad, creatividad e innovación en las clases, combinar la teoría y la práctica y la pedagogía colaborativa.

En esta investigación se identificaron como de alta relevancia los siguientes enfoques pedagógicos y recursos de enseñanza-aprendizaje, para los programas académicos de sostenibilidad y energías limpias: i) incentivar la flexibilidad, creatividad e innovación que permita encontrar nuevas alternativas de solución en lo global y local; ii) Combinar la teoría y la práctica: crear laboratorios o talleres, conferencias, tutorías, seminarios, plataformas y recursos en línea; iii) materiales de enseñanza-aprendizaje de buena calidad; iv) Pedagogía colaborativa; v) Enfoque multi, inter y transdisciplinario; vi) Investigación, innovación y emprendimiento basado en lo local; vii) aprendizaje basado en resolución de problemas viii) incluir perspectiva de género; ix) en caso de ser necesario, dictar los cursos en las lenguas locales para una mejor aceptación y eficacia; x) establecer asociaciones internacionales para fortalecer la experiencia y cooperación (Thomas et al., 2008; Kandpal & Broman, 2014; Lowan-Trudeau & Fowler, 2022; Colmenares-Quintero et al., 2023; Daoudi, 2024).

Productos:

- Becas de doctorado y maestría en energías renovables: Se refiere al apoyo financiero a través de becas para profesores que deseen realizar estudios de maestría y doctorado en energías renovables. Las becas tienen como objetivo atraer y retener talento en el campo de las energías renovables. Al financiar los profesores, las IES fomentan la formación de una nueva generación de expertos y líderes en energías renovables.

- Capacitaciones permanentes para enseñar y orientar las investigaciones: Se enfoca en el desarrollo profesional continuo de los profesores para las labores de docencia e investigación.
- Las capacitaciones regulares y actualizaciones en el ámbito de las energías renovables, aseguran que los profesores tengan conocimiento de los últimos avances y tendencias para mantener la calidad y la relevancia de la enseñanza y la investigación en energías renovables. Lo que garantiza una orientación efectiva en las investigaciones de los estudiantes, tanto a nivel de pregrado como de posgrado, asegurando que sean investigaciones innovadoras, relevantes y de alta calidad.

Proyecto: Fomento de la investigación aplicada en energías renovables

El Proyecto está diseñado para impulsar y enriquecer la investigación que puedan tener una aplicación directa en el desarrollo, la implementación y la mejora de las tecnologías de energías renovables. Esto incluye el desarrollo de tecnologías más eficientes, sostenibles y rentables, así como la búsqueda de nuevas aplicaciones y métodos para maximizar el uso de las fuentes de energía renovable.

De acuerdo con el diagnóstico realizado sobre la capacidad en investigación de energías renovables del país, se identificaron debilidades respecto a la capacidad de impacto de la investigación, por ejemplo, la conexión con el sector industrial que permita la creación de cadenas de valor asociadas al sistema energético. Si bien superar estas debilidades depende en gran medida de políticas de nivel nacional que promuevan e impulsen la investigación y el desarrollo científico y tecnológico y sobre todo generen los

esquemas de financiamiento para dicho desarrollo; desde las direcciones o vicerrectorías de investigación de las IES se deben generar las condiciones e incentivos que fomenten tanto la investigación en sentido estricto como la investigación durante el proceso de formación de los estudiantes. Esto asegura que la próxima generación de profesionales en energías renovables no solo tenga una base teórica sólida, sino también experiencia práctica en la realización de investigaciones relevantes y aplicables.

En conjunto, el Proyecto de Fomento de la Investigación Aplicada en Energías Renovables desempeña un papel crucial en la consolidación de las IES como líderes en la investigación de energías renovables. Contribuye no solo al avance académico y científico, sino también al desarrollo económico y tecnológico del sector de energías renovables, alineando la investigación con las necesidades prácticas y fomenta soluciones innovadoras y sostenibles.

De acuerdo con la Misión de sabios de 2019 (Minciencias, 2019), la agenda de investigación de Colombia en el campo de la transición energética, y más específicamente de las energías renovables, debería contemplar las siguientes temáticas:

“Redes Inteligentes. Acceso a la electricidad fuera de la red. Conversión de energía solar. Almacenamiento y complementariedad entre las fuentes renovables y energías convencionales. Tecnologías para mejorar el aprovechamiento y conversión de las FNCER en formas útiles de energía aplicadas a las necesidades de los sectores industrial, comercial, residencial y de transporte. Desarrollo de metodologías, herramientas de simulación y optimización, que apoyen la formulación de lineamientos de política sectorial, así como la toma de decisiones en términos de beneficios, costos e

identificación de oportunidades de negocio. Mejoramiento de los usos finales de la energía (térmica y eléctrica) en procesos industriales, que conlleven al incremento de la eficiencia operativa del sector productivo. Diseño de sistemas que involucren la integración energética de procesos, donde se aprovechen las posibilidades de autogeneración y cogeneración de energía.” (Minciencias, 2019, p. 31)

Por último, hay que mencionar que este proyecto se alimenta de los otros proyectos del mismo programa, ya que generan las capacidades en el talento humano y las capacidades físicas para hacer investigación. Es decir, la Formación de los profesores les brinda las capacidades para hacer investigación y, por otro lado, la adecuación de la infraestructura y recursos genera las condiciones físicas para hacer investigación, por ejemplo, la disponibilidad de laboratorios de calidad.

Productos:

- Nuevos grupos o líneas de investigación especializados en ER: Estos grupos o líneas de investigación se centran en las diferentes áreas de las ER, como la solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, y nuevas tecnologías emergentes. Además, actúan como espacios de formación para los estudiantes y los investigadores jóvenes para que puedan trabajar bajo la guía de expertos, desarrollando sus habilidades y contribuyendo al avance del conocimiento en este campo.
- Eventos y premios académicos relacionados ER: Este producto se enfoca en la organización de eventos académicos, como conferencias, seminarios, talleres y competencias. Estos eventos proporcionan plataformas importantes para la disseminación de conocimientos, el intercambio de ideas, y la colaboración

entre académicos, investigadores, profesionales de la industria y estudiantes. Sirven como espacios para presentar investigaciones recientes, discutir avances tecnológicos, explorar políticas energéticas y debatir sobre aspectos económicos y sociales relacionados con las ER. Los premios académicos reconocen y celebran logros excepcionales en este campo, incentivando la excelencia y la innovación. Los premios pueden ser otorgados a investigaciones sobresalientes, proyectos estudiantiles innovadores o contribuciones significativas al campo de las energías renovables, logrando motivar a profesores y estudiantes para que logren trabajos de alta calidad y valiosos para el ámbito de las energías renovables.

- Convocatorias de recursos: en Colombia, desde el MinCiencias se han lanzado algunas convocatorias como, por ejemplo, la convocatoria “Ecosistemas en Energía Sostenible, Eficiente y Asequible-2023” y también, la convocatoria “Asegurar la generación, acceso y uso de energías sostenibles para todos 2023-2024”. La participación en este tipo de convocatorias es clave para el financiamiento de las propuestas de investigación de los profesores.

