



DESCRIPCIÓN, UTILIZACIÓN Y PROYECCIONES DE LA ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ

NELSON ENRIQUE ANDRADE BAQUERO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN DESARROLLO REGIONAL Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO

MANIZALES

2021

DESCRIPCIÓN, UTILIZACIÓN Y PROYECCIONES DE LA ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ

Nelson Enrique Andrade Baquero

Proyecto de grado para optar al título de:

Magister en Desarrollo Regional y Planificación del Territorio

Tutor

PhD. Olga Lucia Ocampo López

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN DESARROLLO REGIONAL Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO

MANIZALES

2021

DEDICATORIA

A mis hijos, Sofía, Luciana, Enrique y Alejandro

Porque su existencia alimenta la mía, me inspiran en mi crecimiento personal y me confortan para afrontar cada nuevo reto profesional.

A mi madre Elizabeth

Por ser mi columna vertebral, y quién desde niño me ha enseñado que el estudio es el único camino hacia el éxito.

A mi directora Olga Lucía Ocampo López

Primero, por todas sus enseñanzas como docente y como persona. Y segundo, por su orientación permanente, clara, precisa y valiosa para la realización de esta investigación.

RESUMEN

En esta investigación se presenta la caracterización de sistemas en energía solar instalados en el Departamento de Caquetá, producto de la aplicación de un instrumento de recolección de información para sistemas existentes en 15 Municipios del Caquetá, que permitió conocer sistemas instalados, sus características y la percepción de satisfacción de los usuarios. Además, se evaluó el potencial de radiación solar en el departamento, a partir de un análisis de información climática existente.

Se identificaron las perspectivas y oportunidades para la integración de la energía solar en el Departamento, en el marco de las políticas públicas territoriales, mediante la revisión de 16 planes municipales de desarrollo y el plan departamental de desarrollo, todos para la vigencia 2020-2023.

Por último, permitió determinar condiciones básicas desde las dimensiones: social, económica y ambiental del territorio, que contribuyen a la factibilidad de proyectos de energía solar en Caquetá.

La información permitió caracterizar la utilización y proyecciones de SSF para la integración de la misma en el Departamento de Caquetá, lo que arroja resultados a nivel de información cuantitativa y cualitativa, útil para que actores locales y nacionales del territorio, impulsen desde las políticas públicas, con una tasa de penetración mayor a la histórica, la energía solar fotovoltaica, y contribuir así con el desarrollo rural de zonas donde difícilmente se podrán conectar con el sistema nacional interconectado.

En igual sentido, los datos permitirán a agencias y organismos de cooperación internacional, apoyar a comunidades rurales con financiamiento para la adopción de este tipo de energía renovable. Igualmente, se espera que estos insumos motiven a inversionistas privados a generar emprendimientos en este sector. Finalmente, la divulgación de los resultados podrá generar en las zonas rurales, mayor conocimiento sobre este tipo de sistemas, para romper con una de las barreras que ha limitado la implementación de la energía solar fotovoltaica desde la perspectiva comunitaria.

Palabras clave: Energía solar fotovoltaica, desarrollo rural, desarrollo sostenible.

ABSTRACT

This research presents the characterization of solar energy systems installed in the Department of Caquetá, as a result of the application of an information gathering instrument for existing systems in 15 municipalities of Caquetá, which allowed knowing the installed systems, their characteristics and the users' perception of satisfaction. In addition, the solar radiation potential in the department was evaluated, based on an analysis of existing climatic information.

The prospects and opportunities for the integration of solar energy in the Department were identified, within the framework of territorial public policies, through the review of 16 municipal development plans and the departmental development plan, all for the 2020-2023 period.

Finally, it allowed determining basic conditions from the social, economic and environmental dimensions of the territory, which contribute to the feasibility of solar energy projects in Caquetá.

The information allowed characterizing the use and projections of SSF for its integration in the Department of Caquetá, which yields results at the level of quantitative and qualitative information, useful for local and national actors of the territory, to promote from public policies, with a penetration rate higher than the historical, photovoltaic solar energy, and thus contribute to the rural development of areas where it is difficult to connect to the national interconnected system.

Likewise, the data will allow international cooperation agencies and organizations to support rural communities with financing for the adoption of this type of renewable energy. It is also expected that these inputs will motivate private investors to generate ventures in this sector. Finally, the dissemination of the results could generate greater knowledge in rural areas about this type of system, in order to break down one of the barriers that has limited the implementation of solar photovoltaic energy from a community perspective.

Key words: Photovoltaic solar energy, rural development, sustainable development

TABLA DE CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN.....	15
2	ANTECEDENTES.....	19
3	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	29
4	JUSTIFICACIÓN.....	33
5	REFERENTE CONTEXTUAL.....	36
6	REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL.....	41
7	REFERENTE TEÓRICO.....	47
7.1	DESARROLLO.....	47
7.1.1	Desarrollo Rural.....	49
7.1.2	Desarrollo Sostenible.....	50
7.2	ENERGÍAS RENOVABLES.....	51
7.2.1	Energía Solar.....	53
7.2.2	Energía Solar Térmica.....	53
7.2.3	Energía Solar Fotovoltaica.....	54
8	OBJETIVOS.....	56
8.1	OBJETIVO GENERAL.....	56
8.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	56
9	METODOLOGÍA.....	57
9.1	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	57
9.2	ENFOQUE METODOLÓGICO.....	60
9.3	TIPO DE ESTUDIO.....	60
9.4	UNIDAD DE TRABAJO Y ANÁLISIS.....	61

9.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN..	61
9.6	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y PLAN DE ANÁLISIS	61
10	RESULTADOS.....	63
10.1	CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTVOLTAICA EN CAQUETÁ	64
10.1.1	Descripción General De Los Sistemas Encontrados	64
10.1.2	Análisis Por Categorías De La Información Recolectada Con El Instrumento..	84
10.2	ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR.....	103
10.2.1	Elevación media del Departamento del Caquetá.....	103
10.2.2	Climatología	104
10.2.3	Precipitación Media.....	106
10.2.4	Temperatura.....	113
10.2.5	Brillo Solar	115
10.2.6	Humedad Relativa	121
10.2.7	Pisos Térmicos.....	123
10.3	CONDICIONES DE FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE ENERGÍA SOLAR FOTVOLTAICA EN CAQUETÁ	126
10.3.1	Antecedentes En Factibilidad De Proyectos.....	126
10.3.2	Normatividad vigente	131
10.3.3	Incentivos	136
10.3.4	Políticas Públicas.....	141
10.3.5	Aspectos Sociales, Económicos Y Ambientales	145
11	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	154

11.1	CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTVOLTAICA EN CAQUETÁ	155
11.2	ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR	158
11.3	CONDICIONES DE FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE ENERGÍA SOLAR FOTVOLTAICA.....	159
11.4	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON INVESTIGACIONES SIMILARES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES PARA LOS DEPARTAMENTOS DE CALDAS Y PUTUMAYO.....	161
12	CONCLUSIONES	164
13	RECOMENDACIONES.....	167
13.1	A LOS ENTES TERRITORIALES.....	167
13.2	A PROVEEDORES DE MÓDULOS SOLARES FOTVOLTAICOS Y ASISTENCIA TÉCNICA.....	168
13.3	A LAS COMUNIDADES Y USUARIOS ACTUALES Y POTENCIALES.....	168
13.4	A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES, UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN.....	169
14	LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y TRABAJOS FUTUROS	170
15	BIBLIOGRAFIA.....	171
16	ANEXOS.....	180

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Artículos seleccionados como antecedentes.....	19
Tabla 2. Actividad agropecuaria del departamento 2016.....	38
Tabla 3. Cobertura red de interconexión eléctrica en el Departamento del Caquetá	40
Tabla 4. Ventajas/desventajas SSF.....	55
Tabla 5. Cuadro de operacionalización	57
Tabla 6. Localización SSF encontrados por municipio.....	65
Tabla 7. Resumen estación meteorológicas.....	105
Tabla 8. Precipitación por polígonos de Thiessen.....	107
Tabla 9. Radiación para regiones en Colombia.....	119
Tabla 10. Clases de Clima según Caldas.....	123
Tabla 11. Clases de clima según Lang	123
Tabla 12. Principales conclusiones sobre impactos de la energía solar fotovoltaica	126
Tabla 13. Normatividad en Colombia sobre energías renovables	131
Tabla 14. Descripción de incentivos para la promoción de energías renovables	136
Tabla 15. Acciones para promover las ER en Planes de Desarrollo y Políticas Públicas ..	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Paneles solares en Caquetá, financiado por la Embajada de Turquía	26
Figura 2. Caseta para almacenamiento de baterías	27
Figura 3. División político-administrativo del Departamento del Caquetá.....	37
Figura 4. Conectividad vial Departamento del Caquetá.....	39
Figura 5. Fuentes de energía renovable, tecnologías y aplicaciones	52
Figura 6. Energía solar térmica	54
Figura 7. Modelo de instalación de energía solar fotovoltaica.....	55
Figura 8. Diseño metodológico del proyecto.....	57
Figura 9. Localización de SSF instalados y caracterizados.....	65
Figura 10. Instalación del sistema en áreas rurales y urbanas	67
Figura 11. Sectores donde se encontraron los SSF.....	68
Figura 12. Conocimiento sobre las energías renovables	84
Figura 13. Medios con los que se obtuvo la información sobre energías renovables	85
Figura 14. Tarifas del servicio de energía eléctrica por estratos y sectores, mayo 2020	86
Figura 15. Potencia pico instalada de los SSF encontrados	87
Figura 16. Marcas de los paneles solares	88
Figura 17. Aplicaciones en las que se emplea la energía solar fotovoltaica	89
Figura 18. Cantidad de personas que se benefician con las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica	90

Figura 19. Tiempo entre la idea y la decisión de instalar el SSF	91
Figura 20. Tiempo entre la decisión y la implementación	92
Figura 21. Tiempo de uso de los SSF.....	92
Figura 22. Costo global de instalación	93
Figura 23. Costo global de la instalación	94
Figura 24. Tiempo estimado de retorno de la inversión.....	95
Figura 25. Tipo de mantenimiento que se realiza.....	95
Figura 26. Frecuencia del mantenimiento que se realiza.....	96
Figura 27. Costos de mantenimiento y operación de los SSF	97
Figura 28. Principales fallas o problemas del sistema.....	98
Figura 29. Funcionalidad de la aplicación.....	99
Figura 30. Percepción sobre las ER.....	100
Figura 31. Cumplimiento de expectativas de los usuarios	100
Figura 32. Principales impactos positivos generados con los SSF.....	101
Figura 33. Reducción porcentual estimada de los costos	102
Figura 34. Grado de satisfacción con el sistema instalado.....	102
Figura 35. Curvas a nivel del Departamento	104
Figura 36. Distribución espacial de estaciones meteorológicas y SSF instalados caracterizados	106
Figura 37. Polígonos de Thiessen.....	108

Figura 38. Variaciones de la precipitación media mensual en el Departamento del Caquetá	110
Figura 39. Mapa anual dirección de vientos en el Departamento del Caquetá	110
Figura 40. Mapa multianual de la precipitación media en el Departamento del Caquetá..	111
Figura 41 Precipitación media mensual en el Departamento del Caquetá	112
Figura 42. Isoterma multianual temperatura media.....	113
Figura 43. Histograma temperatura media mensual en el Departamento del Caquetá.....	114
Figura 44. Mapa multianual de isotermas en el Departamento del Caquetá	115
Figura 45. Histograma brillo solar medio en el Departamento del Caquetá	116
Figura 46. Multianual del brillo solar para el Departamento del Caquetá	116
Figura 47. Brillo solar mensual para el Departamento del Caquetá.....	117
Figura 48. Mapa multianual de radiación diaria en el Departamento del Caquetá	118
Figura 49. Mapa brillo solar en Colombia.....	120
Figura 52. Tipo de clima para el Departamento del Caquetá - clasificación Caldas – Lang	124
Figura 53. Línea de tiempo de la normatividad que rige en Colombia en materia de energías renovables con los hitos más destacados.....	135

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Sistema solar fotovoltaico Ganadería Managua - San Vicente del Caguán...	70
Fotografía 2. Sistema solar fotovoltaico Finca Los Laureles - Puerto Rico.....	71
Fotografía 3. Sistema solar fotovoltaico Finca Las Gaviotas – Florencia.....	72
Fotografía 4. Sistema solar fotovoltaico Finca El Charco - San José del Fragua.....	73
Fotografía 5. Sistema solar fotovoltaico en la vereda Puerto Mercedes – Solano	74
Fotografía 6. Sistema solar fotovoltaico Casa residencial barrio Sinaí – Florencia.....	75
Fotografía 7. Sistema solar fotovoltaico Finca La Vetulia - El Paujil.....	75
Fotografía 8. Institución Educativa Santo Domingo Savio - San Vicente del Caguán	77
Fotografía 9. Institución Educativa Simón Bolívar Sede El Guamo - La Montañita.....	78
Fotografía 10. Institución Educativa María Luisa de Moreno - Cartagena del Chairá	79
Fotografía 11. Parque Central Belén de los Andaqués.....	80
Fotografía 12. Coliseo Cubierto de Belén de los Andaqués.....	81
Fotografía 13. Escuela Audiovisual Laboratorio Verde - Belén de los Andaqués.....	81
Fotografía 14. Droguería Farmacenter Mateo – Florencia	82
Fotografía 15. Joyería La Fina – Florencia.....	83