Estos productos fortalecen en conjunto la investigación y la educación: i) elevan el perfil académico y la capacidad de investigación de las IES en el campo de las energías renovables y ii) fomentan la colaboración, la innovación y el reconocimiento en este sector.

Proyecto: Adecuación de infraestructura y medios educativos

Este proyecto se centra en la actualización y expansión de la infraestructura física y tecnológica de las instituciones educativas para garantizar que estén equipadas

adecuadamente para ofrecer una educación de alta calidad en el campo de las energías renovables. Esto incluye la construcción o renovación de laboratorios, aulas y espacios de investigación específicamente diseñados para el estudio y la experimentación en energías renovables.

Asimismo, pretende la adecuación de los medios educativos, es decir, materiales didácticos, herramientas de aprendizaje digital y software especializado para una mejor experiencia de aprendizaje.

Productos:

- Plan de inversión y ejecución del plan para la mejora de la infraestructura y los medios educativos: Este plan asegura que las IES se encuentren lo suficientemente equipadas para liderar la educación y la investigación en energías renovables. Mediante la inversión en infraestructura moderna, tecnologías avanzadas y recursos educativos de calidad, las instituciones pueden ofrecer programas de estudio más efectivos y pertinentes, preparando así a los estudiantes para ser profesionales competentes en el campo de las energías renovables.

Además, incluye la adquisición de materiales didácticos avanzados, software especializado, y plataformas de aprendizaje electrónico, que mejoran la experiencia educativa.

Impactos del programa

Impactos de corto y mediano plazo:

- En el corto plazo el programa generará profesores con alto conocimiento en energías renovables en las Instituciones de Educación Superior, que permiten enseñar los aspectos más avanzados y novedosos en tecnologías, políticas y prácticas emergentes. Lo anterior, lleva a que haya una mejora en la calidad de la educación superior en energías renovables, es decir, que se ofrezcan conocimientos integrales a los estudiantes.
- Igualmente, otro efecto de corto plazo del programa es que los profesores con mayor formación en ER y, por tanto, alto conocimiento, tienen las herramientas para una mayor investigación e innovación en el campo. Es decir, los profesores con un alto conocimiento en ER son cruciales para dirigir y fomentar la investigación en este campo. Al existir más grupos de investigación y líneas de investigación enfocadas en energías renovables y eventos académicos.
- En el mediano plazo se forma una masa crítica de profesores reconocidos en el campo de docencia e investigación por la producción científica. En síntesis, la formación de los profesores se convierte en un efecto multiplicador en el sector de las ER. Como resultado del plan de inversión de adecuación de la infraestructura y medios educativos, surge una infraestructura y medios educativos suficientes y de calidad que permite el buen desarrollo de las actividades académicas y el logro de los resultados de aprendizaje.

9.3.4. Programa 3. Alianzas Estratégicas con IES, Industria y Sector Público

El Programa de Alianzas Estratégicas con Instituciones de Educación Superior (IES), la industria y el sector público es un enfoque colaborativo y multidimensional para fortalecer y expandir el campo de las Energías Renovables. Este programa tiene como objetivo construir una red de colaboración efectiva entre las IES, las empresas del sector de las ER y las entidades gubernamentales, creando así un ecosistema integrado que promueva la innovación, la formación y el desarrollo sostenible en ER. Este programa contempla dos proyectos:

Proyecto: Fomento de Redes Académicas y científicas con centros de investigación y universidades nacionales e internacionales

Este proyecto busca establecer redes interconectadas de instituciones como centros de investigación nacionales e internacionales y otras universidades. Pretende crear un ecosistema que fomente el intercambio de conocimientos, experiencias y recursos entre diferentes instituciones, con el fin de promover un ambiente enriquecido de aprendizaje e investigación y propiciar la generación de ideas innovadoras, la solución de problemas complejos y el avance del conocimiento en el campo de las energías renovables.

Además, la red tiene el potencial de influir en las políticas y prácticas relacionadas con las energías renovables a nivel global. La colaboración entre instituciones con diferentes perspectivas y experiencias puede proporcionar una comprensión más profunda y diversificada de los desafíos y oportunidades en el campo de las energías renovables, lo cual es valioso para guiar las decisiones políticas y las estrategias de

implementación. En el caso de Colombia también es importante el trabajo mancomunado que se puede lograr con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) para la formación de técnicos y tecnólogos y conexión con las empresas y por otro lado, también la colaboración con la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP) para desarrollar programas de formación que permita a los tomadores de decisión comprender la importancia de las energías renovables y estrategias para articular el crecimiento de las energías renovables con el desarrollo local.

En resumen, el Proyecto de Fomento de Redes Académicas y Científicas con centros de investigación y universidades nacionales e internacionales es una iniciativa clave para construir un marco de colaboración en el campo de las energías renovables. Este proyecto no solo enriquece la investigación y la educación en este campo, sino que también promueve la innovación y el desarrollo de soluciones sostenibles y efectivas para los desafíos energéticos.

Productos:

- Proyectos conjuntos: Una red académica y científica facilita el desarrollo de proyectos de investigación conjuntos. Este enfoque colaborativo a través de proyectos conjuntos lleva a mejores desarrollos en energías.
- Programas de formación conjuntos: A través de programas conjuntos se espera lograr una mayor movilidad académica (intercambios de estudiantes y profesores) y la cooperación interinstitucional.

Proyecto: Diálogo con la industria y el sector público.

Este proyecto de diálogo entre las IES, la industria y el sector público, busca crear un puente entre el conocimiento académico, las realidades prácticas y las políticas del sector de energía. Se espera a que este proyecto propicie la realimentación entre los tres sectores y en ese sentido la industria y el sector público den las directrices a las IES para que estas conozcan cuáles son las necesidades actuales y futuras de Colombia a las que debe responder la IES para alinearse adecuadamente a la demanda laboral.

Productos:

- Eventos de networking y conferencias: La interacción constante entre las IES, la industria y el gobierno facilita la innovación y la transferencia de tecnología. Al compartir conocimientos y recursos, se pueden acelerar los avances en tecnologías de energías renovables y facilitar su implementación práctica.
- Canales de comunicación entre industria, gobierno y academia: Esto incluye la creación de foros, mesas redondas, y reuniones regulares donde se puedan discutir temas relevantes, compartir conocimientos y explorar áreas de interés común en el ámbito de las energías renovables.
- Programas duales: Creación de programas conjuntos desde el diseño curricular, desarrollo y certificación. Los programas se adaptarían a las necesidades locales.
- Plan de fomento y promoción de la colaboración en IDI: A través de este diálogo, se pueden identificar necesidades y oportunidades específicas en el sector de energías renovables, lo que conduce al desarrollo de proyectos de investigación aplicada y soluciones innovadoras que tienen aplicabilidad directa en el mercado.