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1	107
Ecuación 2	108
Ecuación 3	113
Ecuación 4	118
Ecuación 5	125
Ecuación 6	125
Ecuación 7	125
Ecuación 8	126

1 PRESENTACIÓN

La población del Departamento del Caquetá asciende a 496.241 habitantes (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2019). El 39,5% es población rural y, el 56% de estos habitantes no tienen acceso a la energía eléctrica. Es decir, que, cerca de 110.000 ciudadanos que viven en el campo tienen limitaciones para generar condiciones de desarrollo rural sostenible en esta región del país, obligándose a usar fuentes de energía contaminantes como los combustibles fósiles, o incluso en algunos casos, a no poder usar ninguna fuente.

La energía eléctrica es un servicio público esencial para los diferentes usos en el hogar y para la actividad agropecuaria de la zona rural del Departamento. De hecho, las actividades agropecuarias en Caquetá representan el primer renglón económico del sector privado en el Caquetá, que aporta a un 16,7% de la estructura del PIB departamental (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019), y que representa el segundo sector de mayor importancia para la economía regional, después del sector público (administración pública y defensa) con el 20,7%.

De acuerdo con lo anterior, la energía solar se convierte en una alternativa para el acceso a la energía a población habitante de áreas no interconectadas, pero, además, representa una opción, desde el punto de vista ambiental, de reemplazar la energía de combustibles fósiles por la solar fotovoltaica. Así, la importancia de esta investigación está determinada por su aporte al desarrollo rural del Departamento del Caquetá y a la mitigación al cambio climático.

En la década reciente el mundo experimenta un crecimiento vertiginoso de las energías renovables generado por un nivel de costos que las hace competitivas frente a la energía convencional. Tal es el caso de las zonas rurales de difícil acceso, en las que las energías renovables no solo representan menores costos de inversión, sino también de operación. Esto genera un crecimiento progresivo de las energías renovables en el suministro de servicios energéticos esenciales y para el sector productivo.

Incentivos como el pago de primas por la electricidad producida bajo energías renovables, también han contribuido el crecimiento exponencial de esta tecnología en los últimos 20 años en países como Alemania, España, Estados Unidos, Italia, China, India y Japón. De hecho, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) indica en su informe de estadísticas de capacidad renovable 2020 que en 2019 el mundo ya contaba una potencia instalada de 580GW, lo cual significa un crecimiento del 167% con respecto al 2015 donde la cifra era de 217GW, con un incremento anual promedio de 90 GW/año. Los países con mayor ampliación de su potencia instalada para el año 2019 fueron China (205 GW), Japón (61 GW), Estados Unidos (60 GW) y Alemania (48 GW), (IRENA, 2020).

En el caso de América Latina, fabricantes chinos de módulos fotovoltaicos estimaron un crecimiento en la región del 20% para el año 2019, pasando de una potencia instalada de 35 GW a 42 GW, donde consideraron solamente cifras de acuerdo con proyectos de inversión de gran escala. Es decir, que el crecimiento pudo ser mayor si se suman las pequeñas inversiones en este tipo de tecnologías que diariamente hacen los hogares y comercios en los diferentes países. México y Chile se consideran las naciones con mayores avances en la implementación de sistemas solares fotovoltaicos gracias a sus políticas de incentivos y su ubicación geográfica que les permite distinguirse como países con la mayor radiación solar en la región.

En general, en América Latina existen condiciones climatológicas, recursos naturales e interés político para fomentar el desarrollo de fuentes de energías renovables, lo que se traduce en una gran oportunidad para el auge de estas tecnologías en la región para facilitar, entre otras ventajas, el acceso a la energía para comunidades de zonas muy apartadas con difícil acceso a la energía convencional.

El crecimiento de las energías renovables en Colombia también ha sido importante, al pasar de 208KW de potencia instalada en 2005 a 50 MW en 2019. El gobierno tiene la meta de llegar a 1500MW en 2022, aprovechando las condiciones climáticas del país y su ubicación en el trópico, que lo ubica como un país con alto potencial para el desarrollo de las ER en sus diferentes regiones. Esto sumado a los avances y desarrollos de estas tecnologías en el mundo, su rápida expansión, la disminución de costos de producción y

operación, y la cada vez más, apropiación del conocimiento de los habitantes sobre las energías renovables.

En el Departamento del Caquetá la energía solar fotovoltaica se ha convertido en una alternativa al alcance de comunidades rurales para contar con energía para los hogares campesinos y las actividades productivas. Los gobiernos locales y el departamental han logrado gestionar recursos ante el gobierno nacional y la cooperación internacional para llevar este tipo de soluciones energéticas a zonas donde el sistema nacional interconectado no llega.

La energía solar fotovoltaica instalada en Caquetá está aislada del sistema interconectado, no se conoce su desempeño, principales usos y aplicaciones, las ventajas y desventajas durante la instalación y operación, costos, y otras variables de tipo social, ambiental y económicas que permitan encontrar caminos, desde las políticas públicas para lograr una expansión de esta solución energética como alternativa para la energización en zonas rurales no interconectadas.

Con el desarrollo de esta investigación se caracterizaron sistemas de energía solar fotovoltaica instalados en el Departamento de Caquetá. Se desarrolló una fase exploratoria que permitió identificar los sitios donde están localizados los sistemas solares fotovoltaicos instalados en cada uno de 15 Municipios: Florencia, La Montañita, El Paujil, Puerto Rico, San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá, Solano, Milán, Morelia, Belén de los Andaquíes, San José del Fragua, Albania, Curillo, Valparaíso y Solita. Luego se planificó y ejecutó un cronograma de trabajo de campo, donde se tomaron datos de 65 instalaciones fotovoltaicas en 15 Municipios a través de un instrumento de recolección de información. También, se estimó el potencial de radiación solar en el Departamento del Caquetá, a través de un análisis descriptivo elaborado con información de las variables climáticas de los 16 Municipios. Finalmente, con el análisis de toda la información de esta investigación se establecieron las condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas del territorio que contribuyen a la factibilidad de proyectos de energía solar en Caquetá.