Impactos del Programa

Impactos de corto y mediano plazo:

- El programa de alianzas estratégicas con IES, industria y sector público, genera en el corto plazo, una transferencia de conocimiento entre sectores y por supuesto, publicaciones conjuntas entre la academia, la industria y sector público. Igualmente, en el corto plazo la interrelación de las IES con el sector público hace que haya una influencia por parte de la academia en la toma de decisiones y la política pública.
- La sinergia intersectorial genera un efecto positivo en bucle porque no solo la industria y el sector público se beneficia de los conocimientos e investigaciones e innovaciones de las IES, sino que las IES se benefician de los recursos públicos y privados para la consolidación de la educación superior en ER y a su vez genera un efecto multiplicador sobre el conocimiento y el desarrollo tecnológico en energías renovables.

9.3.5. Indicadores.

Indicadores de producto:

- Registros calificados en trámite de programas nuevos y modificaciones curriculares.
- Creación de unidades académicas especializadas en energías renovables.
- Lineamientos de autoevaluación: lineamientos de autoevaluación con criterios específicos para programas de formación de energías renovables.

- Becas: Número de becas de maestría y doctorado otorgadas a profesores universitarios en el campo de las energías renovables.
- Capacitaciones en energías renovables: número de capacitaciones en energías renovables ofrecidas a profesores de universidad.
- Grupos de investigación: número de grupos de investigación reconocidos y medidos por Ministerio de Ciencia, tecnología e innovación.
- Eventos: Eventos académicos realizados relacionados con las energías renovables por año.
- Convocatorias en energías renovables: mayor participación en convocatorias relacionadas con las energías renovables.
- Número de alianzas entre Instituciones de Educación Superior para el desarrollo de energías renovables.
- Número de alianzas entre instituciones de educación superior y empresas para el desarrollo de energías renovables.

Indicadores de resultados:

- Registros calificados de creación y modificación aprobados.
- Índice de Retención: Tasa de retención de estudiantes en los nuevos programas a lo largo del tiempo.
- Satisfacción del Estudiante: Resultados de encuestas de satisfacción estudiantil sobre la calidad del programa, la enseñanza, los recursos y el entorno de aprendizaje.

- Efectividad del Profesorado: Evaluación del desempeño y la efectividad del cuerpo docente a través de revisiones y retroalimentación de los estudiantes.
- Acceso a Recursos de Aprendizaje: Evaluación de la accesibilidad y utilización de recursos de aprendizaje, como bibliotecas, laboratorios y tecnologías de la información.
- Tasa de graduación: Aumento en el porcentaje de estudiantes con conocimientos y habilidades asociados a las energías renovables
- Impacto en la Investigación: número de publicaciones, conferencias o proyectos de investigación y desarrollo asociados a las energías renovables.
- Índice de sinergia: Aumento en la colaboración entre instituciones educativas y actores clave del sector energético, reflejado en publicaciones conjuntas, proyectos conjuntos.

Indicadores de impacto:

- Empleabilidad de Graduados: porcentaje de graduados que consiguen empleo en el campo de estudio.
- Patentes: número de patentes registradas en energías renovables.
- Crecimiento observable en la adopción de tecnologías y prácticas sostenibles en el sector de energías renovables en Colombia.

9.3.6. Supuestos.

Los supuestos son los factores necesarios para que al momento de implementar las actividades presentadas en la teoría de cambio se logren los resultados propuestos (Pacheco y Archila, 2020).

Supuestos Internos.

Estos supuestos están relacionados con las actividades de la cadena de resultados y están bajo el control de las instituciones de educación superior.

- Actualización Curricular: Actualización permanente y efectiva de los currículos para incluir contenido relevante sobre energías renovables.
- Disposición Docente: Los profesores están dispuestos a recibir formación en energías renovables y de impartir esta nueva información a los estudiantes.
- Iniciativa de las IES: Las IES estarán dispuestas a adoptar como prioridad un enfoque de energías renovables, respondiendo a las demandas cambiantes del mercado y las necesidades de la industria.
- Disponibilidad de recursos financieros: Habrá recursos financieros disponibles para la implementación de los programas y proyectos propuestos, incluyendo becas, capacitación de profesores, investigación aplicada, y mejora de infraestructura educativa.

Supuestos Externos.

Los supuestos externos se encuentran relacionados con los factores externos al control de las instituciones de educación superior. Las cuestiones de energías renovables planteadas en este documento requieren, por supuesto, intervención a nivel

político en términos de planeación energética, financiación en investigación, ajustes a los marcos regulatorios, cambios en el modelo educativo.

- Agenda Nacional para las energías renovables: existe una agenda nacional a largo plazo para el desarrollo, uso e implementación de las energías renovables.
- Incentivos del gobierno para investigación: se mantienen los incentivos gubernamentales para la investigación en energías renovables existentes y se aumentan.
 - Se promueven proyectos sobre energías renovables entre los gobiernos departamentales, locales y las universidades.
 - Se hacen convocatorias de financiación competitivas y no competitivas para recursos enfocados en energías renovables.
 - Se entregan premios como incentivos financieros a las instituciones de educación superior comprometidas con el desarrollo de energías renovables.
- Modelo educativo nacional: las leyes de educación superior promueven las energías renovables, incluyendo las relacionadas con el Sistema de Aseguramiento de la Calidad (SAC)
- Regulaciones: las regulaciones están listas para facilitar la implementación de proyectos de energía renovable.
- Demanda del Mercado: Crece la demanda laboral a través de la diversificación económica del país con énfasis en energías limpias.

- Colaboración Sectorial: Todas las partes involucradas mantendrán un compromiso a largo plazo con la implementación de los programas, reconociendo que los impactos significativos en el sector de energías renovables requerirán esfuerzos a largo plazo.
- Alineación de intereses: Se asume que la industria y el sector público comparten con las instituciones de educación superior (IES), un interés común en el desarrollo de capacidades en el campo de las energías renovables para promover un crecimiento del sector en Colombia.
- Control del conflicto social: los gobiernos y los proyectos entregan las garantías suficientes a las comunidades lo que permite el control de la conflictividad social.
- Conciencia pública: hay una conciencia pública sobre la importancia de la transición energética.

9.3.7. Riesgos.

- Cambios en la Política Energética: Cambios políticos o económicos de nivel nacional o internacional que afecten negativamente el enfoque en las energías renovables.
- Desajuste con el Mercado Laboral: La capacitación proporcionada no coincide con las habilidades y conocimientos demandados por el sector de energías renovables.
- Obsolescencia Tecnológica: El rápido avance de la tecnología en energías renovables podría superar el currículo establecido, haciendo que la capacitación sea obsoleta.

- Sostenibilidad Financiera: Dificultades para mantener el financiamiento a largo plazo para proyectos de investigación y mejoras en la infraestructura educativa.
- Alta conflictividad social y grupos armados: presencia de grupos armados y alta conflictividad en las zonas de interés para el desarrollo de los proyectos de energías renovables.

9.3.8. Monitoreo y Evaluación.

- Hacer seguimiento a los indicadores de producto, indicadores de resultado y de impacto para medir el logro de los objetivos de los programas y proyectos.
- En los procesos de creación y de evaluación periódica para la renovación de registro calificado y las acreditaciones de los programas académicos y las instituciones de educación superior, tener en cuenta:
 - Encuestas y entrevistas periódicas a stakeholders, incluyendo estudiantes, profesores, representantes de la industria y del sector público, para obtener retroalimentación sobre la percepción y eficacia del programa.
 - Hacer evaluaciones periódicas del impacto de los graduados en el sector de energías renovables y su contribución al desarrollo sostenible.
 - Hacer análisis de empleabilidad de graduados, incluyendo tasas de colocación laboral, niveles salariales y satisfacción en el trabajo.
 - Avances en la investigación aplicada.
 - Evaluar la efectividad de la mejora de la infraestructura educativa mediante la revisión de las instalaciones, laboratorios y recursos

educativos, asegurando que estén alineados con las necesidades de los programas académicos.

- Evaluar la efectividad de las alianzas y colaboraciones entre las IES, la industria y el sector público, midiendo la participación de la industria en programas académicos, eventos y proyectos conjuntos.
- Evaluar la participación en eventos y conferencias, analizando la calidad de la interacción entre IES, industria y sector público, y midiendo el impacto en términos de nuevas ideas, proyectos y colaboraciones.
 - Generar informes de progreso regulares que destaquen los logros alcanzados, los desafíos encontrados y las medidas correctivas tomadas. Estos informes deben ser compartidos con todas las partes interesadas.

De acuerdo con los resultados del monitoreo y evaluación se realizarán los ajustes que sean necesarios en las estrategias para así garantizar que los programas son acordes con las nuevas necesidades y condiciones del entorno.

10. Conclusiones

Esta investigación se propuso analizar las condiciones del sistema de educación superior en Colombia en relación con la formación e investigación en el área de las energías renovables y, adicionalmente, proponer estrategias y acciones para que las instituciones de educación superior se conviertan, al 2034, en impulsor de la transición energética en el país.

Para cumplir con este objetivo, el trabajo se dividió en cuatro grandes partes. En primer lugar, se analizaron las recomendaciones encontradas en la literatura y las

mejores prácticas y estrategias implementadas por los países referentes en educación e investigación en el campo de las energías renovables. En segundo lugar, realizó un diagnóstico de Colombia en formación e investigación en energías renovables. En tercer lugar, se hizo una consulta con expertos para validar la información recolectada y recibir las recomendaciones teniendo en cuenta su conocimiento y experiencia. Por último, se presentó una teoría del cambio para recomendar acciones que permitan fortalecer la educación y promover el desarrollo de capacidades en el sector de energías renovables en Colombia.

Entre los resultados de la primera parte se identifica la educación superior como un factor crucial para el desarrollo de las capacidades necesarias en energías renovables, esenciales para alcanzar las metas de reducción de emisiones al 2030 y lograr la carbono neutralidad establecida para 2050. A pesar de la realidad de emergencia climática, se identificó que los programas académicos orientados a los combustibles fósiles aun prevalecen sobre los programas de energías renovables. En muchos países la dependencia económica de los combustibles fósiles y la conexión entre las empresas petroleras y el gobierno, ha generado un rezago en el desarrollo de las energías renovables, entre los elementos causantes están la falta de financiamiento

Respecto a la oferta existente de los programas académicos en energías renovables a nivel global, cabe señalar que hay una hegemonía técnica y tecnológica, con lo cual queda marginada la visión crítica sobre energías renovables, que las conecte con paradigmas de justicia ambiental y social. También se resalta que de los programas académicos en energías renovables, la mayor parte son programas de nivel de maestría mientras que hay una crisis en la oferta de programas técnicos que formen competencias

más operativas, y, al mismo tiempo, hay deficiencia en programas de doctorado que impulsen el desarrollo de la investigación en este campo, y que replique los conocimientos en energías renovables.

El análisis bibliométrico elaborado, identificó las siguientes áreas de reciente interés en la investigación y educación: "Redes eléctricas inteligentes", "Microrredes", "Baterías de carga", "Sistemas de Gestión de Energía", "Análisis económico", "paneles solares", "Sustentabilidad", "Huella de carbono", "almacenamiento de energía", "almacenamiento de hidrógeno". Estos se convierten en guía para posibles asignaturas a implementar en los programas de formación. También cabe resaltar que el análisis bibliométrico mostró que el "empleo" y términos asociados tienen una baja interacción con los demás términos de la investigación, lo que muestra la falta de articulación entre la academia y sus procesos de investigación con el sector productivo, y la generación de empleo.

De acuerdo con la bibliografía analizada, las competencias más destacadas que deben tener los programas académicos en el sector de las energías renovables son: Sensibilización sobre la naturaleza, las problemáticas energéticas y sus retos; formación técnica con énfasis en las potencialidades y necesidades locales; Considerar todo el ciclo de desarrollo y difusión de las tecnologías, desde el diseño, fabricación, instalación, mantenimiento, reparación, aspectos financieros y económicos, impacto social y ambiental; eficiencia energética. Respecto a los enfoques pedagógicos necesarios para este tipo de programas cabe resaltar: incentivar creatividad e innovación; Combinar la teoría y la práctica; la pedagogía colaborativa; Enfoque multi, inter y transdisciplinario; Investigación, innovación y emprendimiento basado en lo local; aprendizaje basado en

proyectos y la resolución de problemas, incluir la perspectiva de género; y, establecer asociaciones internacionales para fortalecer la experiencia y cooperación.

Por otra parte, el análisis de las mejores prácticas internacionales, particularmente de países líderes en educación e investigación en energías renovables: Alemania, Estados Unidos y Reino Unido, destaca la importancia de la colaboración intersectorial, el enfoque práctico basado en proyectos y resolución de problemas, la estandarización de los criterios de acreditación y los resultados de las competencias, y, la multi e interdisciplinariedad. También se resalta la necesidad de desarrollar conocimientos más allá de los técnicos específicos, y fortalecer las habilidades funcionales y competencias transversales que preparen a los futuros profesionales para abordar los complejos desafíos asociados al cambio climático y la transformación del sector energético. Todas las anteriores lecciones ofrecen valiosas directrices para el fortalecimiento del sector educativo en energías renovables en Colombia.

En la segunda parte de la investigación se presentó el diagnóstico de Colombia, entre los resultados destacados se encuentra la existencia de varias políticas que impulsan y guían el proceso de formación e investigación en el campo de las energías renovables, se resalta la Política de Investigación e Innovación orientada por misiones- Misión Transición energética del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, también está la política de Transición Energética que corresponde al CONPES 4075, la política de reindustrialización (CONPES 4129) que también da directrices sobre la formación y el futuro mercado laboral energético.