Los resultados de la investigación serán de utilidad para que los entes territoriales en Caquetá cuenten con insumos para la definición de políticas públicas territoriales que promuevan el uso de energías renovables, y a su vez, se contribuya con el acceso al servicio

de energía en las zonas del campo, como factor indispensable para el desarrollo rural de este departamento con alta vocación agropecuaria. Vale destacar, que esta investigación complementa el trabajo articulado entre la Universidad Autónoma de Manizales, la Universidad Autónoma de Occidente y el Centro de Automatización Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Seccional Caldas, alrededor de la investigación “Energía solar: diagnóstico, perspectivas y oportunidades en el marco de la política energética en el Valle del Cauca y Caldas”, con lo que se obtiene información relevante de otros Departamentos, como el Caquetá.

El documento está estructurado en tres partes. En la primera se presenta una descripción del problema, las razones que justifican la investigación y los referentes, contextual, normativo y legal, y teórico. En la segunda, se ilustran los objetivos planteados para la investigación, la metodología y los resultados obtenidos. Finalmente, se presenta la discusión de los resultados, las conclusiones, las recomendaciones y el respaldo bibliográfico de esta investigación.

2 ANTECEDENTES

La modernidad y sus avances tecnológicos, de la mano con el crecimiento poblacional en el planeta, han hecho que las condiciones ambientales se deterioren a una tasa cada vez mayor. Por esta consideración, naciones del mundo y organismos multilaterales se han preocupado por generar conocimiento a través de diferentes instituciones de investigación y académicas, que permitan generar conocimientos para adoptar medidas que contribuyan a contrarrestar el deterioro ambiental.

En este orden de ideas, existe amplia información de investigaciones previas sobre el área de estudio de esta investigación. Sin embargo, los antecedentes seleccionados para el análisis de este trabajo son artículos de investigación y proyectos de inversión en el sector de la energía solar fotovoltaica realizados desde el año 2004, los cuales se han identificado y seleccionado aquellos de mayor grado de conexión temática y que tienen los siguientes tópicos: Energía solar fotovoltaica, energías renovables para el desarrollo rural y sostenible, y viabilidad de sistemas solares fotovoltaicos. Los artículos revisados se relacionan en la tabla 1, continuación a ella, se destacan los elementos más importantes de los mismos para esta investigación.

Tabla 1. *Artículos seleccionados como antecedentes*

Título	Autor (es)	Año	País	Tópicos
Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas.	Rodríguez Murcia, Humberto.	2008	Colombia	Energía renovable, energía solar.
Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. El caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán.	Pinto Siabato, Flavio.	2004	Colombia	Desarrollo sostenible, energías renovables.
Descripción y análisis del efecto fotovoltaico en la región.	Hincapié Isaza, Ricardo A.; Mesa, Juan David; Escobar Mejía, Andres.	2009	Colombia	Demanda energética, radiación solar.
Políticas públicas en Colombia de generación distribuida en nuevas fuentes energéticas: el	Farietta J., Katherin.	2013	Colombia	Energías alternativas renovables.

caso de la geotermia y las zonas no interconectadas.				
Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala.	Ortiz, José D.	2013	Colombia	Energía, viabilidad, fotovoltaico, Sostenibilidad.
Soluciones energéticas para zonas rurales (¿En el posconflicto?).	Pinilla Sepúlveda, Álvaro.	2016	Colombia	Energía eléctrica, sostenibilidad, energías limpias.
La energía solar fotovoltaica en Colombia, potenciales, antecedentes y perspectivas.	Gómez-Ramírez, Jhonnatan; Murcia-Murcia, Jairo D.; Cabeza-Rojas, Ivan.	2017	Colombia	Energía Solar Fotovoltaica, radiación solar, paneles solares, energías renovables.
Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural.	Rodríguez - Borges, Ciaddy Gina; Sarmiento - Sera, Antonio.	2011	Cuba	Sistemas fotovoltaicos autónomos, electrificación rural.
Competitividad de los sistemas híbridos eólicos - fotovoltaicos para la electrificación rural.	Rodríguez-Borges, Ciaddy; Sarmiento-Sera, Antonio.	2015	Cuba	Competitividad energética, electrificación rural.
Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia.	Serrano-Guzmán, María Fernanda; Pérez-Ruiz, Diego Darío; Galvis-Martínez, John Freddy; Rodríguez Sierra, Marlon Leonardo; Correa Torres, Sandra Natalia.	2017	México	Recurso natural, energía solar, emisiones dióxido de carbono.
La Cadena de Suministro de la Energía Solar	López Torres, Virginia Guadalupe; Alcalá Álvarez, Ma. Carmen; Moreno Moreno, Luis Ramón.	2012	México	Cadena de suministro, energía solar.
Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial.	Rodríguez Gámez, María; Castro Fernández, Miguel; Vázquez Pérez, Antonio; Vilaragut Llanes, Miriam.	2013	Cuba	Ordenación territorial, potencial solar.
El impacto económico de las energías renovables.	Posso, Fausto; Acevedo, Juan; Hernández, Jorge.	2014	Colombia	Energías renovables, economía de la energía.
Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano.	Pasqualino, Jorgelina; Cabrera, Cristina; Vanegas Chamorro, Marley.	2014	Colombia	Energía solar, evaluaciones ambientales, impactos ambientales.

Seguidor Solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar	Machado Toranzo, Noel; Lussón Cervantes, Ania; Leysdian Oro Carralero, Leandro; Bonzon Henríquez, Jorge; Escalona Costa, Orlando.	2015	Cuba	Energía solar, seguidor solar.
Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica.	Beltrán-Telles, Aurelio; Morera-Hernández, Mario; López-Monteaquedo, Francisco; Eneldo Villeda-Varela, Rafael.	2017	México	Energías renovables, Energía solar fotovoltaica.
Energy performance assessment of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic modules in the tropical mountain climate: The case for Manizales-Colombia	Mulcué-Nieto, Luis Fernando; Echeverry-Cardona, Luisa Fernanda; Restrepo-Franco, Alejandra María; García-Gutiérrez, Gerardo Andrés; Jiménez-García, Francy Nelly; Mora-López, Llanos	2020	Colombia	Energía solar fotovoltaica

Fuente: Elaboración propia

Con una cronología de los avances históricos sobre energía solar en Colombia, se destaca el interés por el tema, reflejado, tanto en la planificación estatal, como en las acciones del sector de Innovación y Desarrollo. Desde una óptica de perspectiva, se resalta que la energía solar puede hacer aportes significativos en dos vías: la primera, su contribución a la sostenibilidad ambiental por su importancia para mitigar el impacto ambiental del uso de los combustibles fósiles. Y la segunda, como alternativa para generar energía en zonas remotas y aisladas (Rodríguez Murcia, 2008).