En la revisión de los programas de formación se revela primero una mayor cantidad de programas de energía dedicados a los combustibles fósiles o sin una línea

de formación en renovables, también se muestra una concentración geográfica de la oferta educativa, principalmente en Bogotá, Atlántico y Santander, sugiriendo la necesidad de una distribución más equitativa a nivel nacional para atender las diversas necesidades regionales y asegurar un desarrollo equilibrado del sector en todo el territorio colombiano. Es interesante que la mayor parte de los programas se encuentren en el Atlántico donde se encuentran las tarifas de energía más altas del país, esto podría estar reflejando un interés en esa vía para disminuir los costos de energía. Sumado a que, en el norte del país, en la región Caribe, están las mayores potencialidades en energía solar y energía eólica.

Por el lado, la revisión de los grupos de investigación presentados en la Convocatoria de Medición de Grupos de Investigación de 2021, arrojan 65 grupos de investigación relacionados con energías renovables, mayoritariamente en categorías C con 28 programas, seguido de la categoría A con 16 programas; lo que indica un amplio margen de mejora en producción científica e impacto. La revisión histórica muestra que no hay un incremento en la creación de grupos de investigación en los últimos años en este campo. Probablemente, el impacto de las políticas e incentivos que se han generado en los últimos años en el sector de las energías renovables, se vean reflejados en mayores grupos de investigación, un incremento de producción científica y mayor impacto en los resultados de la próxima Convocatoria de 2024 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

En relación a la investigación sobre transición energética, Minciencias (2023) revela varios desafíos críticos como la concentración del talento humano y las capacidades de investigación en centros urbanos, la ausencia de esquemas

colaborativos efectivos para la financiación de la innovación y la debilidad en las capacidades en ciencia, tecnología e innovación industrial, cruciales para establecer cadenas de valor en el sistema energético. Abordar estos problemas es esencial para mejorar la capacidad investigativa y de innovación del país y avanzar de manera efectiva hacia una transición energética sostenible.

Respecto al análisis del mercado laboral, el Marco Nacional de Cualificaciones (Álvarez et al., 2019) evidencia una brecha entre las necesidades emergentes del sector de energías renovables y la formación de capital humano. Si bien esta diferencia no es marcada en términos cuantitativos, se manifiesta en aspectos cualitativos y de pertinencia. Esta situación subraya la urgencia de alinear la oferta educativa con las dinámicas del mercado laboral en el ámbito de las energías renovables. Este aspecto representa una oportunidad significativa para fortalecer la base de conocimiento y la innovación en el campo de las energías renovables en Colombia.

En cargos nuevos se identificaron: mecánico de vehículos eléctricos, profesional en generación y distribución, ingeniero de energías limpias, coordinador de eficiencia energética y administrador de sistemas energéticos. Lo que abre un campo de opciones para nuevos programas de formación centrados en estos nuevos campos del mercado laboral eléctrico.

En la tercera parte de los resultados, se presentan las opiniones de los expertos, aquí es importante resaltar que los expertos consideran que el sistema de educación superior colombiano enfrenta desafíos para impulsar la transición energética como la falta de integración de los planes de estudio con la demanda laboral, limitaciones en la

investigación y desarrollo, y falta de colaboración y coordinación entre instituciones y sectores.

Para superar estos desafíos, los expertos consultados proponen la creación de programas de formación especializados y capacitación; el fomento de la investigación y desarrollo en energías renovables; la colaboración entre la academia, la industria y el gobierno; innovación y transferencia de tecnología. Asimismo, consideran que el gobierno juega un papel importante en el apoyo a la educación superior para facilitar la transición energética, proporcionando recursos y financiamiento, creando políticas y regulaciones que apoyen la transición energética, y promoviendo la innovación y el emprendimiento en energías renovables y la sostenibilidad.

Luego de la revisión de los artículos académicos, políticas nacionales e internacionales, revisión de estudios de las instituciones nacionales como Ministerio de Educación Nacional, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, entrevistas con expertos, se recogió una serie de recomendaciones y buenas prácticas, para lograr que el sistema de educación superior colombiano sea un impulsor en la transición energética del país, al 2034.

Estas propuestas de líneas de acción fueron planteadas en una teoría del cambio materializada en una teoría del programa. Esta teoría del programa consta de tres programas: Programa 1: Diseño y ejecución de programas académicos especializados en energías renovables; Programa 2: fortalecimiento de las capacidades institucionales (IES), y Programa 3. Alianzas Estratégicas con IES, Industria y Sector Público. Cada programa propone los proyectos que permitirían el cambio deseado: **El sistema de**

educación superior lidera el desarrollo de capacidades de formación para el crecimiento del sector de energías renovables en Colombia.

11.Recomendaciones

La transformación del sistema de educación superior en Colombia, alineada con las demandas de la transición energética, se perfila como un elemento catalizador para el logro de los objetivos de desarrollo sostenible y mitigación del cambio climático del país. Para fortalecer la educación y promover el desarrollo de capacidades en el sector de energías renovables con un horizonte al 2034, se propuso una teoría del cambio. Esta teoría se basa en tres pilares fundamentales: diseño curricular, fortalecimiento institucional, y establecimiento de alianzas estratégicas que presentan un enfoque para la transformación del sector educativo y su alineación con las necesidades futuras del sector energético.

Algunas de las propuestas más relevantes es la creación y modificación de programas académicos, a partir de análisis de las tendencias y experiencias internacionales. Un segundo insumo para la creación y, modificación curricular de los programas, son los estudios regionales que se adelanten entre los gobiernos locales y la academia, para identificar las necesidades y potencialidades regionales. Los programas creados deben tener un enfoque interdisciplinario que no solo aborde conocimientos técnicos específicos, sino que también fortalezca otro tipo de habilidades funcionales y competencias transversales esenciales para la transición energética como lo social y lo administrativo; comprendiendo que la transición energética es una transformación tecnológica, productiva y social. Asimismo, es fundamental crear programas de nivel

doctoral que formen las capacidades avanzadas de innovación y análisis crítico, para que asuman el liderazgo en el sector de energías renovables de Colombia.

El segundo programa enfocado en el fortalecimiento de las capacidades institucionales busca garantizar profesores con un alto conocimiento en energías renovables. Esto es crucial para dirigir y fomentar la investigación en este campo, ya que los profesores con altos niveles de conocimiento en energías renovables y herramientas pedagógicas tienen un efecto multiplicador sobre la investigación y la apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes. También es importante la adecuación de la infraestructura y los medios educativos que permitan mejores instrumentos de aprendizaje como el caso de laboratorios adecuados. Finalmente, el segundo programa hace referencia al desarrollo de criterios específicos relacionados con la sostenibilidad y las energías renovables, en los procesos de mejora continua y aseguramiento de la calidad de las instituciones de educación superior. Lo anterior, lleva a que haya una mejora en la calidad de la educación superior en energías renovables.

El tercer programa hace referencia a la importancia de construir alianzas estratégicas desde las Instituciones de Educación Superior con otras instituciones pares, con el gobierno y con el sector productivo. La colaboración estrecha y sostenida entre los sectores: académico, productivo y gobierno, implica una comprensión mutua que propenda por lograr: políticas en energías renovables pertinentes, investigación multidisciplinar, la creación de tecnologías propias, y el fortalecimiento de las habilidades y capacidades orientadas a la industria. Esta sinergia es fundamental para asegurar la pertinencia, calidad y actualización continua de la oferta educativa en energías

renovables. Además, esta articulación es clave para la innovación y la adopción de nuevas tecnologías.