Previamente, en 2004 se presenta un balance de energía de la vereda El Carrizal de Sutamarchán, Colombia, donde se estima también, el potencial de energías renovables para esa área rural. La investigación aporta un modelo de energía para calcular la demanda para sistemas de riego, considerando variables climáticas, orográficas y de cultivo. La investigación concluyó, entre otras cosas, que las energías renovables son una alternativa viable para llevar servicios de energía en zonas rurales aisladas, en donde es altamente

costoso interconectar dichas áreas con la interconexión eléctrica convencional (Pinto Siabato, 2004).

En 2009 un estudio de 3 investigadores Hincapié *et al.* (2009) arrojó que los sistemas fotovoltaicos tienen una vida útil promedio de 20 años, tiempo suficiente para el retorno de la inversión, lo que los autores conectan con la viabilidad financiera para adoptar este tipo de tecnología renovable como solución a zonas difíciles para ser interconectadas por el sistema nacional, además de la facilidad para su implementación e instalación, y a los beneficios que generan. También, destacan que la inversión se recupera en menor tiempo con la ayuda de bonos de CO₂ y leyes nacionales.

Cuatro años más tarde, se encontró que, económicamente, un sistema solar fotovoltaico de pequeña escala es atractivo solamente para zonas no interconectadas ZNI, dado que, según una investigación en Bogotá, no es atractivo, por los altos costos de adquisición y de instalación que no son competitivos frente a la electricidad disponible en la red nacional disponible en centros urbanos (Ortiz, 2013).

En refuerzo al argumento de Ortiz, en 2015 fue realizado un estudio comparando la electricidad generada por motores diésel, usada principalmente en zonas rurales no interconectadas, y la generada por energía solar fotovoltaica-eólica, por medio de esto, se logró concluir que, desde la dimensión económica (costo equivalente) y ambiental, el sistema híbrido eólico-fotovoltaico es de mayor competitividad que la generación diésel (Rodríguez-Borges & Sarmiento-Sera, 2015).

En el año 2011, se realizó una investigación que tuvo por objetivo evaluar las diferencias en las soluciones de dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos para varios niveles de calidad y su influencia en los costos del sistema, usando herramientas de simulación que fueron aplicadas a una vivienda rural alejada de la red eléctrica del municipio de Mara, en Venezuela, esta investigación concluyó que existen múltiples soluciones de dimensionado ajustables a diferentes niveles de calidad de servicio establecido y, que no siempre los sistemas de mayor nivel de calidad son los de mayor costo, si se considera la relación entre tres variables: el % de fallos, los días de autonomía y el costo de la electricidad. Se reconoce con la investigación, que un atributo de la energía solar fotovoltaica es el de ser una tecnología viable para la electrificación rural (Rodríguez

Borges & Sarmiento Sera, 2011). De hecho, estos autores, citando el estudio “Comparative Study on Rural Electrification Policies in Emerging Economies. Keys to success full policies” de NIEZ, A, (2010) dan cuenta de más de 500.000 hogares rurales en el mundo que cuentan con estos sistemas de electrificación.

López *et al.* (2012) presentaron la cadena de suministro de energía solar instalada en México para el mercado de la energía solar, con base a una investigación de enfoque exploratoria, la cual se realizó en bases de datos especializados por empresas dedicadas a los servicios de sistemas solares, y a partir de los resultados arrojados en esa investigación lograron concluir que en este país de Norteamérica no hay una cadena de suministro integrada, pues sólo se observaron eslabones aislados. Los investigadores sugirieron, el fomento de políticas públicas para desarrollar dicho segmento de mercado. De otra parte, alertaron sobre condiciones catastróficas a mediano plazo, producto del cambio climático, sino se toman medidas para disminuir la cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI, gran parte de estos son generados por los avances de la modernidad.

Analizar el potencial de radiación solar es parte fundamental en la determinación de la factibilidad de proyectos de energía solar fotovoltaica. En ese camino, Rodríguez *et al.* (2013) destacaron mediante una investigación en La Habana - Cuba, que la ordenación del territorio debería considerar el potencial de radiación a partir de las condiciones de la ubicación geográfica, para tener a disponibilidad lugares propicios para la instalación de sistemas fotovoltaicos, al considerar la eficiencia de la infraestructura eléctrica. Pocos años más tarde, también en Cuba, Machado *et al.* (2015) diseñaron un seguidor solar para obtener las coordenadas del sol durante el día, con el fin de optimizar la utilización de las fuentes renovables de energía.

En temas de normatividad, Farietta (2013) presenta un contexto sobre la reglamentación de las Energías Alternativas Renovables en el mundo, y profundiza en la comercialización de energía en Colombia. La investigación buscaba, además, explorar nuevas fuentes de energía (no convencionales) que fueran atractivas para inversionistas y usuarios, y que también procurara el cuidado ambiental. La conclusión macro de la investigación es que la propagación de nuevas fuentes de energía no se logra solamente con marcos normativos, sino con políticas fuertes que las promuevan, mediante incentivos

tributarios de financiación, programas de investigación y certificados comerciales, entre otros. Todo esto en favor de modernizar las áreas rurales, que corresponden al 65% del territorio colombiano, cuyas poblaciones se ven obligadas a migrar hacia las áreas urbanas por las precarias condiciones de vida en sus territorios.

En lo referente a la viabilidad de las energías renovables, Posso *et al.* (2014) analizaron su impacto económico, donde obtuvieron 4 conclusiones determinantes para el crecimiento del sector. 1. Da cuenta de la sextuplicación de las inversiones en el sector. 2. El avance de las tecnologías renovables y la respectiva tasa de aprendizaje, ha ocasionado una disminución constante de los costos de dichas tecnologías. 3. Generación de empleo, principalmente rural, por la utilización intensiva de mano de obra para la instalación de energías renovables. 4. Consolidación del mercado del carbono como compensación de países industrializados por generar contaminación ambiental.

En complemento, una investigación de Pasqualino *et al.* (2015) sobre los impactos de la energía solar y eólica, toman como caso el Caribe colombiano, concluyen que el impacto socioeconómico es positivo, básicamente por la generación de empleo y disponibilidad de energía en ZNI. En cuanto al impacto ambiental, destacaron que la construcción de tecnologías de energía solar y eólica genera un moderado impacto negativo, ocasionado por emisiones de gases, partículas, vertidos líquidos, consumo de recursos, generación de residuos y afectación permanente del medio biótico.

Estas últimas 2 investigaciones mencionadas anteriormente, una del impacto económico y, la otra, del impacto ambiental, dejan ver que la energía solar fotovoltaica tiene aspectos positivos que aportan de manera determinante a la factibilidad de este tipo de proyectos. Lo cual, analizado juntamente con el potencial de radiación solar de determinada zona, arrojaría la viabilidad o no, para la implementación de energía solar fotovoltaica en cualquier región de estudio.

En igual sentido, Pinilla Sepúlveda (2016) describió algunas alternativas para el suministro de energía eléctrica, y puntualizó que tardarán años, sino décadas, para lograr una cobertura total del Sistema Interconectada Nacional. Por tanto, concluye que la energía solar fotovoltaica es una alternativa de generación de energía en zonas marginales del territorio nacional, pero que debe haber una voluntad política que lo permitiera. Precisa,

que no tiene que esperarse al posconflicto, para mejorar la oferta de servicios como la salud, la energía y sistemas de información y comunicación modernos para escuelas rurales y viviendas.

Asimismo, Gómez-Ramírez *et al.* (2017) investigaron sobre la energía solar en Colombia a partir de 4 líneas: 1. La matriz energética en Colombia 2. El potencial de radiación solar en el país, 3. Las políticas públicas, y, 4. La energía solar para zonas rurales. Con la información que procesaron concluyeron que la principal barrera de los sistemas fotovoltaicos es el bajo conocimiento de los ciudadanos acerca de los mismos, sumado a la falta de políticas públicas que mejoren la eficiencia energética del país, a pesar de que la ubicación geográfica de Colombia le permite recibir en todo el territorio, alta radiación solar y se mantiene durante varias horas al día. Otro dato es que donde más se utiliza la energía solar fotovoltaica es en el sector rural y zonas no interconectadas. De hecho, refieren estos autores que, a 31 de octubre de 2017, el 32% de los colombianos no tienen acceso a la energía eléctrica.

En cuanto a análisis comparativos de las energías renovables con la energía convencional, estudiantes de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, realizaron una comparación entre la producción de energía con combustibles fósiles y la generada por energías renovables (solar fotovoltaica y eólica) para estimar el desarrollo de estas últimas. La investigación concretó que las plantas de energía solar fotovoltaica y eólica son competitivos respecto a las plantas de recursos fósiles, debido al incremento del precio de esta última, y los problemas de contaminación generados por su uso (Beltrán-Telles *et al.*, 2017).

En 2020 una investigación en Manizales evaluó dos sistemas de energía solar instalados, uno era ON-GRID policristalino de 2115 Wp y el otro monocristalino ON-GRID de 2040 Wp. Los resultados indicaron que el sistema policristalino fue mejor diseñado, con resultados óptimos en su rendimiento. No obstante, se determinó que las condiciones climáticas de la ciudad eran favorables para cualquier de los dos sistemas instalados (Mulcué *et al.*, 2020).

Todos estos trabajos relacionados que anteceden esta investigación han tenido como factor común el argumento de que la energía solar fotovoltaica, es una de las mejores

alternativas para generar electricidad en las zonas rurales en Colombia dónde es difícil la interconexión con el sistema nacional. Argumentación conjunta que coincide con una investigación de la Universidad Autónoma de Aguascalientes en México, que concluye que la energía solar es parte de la oferta energética en varios países, promovidas por políticas definidas, y que es una tecnología alternativa viable para abastecimiento en comunidades rurales (Serrano *et al*, 2017).

Como antecedentes de proyectos de inversión en energía solar fotovoltaica en el departamento de Caquetá, financiados por entidades gubernamentales o agencias de cooperación internacionales, se puede referir, por información de los entes territoriales, que han sido cerca de 10 iniciativas en los últimos 5 años. Han sido proyectos orientados todos a la instalación de paneles solares en zonas rurales que no están interconectadas al sistema nacional, principalmente para lograr energía solar fotovoltaica en instituciones educativas y hogares rurales con producción agropecuaria, mayoritariamente con actividad ganadera bovina.

En ese orden, en 2013, bajo la intención de construir escenarios de paz en lugares afectados por la violencia, la embajada de Turquía en coordinación con la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia, APC-Colombia, desarrollaron un proyecto de implementación de paneles solares en las veredas Cuemaní, Mononguete, Villa del Rio y Loma Alta de los Municipios de Solano y Puerto Rico.

Figura 1. Paneles solares en Caquetá, financiado por la Embajada de Turquía



Fuente: Agencia Presidencial de Cooperación Internacional APC Colombia

En el año 2017, la Gobernación del Caquetá inicio la implementación de un proyecto de construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en 40 instituciones educativas rurales de los Municipios de El Doncello, Puerto Rico y San Vicente del Caguán, que beneficiaría a 789 estudiantes, a través del proyecto “Implementación de soluciones de energía solar fotovoltaica en escuelas rurales del departamento de Caquetá” financiado con \$3.496.973.440 del Fondo de Desarrollo Regional del Sistema General de Regalías. Se instalan 6 paneles solares de 270 Wp, 6 baterías de 24V y 690Ah, 1 inversor-cargador de 1.600 W, 1 tablero de distribución, y se incluye la construcción de caseta de almacenamiento de baterías, estructuras metálicas de soporte, cableados, conducciones, protecciones, software de monitoreo y accesorios.

Figura 2. *Caseta para almacenamiento de baterías*



Fuente: Gobernación del Caquetá (2018)

El estudio de los antecedentes a esta investigación permite concluir lo siguiente:

- 1) Existe una preocupación mundial por el deterioro ambiental, sintomatológicamente evidente en el cambio climático, esto es, el aumento de la temperatura del planeta.

- 2) La concientización creciente, tanto de las instituciones, como de los ciudadanos, ha llevado a buscar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, donde se identifican las energías renovables como parte de las soluciones,
- 3) Las tecnologías renovables, no solamente contribuyen a la reducción de emisión de GEI, sino también, se convierten como una alternativa para la generación de energía en zonas rurales marginadas, con bajas posibilidad de conducir la interconexión eléctrica, por los altos costos de inversión que generan.
- 4) Por último, también se destaca, que el desarrollo de las tecnologías de energía solar fotovoltaica y las condiciones de mercado, han hecho que, cada vez más, los costos de inversión bajen, lo que representan una gran ventaja para masificar su uso. Lo cual puede ser potenciado a una escala mayor, a través de políticas públicas territoriales que busquen incentivar la adopción en los territorios.