12. Referencias

- Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). (2009). Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables.
- Álvarez-Rojas, J. L. y Preinfalk-Fernández, M. L. (2018). Teoría del Programa y Teoría del Cambio en la Evaluación para el Desarrollo: Una revisión teórico-práctica. *Revista ABRA*, 38(56), 1-16.
- Álvarez, C.A., Castro, F. L., Chica, D. Cruz, R. D., Montoya, M.M., Naranjo C. A., Serna, F. J., Velásquez, F. (2019). Marco Nacional de Cualificaciones: electricidad y electrónica. Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET).
- Anderson, A. A. (2004). Theory of change as a tool for strategic planning. ActKnowledge.
- Arenas, L., Naredo, J. M. & Riechmann, J. (2022). Bioeconomía para el siglo XXI. Actualidad de Nicholas Georgescu-Roegen. Fuhem Ecosocial.
- Ávila-Calero, S. & Sorman, A. (2018). Transición energética (energías renovables) En G.D' Alisa, F. Demaria, & G. Kallis (Eds.), *Decrecimiento: vocabulario para una nueva era*. Edición ampliada para Latinoamérica. Icaria Editorial, Programa editorial Universidad del Valle.
- Baena, G. (2015). Planeación prospectiva estratégica. Teorías, metodologías y buenas prácticas en América Latina. Proyecto Papime No. PE300414.
- Baser, H. & Morgan, P. (2008a). Capacity, Change and Performance Study Report. European Centre for Development Policy Management (ECDPM) Discussion Paper No. 59B.

- Baser, H. & Morgan, P. (2008b). Study on Capacity, Change and Performance: Interim Report. European Centre for Development Policy Management (ECDPM).
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Rumble, M., & Sharratt, E. (2012). Defining twenty-first century skills. En P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Springer.
- Bitar, S., Máttar, J. & Medina-Vásquez, J. (2021). *El gran giro de América Latina. Hacia una región democrática, próspera, equitativa e incluyente*. Cali: Programa Editorial de la Universidad del Valle.
- BloomberNEF. (31 de enero del 2024). *La Inversión en energías limpias se dispara un 17% y alcanza los 1.8 billones de dólares en 2023 a nivel mundial, según un informe de BloombergNEF*. <https://about.bnef.com/energy-transition-investment/>
- Burquel, N., & Van Vught, F. (2010). Benchmarking in European Higher Education: A step beyond current quality models. *Tertiary Education and Management*, 16(3), 243-255.
- Catholic Relief Services (2020). *Guía práctica para desarrollar la teoría del cambio de un proyecto*.
- Carrasquilla, M. (2020). *Cómo formular la pregunta de investigación*. Scribbr. Recuperado 7 de junio de 2024, de <https://www.scribbr.es/como-empezar-tfg/como-formular-la-pregunta-de-investigacion-de-tu-tfg/>
- CEPAL, N. (2023). *América Latina y el Caribe en la mitad del camino hacia 2030: avances y propuestas de aceleración*.
- CESU, C. D. E. (2020). Acuerdo 02 de 2020 por el cual se actualiza el modelo de acreditación de alta calidad. Acuerdo 02 de 2020, 67.

- Colciencias. (2019). Misión de Sabios Colombia 2019. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro_mision_de_sabios_digital_1_2_0.pdf
- Colmenares-Quintero, R. F., Caicedo-Concha, D. M., Rojas, N., Stansfield, K. E., & Colmenares-Quintero, J. C. (2023). Problem based learning and design thinking methodologies for teaching renewable energy in engineering programs: Implementation in a Colombian university context. *Cogent Engineering*, 10(1), 2164442.
- Colmenares-Quintero, R. F., Rojas, N., Kerr, S. & Caicedo-Concha, D. (2020) Industry and academia partnership for aquatic renewable energy development in Colombia: A knowledge-education transfer model from the United Kingdom to Colombia, *Cogent Engineering*, 7:1, 1829805, DOI: 10.1080/23311916.2020.1829805
- Comisión Europea (2020). La Acción para el Empoderamiento Climático y su potencial transformador en América Latina. Programa EUROCLIMA+, Dirección General de Desarrollo y Cooperación – EuropeAid. Comisión Europea, Bruselas, Bélgica. 96 p.
- Consejo Ejecutivo. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco]. (2023). Fortalecimiento de la función de la cultura y la educación en pro de la acción y la resiliencia climáticas. 217ª Reunión, París, Francia. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387036_spa

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Artículo 6. 9 de mayo de 1992.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Pacto de Glasgow para el Clima. 13 de noviembre de 2021.

Daoudi, M. (2024). Education in renewable energies: A key factor of Morocco's 2030 energy transition project. Exploring the impact on SDGs and future perspectives. *Social Sciences & Humanities Open*, 9, 100833.

De la Rosa Ruiz, D., Giménez Armentia, P., & De la Calle Maldonado, C. (2019). Educación para el desarrollo sostenible: el papel de la universidad en la Agenda 2030.

Departamento Nacional de Planeación (2022). de 2022. Política de Transición Energética. (Documento CONPES 4075). Bogotá, Colombia.

Departamento Nacional de Planeación (2022). de 2023. Política de Reindustrialización. (Documento CONPES 4129). Bogotá, Colombia.

Departamento Nacional de Planeación (2023). Plan Nacional de Desarrollo Potencia Mundial de la Vida (2022-2026). <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

Di Terlizzi, S.; Gama, I. & Jaramillo Quintero, T. (2021). Transición Energética en Colombia: No Necesariamente una Realidad que se Sustenta en el Cambio Climático. *Verba Iuris*, 17(46), pp. 105-128.

Droubi, S., Galamba, A., Fernandes, F. L., de Mendonça, A. A., & Heffron, R. J. (2023).

Transforming education for the just transition. *Energy Research & Social Science*, 100, 103090.

Eaton, E. M., & Day, N. A. (2020). Petro-pedagogy: Fossil fuel interests and the obstruction of climate justice in public education. *Environmental Education Research*, 26(4), 457-473.

Esquembre, J. (2014). Innovación y gestión estratégica de proyectos. CENGAGE LEARNING, 208-340

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. DOI: 10.1016/S0048-7333(99)00055-00054.

European Union (2023). EU Voluntary Review on progress in the implementation of the 2030 Agenda. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Federal Ministry of Education and Research. (2021). National Action Plan on Education for Sustainable Development- The German contribution to the UNESCO Global Action Programme.

Funnell, S & Rogers, P. (2011). Developing a Theory of change. Purposeful Program Theory: Effective Use of Theories of Change and Logic Models (149- 198). Jossey-Bass.

Funnell, S & Rogers, P. (2011). Developing a Theory of Action. Purposeful Program Theory: Effective Use of Theories of Change and Logic Models (199- 240). Jossey-Bass.