3 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Según información departamental del Departamento Nacional de Planeación DNP 2019, Caquetá es habitado por 496.241 personas, de los cuales 197.193 viven en zona rural, y no cuentan con el 100% de cobertura de servicios públicos como agua, saneamiento básico, gas domiciliario y energía eléctrica, entre otros (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2019). En términos de cobertura de energía eléctrica, hay que precisar que la mayor problemática la vive el sector rural. Según el DNP (2019) la cobertura en el área rural solo llega al 43,9%, lo que representa que más de 110.000 habitantes rurales del Caquetá no tienen acceso a la energía eléctrica, a pesar de que este servicio se inició en Colombia a finales del siglo XIX.

Esto obedece, entre otros factores, a que el Caquetá es un departamento con una importante extensión territorial, son 88.965 km², que refleja una baja densidad poblacional, que da cuenta de 5,58 habitantes por km², muy por debajo del promedio nacional, el cual se sitúa en 142,12. Esta baja densidad poblacional ocasiona que los costos de inversión para la electrificación rural sean muy altos, comparativamente hablando frente a los costos en las zonas urbanas, o zonas rurales de otros departamentos del país con mayor densidad poblacional, incluso desde el análisis geográfico, con menor extensión territorial.

El Plan Departamental de Desarrollo del Caquetá para la vigencia 2016-2019, consideró que:

la baja cobertura en la prestación del servicio de energía es una limitante para el logro de un mejor nivel de bienestar de la población. Las limitaciones en flujo de información; las restricciones para el uso de equipos y tecnologías que permiten y mejoran la calidad de la producción; la dificulta o incrementa en costos para el uso de las Tic... (Gobernación del Caquetá, 2018)

La situación no es solamente de cobertura, sino también de la demanda creciente del servicio. Según datos del Plan de Desarrollo Departamental del Caquetá para la vigencia 2016-2019, Electrocaquetá contabilizó durante el tercer trimestre del año 2015 una demanda de energía de 43.081.443 kW/h, lo que significa un aumento de 7,5% en

comparación del consumo del mismo periodo del año anterior (Gobernación del Caquetá, 2018).

Otro aspecto que da cuenta del problema de cobertura eléctrica, además de los costos de inversión, es la situación fiscal de los entes públicos territoriales y la presencia del conflicto armado que vive el país desde más de 5 décadas. Con respecto al primero, el Departamento del Caquetá está dividido en 16 municipios, Florencia (ciudad capital) y demás municipios. Con excepción de Florencia que está en categoría 2, todos los municipios se encuentran en categoría 6, categoría más baja establecida en la categorización de Departamentos, Distritos y Municipios que realiza la Contaduría General de la Nación, lo que indica que el 94% de los entes municipales del Departamento tienen el nivel más bajo de Ingresos Corrientes de Libre Destinación (ICLD). Sumado a lo anterior, el Departamento de Caquetá, hasta el año 2019 se encontraba intervenido por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, en el marco de la Ley 550 de 1999 “Ley de quiebras”, lo que representaba limitaciones de recursos de inversión. El panorama anterior permite observar que la situación fiscal de los entes territoriales en Caquetá ha limitado en gran medida la inversión estatal para la implementación de políticas públicas territoriales que impulsen una mayor cobertura de energía eléctrica.

En cuanto al conflicto armado, Caquetá históricamente ha sufrido las consecuencias de la lucha armada del gobierno colombiano con las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia - FARC, las cuales antes de la firma del acuerdo de paz con el Gobierno de Colombia, se habían asentado en el territorio, con el fin de aprovechar las condiciones geográficas del Caquetá para ser una retaguardia estratégica y, crear además, un corredor que conecta con otros departamentos del país para el tránsito de estupefacientes, armas, tropas y secuestrados, entre otros. Así mismo, impulsaron en el territorio actividades económicas ilícitas que involucraron pobladores caqueteños. El anclaje guerrillero en el territorio ha limitado, históricamente, la presencia del aparato estatal colombiano, y, por ende, ha persistido una escasa inversión pública y privada para poder tener una mayor cobertura de servicios públicos para la población, principalmente en el área rural. En relación al conflicto, Pérez (2014), escribió:

Colombia ha vivido, durante las últimas seis décadas uno de los conflictos más largos de la historia reciente. La marcada crueldad de las acciones de los actores armados que han participado en la confrontación ha llegado a afectar a las poblaciones, especialmente en zonas rurales y urbanas deprimidas. Una característica de este conflicto se relaciona con la afectación a la población civil, pues se encuentra que entre los más perjudicados por la guerra están los niños, los adolescentes, las mujeres, los integrantes de minorías étnicas y la población campesina. (p. 290)

El déficit fiscal de entes territoriales y el conflicto armado son algunos factores que contribuyen a la problemática de interconexión eléctrica que sufre el departamento del Caquetá, muy entrelazados entre sí, conllevan desde el ámbito social y cultural, se haya desencadenado la ampliación de brechas sociales en las comunidades rurales del departamento; comunidades que no han adquirido condiciones de vida digna en el campo, lo cual se ve reflejado en los índices de pobreza. Según DANE (2018) para el año 2017 la pobreza en Caquetá alcanzó una incidencia de 35,1%, principalmente en la falta de acceso a servicios de salud, educación, vivienda y necesidades básicas insatisfechas, el desempleo en zonas rurales y la dedicación de los campesinos a la producción de cultivos ilícitos, como el problema principal que restringe un desarrollo rural sostenible en el departamento, y por lo cual se ha visto estancado durante los últimos años.

Así las cosas, la adopción de tecnologías de energías renovables se posiciona como una alternativa, para que las comunidades rurales accedan a una fuente de energía que le permita mejorar sus medios de vida, y con ello, además, se diversifique la matriz energética del Departamento.

En el Departamento del Caquetá, ha existido desconocimiento en la población sobre las energías renovables, ocasionado probablemente porque las políticas nacionales no han logrado los impactos esperados en los territorios por la falta de su divulgación y del diseño de políticas territoriales articuladas con lo nacional. No obstante, ha habido algunas iniciativas con inversión privada y otras con recursos públicos, que se han implementado en Caquetá, pero tienen la apariencia de ser casos aislados y de poca divulgación, y la

mayoría, no incorporan la transferencia de aprendizaje para los usuarios, de tal forma que puedan aprender sobre su construcción y mantenimiento a través del tiempo. De tal forma, que el análisis del funcionamiento de estos sistemas existentes puede dar línea para su mejoramiento continuo de los mismos y, plantear lineamientos, buenas prácticas y lecciones aprendidas para futuras implementaciones.

En síntesis, las comunidades rurales han visto limitado su desarrollo por las barreras derivadas del no acceso a la energía, para incorporar usos en su cotidianidad social y económica. En lo económico, la energía puede facilitar la incorporación de tecnologías para mejorar sus procesos de producción, irrigación de plantaciones, cosecha, acopio, transformación de su explotación agrícola y pecuaria, y lograr incrementar sus niveles de productividad y competitividad. En lo social, se lograría acceder al uso de electrodomésticos que mejoren el entretenimiento familiar, la conservación de alimentos frescos, entre otros.