- Georgescu-Rogen, N. (1971). *The Entropy Law and the economic process*, Cambridge, Harvard University Press.
- Gobierno de Colombia. (2021). *Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el Acuerdo de París*. MinAmbiente, DNP, Cancillería, AFD, Expertise France, WRI: Bogotá.
- Godet, M. (1993). *De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva estratégica*. Marcombo Boixareu Editores.
- Goritz, A., & Kolleck, N. (2024). Education in international climate pledges—identifying education framings in countries nationally determined contributions (NDCs). *Environmental Education Research*, 1-21.
- Graf, L., Powell, J. J., Fortwengel, J., & Bernhard, N. (2014). *Duale Studiengänge im globalen Kontext: Internationalisierung in Deutschland und Transfer nach Brasilien, Frankreich, Katar, Mexiko und in die USA*. Berlin: DAAD.
- Hasnain, S. M., Alawaji, S. H., & Elani, U. A. (1998). Solar energy education-a viable pathway for sustainable development. *Renewable Energy*, 14(1-4), 387-392.
- Heffron, R. J., & Heffron, R. J. (2021). What is the “just transition”? Achieving a just transition to a low-carbon economy, 9-19.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.
- Horton, D., Alexaki, A., Bennett-Lartey, S., Brice, K. N., Campilan, D., Carden, F., Silva, J., Duong, L., Khadar, I., Boza, A., Muniruzzaman, I., Pérez, J., Chang, M.,

- Vernooy, R. & Watts, J. (2003). Evaluating Capacity Development: Experiences from Research and Development Organizations around the World. International Service for National Agricultural Research (ISNAR).
- Howard, J. (1981) Future Studies and Environmental Education, *The Journal of Environmental Education*, 13:2, 40-43, DOI: 10.1080/00958964.1982.10801920
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2010). Estrategia nacional de educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático. IDEAM: Bogotá, Colombia.
- International Association of Universities (IAU) (2019). International Handbook of Universities 2019. World Higher Education Database. Twenty-Ninth Edition
- Jaber, J. O., Awad, W., Rahmeh, T. A., Alawin, A. A., Al-Lubani, S., Dalu, S. A., Dalabih, A. & Al-Bashir, A. (2017). Renewable energy education in faculties of engineering in Jordan: Relationship between demographics and level of knowledge of senior students'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 452-459.
- Kahn, H. (1976) *The Next 200 Years: A Scenario for America and the World*, New York: William Morrow.
- Kahn, H. (1979). *World Economic Development: 1979 and Beyond*. New York: William Morrow.
- Kandpal, T. C., & Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 300-324.
- Lambrechts, W., Van Liedekerke, L., & Van Petegem, P. (2018). Higher education for sustainable development in Flanders: balancing between normative and

- transformative approaches. *Environmental Education Research*, 24(9), 1284-1300.
- Laszlo, E. (1978). *Goals for Mankind*. New York: New American Library.
- Lledó, P & Rivarola, G. (2007). *Gestión de proyectos. Cómo dirigir proyectos exitosos, coordinar los recursos humanos y administrar los riesgos*. Pearson, 29 – 58.
- Lowan-Trudeau, G., & Fowler, T. A. (2022). Towards a theory of critical energy literacy: The Youth Strike for Climate, renewable energy and beyond. *Australian Journal of Environmental Education*, 38(1), 58-68.
- Lucas, H., Pinnington, S., & Cabeza, L. F. (2018). Education and training gaps in the renewable energy sector. *Solar Energy*, 173, 449-455.
- Lusthaus, C., Adrien, M. H., & Perstinger, M. (1999). *Capacity Development: Definitions, Issues and Implications for Planning, Monitoring and Evaluation*. *Universal Occasional Paper*, 35, 1-21.
- Maier, S., Narodoslawsky, M., Borell-Damián, L., Arentsen, M., Kienberger, M., Bauer, W., ... & Dobravec, V. (2019). Theory and practice of European co-operative education and training for the support of energy transition. *Energy, sustainability and society*, 9, 1-12.
- Mayne, J. (2017). Theory of change analysis: Building robust theories of change. *Canadian Journal of Program Evaluation*, 32(2), 155-173.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth-club of rome*.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J. (1992). *Beyond the limits: global collapse or a sustainable future* (pp. xiv+-300pp).

- Medina, J & Sánchez, J. (Eds.). (2008). Sinergia prospectiva tecnológica y la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS.
- Medina Vásquez, J. E. (2014). Desafíos para la transformación productiva y educativa: hacia una sociedad y una economía del conocimiento. Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente.
- Medina Vásquez, J. (2019). Prospectiva como instrumento de política en ciencia, tecnología e innovación para Centroamérica y República Dominicana.
- Medina Vásquez, J. E. (2020) Abriendo caminos en la prospectiva de América Latina y el Caribe. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle – Editorial USACH, Centro de Estudios del Futuro de la Universidad de Santiago de Chile.
- Medina Vásquez, J. E. (2023). Prospectiva para un mundo interdependiente. Academia Colombiana de Ciencias Económicas.
- Mesarovic, M. and Pestel, E. (1974). Mankind at the Turning Point. New York: New American Library.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). Análisis y Recomendaciones para la Revisión, Actualización e Implementación de la Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático, en el Marco de la Política Nacional de Cambio Climático y la Política Nacional de Educación Ambiental. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/estrategia-nacional-de-educacion-formacion-y-sensibilizacion-de-publicos-sobre-cambio-climatico/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020). NDC de Colombia. Actualización 2020.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Educación Nacional, Universidad EAN, Universidad Sergio Arboleda, UDCA, Fundación Universitaria Los Libertadores (2020). Educación, formación y sensibilización en cambio climático en Colombia visión A 2050 y metas NDC a 2030.

Ministerio de Educación Nacional (s.f.). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES)*. Recuperado el 5 de enero de 2024, de <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (2022). Modelo de Clasificación de Revistas Científicas – Publindex 2022.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (2023). Políticas De Investigación e Innovación Orientadas Por Misiones – PIIOM Misión Transición Energética.

Mojica, F. J. (2005). La construcción del futuro. Concepto y modelo de prospectiva estratégica, territorial y tecnológica. Universidad Externado de Colombia, Facultad de Administración de Empresas.

Nazarko, J., Anna Kuźmicz, K., Szubzda-Prutis, E., & Urban, J. (2009). The general concept of benchmarking and its application in higher education in Europe. *Higher Education in Europe*, 34(3-4), 497-510.

Nureldeen, A., & Chang, B. (2018). Impact of Renewable Energy on Education. In IIE Annual Conference. Proceedings (pp. 1677-1682). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

[Unesco]. (2020a). Education for sustainable development: a roadmap. Place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

[Unesco]. (2020b). Integrating action for climate empowerment into nationally determined contributions: a short guide for countries, Place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia.

Özbay, F., & Duyar, I. (2022). Exploring the role of education on environmental quality and renewable energy: Do education levels really matter?. Current Research in Environmental Sustainability, 4, 100185.

Paas, L. (2016). Action for Climate Empowerment: Guidelines for accelerating solutions through education, training and public awareness. UNESCO Publishing.

Pacheco, J. F. & Archila, S. (2020). Guía para construir teorías del cambio en programas y proyectos sociales. Parque Científico de Innovación Social.

Palmer, C. (2008). Wave energy in the UK - the lessons of 30 years. RINA, Royal Institution of Naval Architects International Conference - Marine Renewable Energy – Papers.

PALOP, F. & VICENTE, J. (1999): “Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva: su potencialidad para la empresa española”, España, Fundación COTEC.

Palop, F. & Martínez, J. (2012). Guía Metodológica de Práctica de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Valencia y Medellín. España y sus Regiones Intercambian Conocimiento con Antioquia – ERICA.

- Pérez-Rincón, M., Puente, I. & Garcia, A. (2024) Transición Energética con Justicia Ambiental en Colombia: retos y posibilidades desde la economía ecológica y la ecología política. Censat Agua Viva.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2009). Capacity Development: A UNDP Primer. <https://www.undp.org/publications/capacity-development-undp-primer>
- Ram, M., Aghahosseini, A., & Breyer, C. (2020). Job creation during the global energy transition towards 100% renewable power system by 2050. *Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119682.
- Reid, A. (2019) Climate change education and research: possibilities and potentials versus problems and perils?, *Environmental Education Research*, 25:6, 767-790, DOI: 10.1080/13504622.2019.1664075
- Rovelli, P., Ferasso, M., De Massis, A., & Kraus, S. (2022). Thirty years of research in family business journals: Status quo and future directions. *Journal of Family Business Strategy*, 13(3), 100422.
- Sachs, J.D., Lafortune, G., Fuller, G., Drumm, E. (2023). Implementing the SDG Stimulus. Sustainable Development Report 2023. Dublin: Dublin University Press, 2023. 10.25546/102924
- Sánchez & Palop. (2002). Herramientas de Software para la práctica de la Inteligencia Competitiva en la empresa. Primera Edición. Triz XXI.Valencia.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2022). Contribución Determinada a Nivel Nacional. Actualización 2022-2030. México, Ciudad de México.

- Slowinski, M. & Alfano, K. (2015). Renewable Energy Technician Education: Lessons from the German Energiewende. In 2015 ASEE Annual Conference & Exposition (pp. 26-1330).
- Starr, L., & Fornoff, M. (2016). Theory of Change: facilitator's guide. Washington, DC: TANGO International and The Technical and Operational Performance Support (TOPS) Program.
- Studyportals. (2024). Studyportals PhDs. Recuperado de <https://www.phdportal.com>
- Studyportals. (2024). Studyportals Masters. Recuperado de <https://www.mastersportal.com>
- Studyportals. (2024). Studyportals Bachelors. Recuperado de <https://www.bachelorsportal.com/?redirect=false>
- Swift, A., Tegen, S., Acker, T., Manwell, J., Pattison, C., & McGowan, J. (2019). Graduate and undergraduate university programs in wind energy in the United States. *Wind Engineering*, 43(1), 35-46.
- Thomas, C., Jennings, P., & Lloyd, B. (2008). Issues in renewable energy education. *Australian Journal of Environmental Education*, 24, 67-73.
- Tinbergen, J. (1976). *RIO: Reshaping and International Order*. New York: New American Library.
- Tomassi, A., Caforio, A., Romano, E., Lamponi, E., & Pollini, A. (2024). The development of a Competence Framework for Environmental Education complying with the European Qualifications Framework and the European Green Deal. *The Journal of Environmental Education*, 55(2), 153-179.

Ubels, J., Fowler, A., & Acquaye-Baddoo, N. A. (2010). A resource volume on capacity development. In *Capacity development in practice* (pp. 1-8). Routledge.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2024). Plan Energético Nacional 2022-2054. <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PEN-2052.aspx#:~:text=El%20PEN%202022%2D2052%20es,y%20la%20econom%C3%ADa%20del%20pa%C3%ADs.>

United Nations. UN Sustainable Development Goals. (2015).

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

United Nations Sustainable Development Group. (2017). *Theory of Change UNDAF Companion Guidance*.

United Nations Development Group- UNDG. (2009). *Capacity Assessment Methodology*.

Vakulchuk, R., & Overland, I. (2024). The failure to decarbonize the global energy education system: Carbon lock-in and stranded skill sets. *Energy Research & Social Science*, 110, 103446.

Valle, A., Manrique, L., & Revilla, D. (2022). *La investigación descriptiva con enfoque cualitativo en educación*.

Valters, C. (2022). *Theories of change: time for a radical approach to learning in development*. ODI.

Vélez, I. (2024). *Transición Justa: propuestas de gobierno en tiempos de polícrosis*. En J. D. González Ruiz, H. M. Vélez García y J. Malagón González (Eds.), *Finanzas sostenibles: sector bancario*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas y Económicas.

Vila, J. (2021). Economía en el cambio climático. Hoja de ruta hacia la sociedad frugal.

Icaria Editorial. S.A.

Villanueva, M., Pérez, N., Sánchez, A., Guagliano, M., Liscen, D., & Lefevre, M. L.

(2015). Guía Nacional de Vigilancia e Inteligencia Estratégica (VeIE). Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Bs As.

Wallasch, A. & Matthias D. (2010). A long term strategy on joint capacity building Work

package 2: Success factors for a long term strategy (by Germany, Denmark and Spain). Final draft for the workshop of multilateral working group on implementing the major economic forum global partnerships technology action plans for wind and solar technologies.

Waldron, F., Ruane, B., Oberman, R. & Morris, S. (2019). Geographical process or global injustice? Contrasting educational perspectives on climate change.

Environmental Education Research, 25(6), 895-911.

Wan Endut, W. J., Abdullah, M., & Husain, N. (2000). Benchmarking institutions of higher education. Total Quality Management, 11(4-6), 796-799.

Weeks, P. (2000). Benchmarking in higher education: An Australian case study.

Innovations in Education and Training International, 37(1), 59-67.

Welsh, J. F. (2002). Assessing the transfer function: Benchmarking best practices from state higher education agencies. Assessment & Evaluation in Higher Education, 27(3), 257-268.

Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. Sustainability science, 6, 203-218.

- Wiesner, S. (2014). The development of technicians as a key factor for a sustainable development of renewable energies using an adapted education method based on the successful german Dual Education (Duale Ausbildung). *Energy Procedia*, 57, 1034-1036.
- Zhang, Q. Y., Best, R., & Chareunsky, A. (2023). The impact of globalisation and education in promoting policies for renewables and energy efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138559.

13. Listado de Apéndices

[Apéndice A. Programas Colombia](#)

[Apéndice B. Grupos de Investigación](#)

[Apéndice C. Ficha de Vigilancia Tecnológica](#)

[Apéndice D. Palabras clave y Bitácora](#)

[Apéndice E. Pasos Teoría del Cambio](#)

[Apéndice F. Base SCOPUS](#)

[Apéndice G. Identificación de problemas clave](#)