Por lo tanto, la pregunta problema que sustentó la presente investigación es: **¿Cuál es la utilización y proyecciones para la integración de energía solar en el Departamento de Caquetá como alternativa para la electrificación rural?**

4 JUSTIFICACIÓN

En el marco de la coyuntura regional con la implementación de los acuerdos de paz, que permite mayor presencia de la institucionalidad pública en el Departamento del Caquetá, y mejores niveles de confianza para inversionistas privados. Resultados de esta investigación permiten a los entes territoriales definir políticas públicas locales para promover e incentivar el uso de energías alternativas, como la energía solar, y con ello contribuir al mejoramiento de la productividad y competitividad de la población rural.

En el Departamento del Caquetá, hay sistemas de energía solar instaladas en instituciones educativas, centros de salud, entidades del Estado, y en unidades productivas agropecuarias, entre otros. Algunas se encuentran operando con normalidad, pero otro tanto ha dejado de funcionar. En adición, no se contaba con estudios previos a esta investigación en la región, que hayan arrojado un análisis sobre los sistemas de energía solar instalados que permitieran hacer una valoración de sus resultados en Caquetá. Por ello, es muy valioso haber caracterizado estos sistemas, evaluado su desempeño a nivel de eficiencia, costo efectivo y, sobre todo, su manejo operativo a cargo de las comunidades, a nivel de instalación, mantenimientos (preventivo y correctivo) y su funcionamiento en general. Toda esta información recolectada y su análisis, contribuye a la masificación de la adopción de la energía solar en el Caquetá.

Los altos costos en inversión para ampliar la cobertura de interconexión eléctrica en el Departamento del Caquetá generan una perspectiva positiva para buscar otras alternativas como la energía solar, lo que representa, además, un sistema renovable que contribuye a contrarrestar causas del cambio climático. De hecho, el artículo 8 de la Ley 1931 de 2018 indica que las autoridades departamentales deben incluir en sus planes de desarrollo la gestión del cambio climático. Además, de esta obligatoriedad, la Nación ha establecido, en contribución con el Objetivo 13 ACCIÓN POR EL CLIMA, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, que a 2022 el 100% de los departamentos hayan implementado iniciativas de adaptación al cambio climático y, que a 2030 Colombia hay reducido el 20% las emisiones de gases de efecto invernadero.

De otra parte, la Ley 1715 de 2014 brinda herramientas a los territorios para promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía FNCE, principalmente de carácter renovable, a través de una serie de incentivos a prestadores del servicio de energía eléctrica en ZNI para reemplazar la generación con diésel. En igual sentido, incentiva, a través de reducción del impuesto de renta, impuesto al valor agregado IVA, aranceles de importación, a los que desarrollen e inviertan en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de FNCE.

Estos elementos legales brindan una base normativa para que la Gobernación del Caquetá y las 16 Alcaldías Municipales, contemplen en sus Planes Territoriales de Desarrollo inversiones y acciones para impulsar el uso de energías renovables en sus jurisdicciones, de una manera organizada, interinstitucional y estratégica.

En consecuencia, los resultados obtenidos en esta investigación son pertinentes hacia la definición de políticas públicas territoriales en el Departamento del Caquetá, para la masificación de la adopción de la energía solar como tecnología renovable que permite el acceso a la energía en zonas rurales marginadas e históricamente afectadas por el conflicto armado colombiano, ayudándoles a través de este servicio básico, en el acrecentamiento de condiciones para el desarrollo rural, y, por ende, a la mejora de los medios de vida de la población. Además, como factor transversal, las instituciones del territorio podrán impulsar las energías renovables como una de las medidas para contrarrestar causas del cambio climático desde un Departamento de la región amazónica.

Lo anterior, conecta con los fundamentos de la Maestría en Desarrollo Regional y Planificación Territorial, pues, como se ha dicho, son claros los aportes de la investigación para contribuir al desarrollo regional a partir del desarrollo rural y sostenible. En complemento, es notorio lo que esta investigación entrega en materia de insumos para la Planificación Territorial que se expresará en los próximos planes de desarrollo territoriales, en materia de: 1. Una caracterización de tecnologías en energía solar instaladas en el Departamento de Caquetá, desde el conocimiento de una información sistematizada, organizada y georreferenciada, sus características y la percepción de satisfacción de los usuarios. 2. El potencial de radiación solar en el Departamento. 3. La determinación de las

condiciones básicas desde las dimensiones social, económica y ambiental del territorio, que contribuyen a la factibilidad de proyectos de energía solar en Caquetá.

De hecho, las energías renovables, como la solar, son una alternativa que no solo contribuye al crecimiento económico de territorios como el Caquetá, sino también que aporta a su desarrollo sostenible del país.

5 REFERENTE CONTEXTUAL

496.241 personas habitan el Departamento del Caquetá, el 39,25%, es decir, 197.193 es población rural, mientras que el restante es población urbana. Esta población está asentada sobre 88.965 kilómetros cuadrados de territorio caqueteño, lo que se traduce en una densidad poblacional de 5,58 habitantes por km² (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2019). El área del departamento ocupa el 7.8% del territorio nacional y el 22,9% del área que Colombia aporta a la gran cuenca Amazónica. Se encuentra entre las coordenadas: 02°58'13" de Latitud Norte y 00°42'17" de Latitud Sur y entre los 71°18'39" de Longitud Oeste y los 76°19'35" de Longitud Oeste con relación al meridiano de Greenwich. Limita al norte con Meta y Guaviare, al sur con Putumayo y Amazonas, al este con Vaupés y Amazonas, al oeste con Huila y Cauca (Gobernación del Caquetá, 2017).

El Departamento está organizado político administrativamente en 16 Municipios: Florencia (capital), Albania, Belén de los Andaquíes, Cartagena del Chairá, Curillo, El Doncello, El Paujil, Milán, La Montañita, Morelia, Puerto Rico, San José de Fragua, San Vicente del Caguán, Solano, Valparaíso y Solita. (Ver figura 3).

La ecología del Caquetá está determinada por una zona de transición de la cordillera oriental como sistema montañoso de los Andes y la Amazonía. Aunque la mayor parte del territorio Caqueteño pertenece al sistema Amazónico, esta ecorregión denominada piedemonte amazónico, es donde se encuentran la mayoría de los asentamientos humanos y por lo tanto la dinámica sociopolítica y económica se concentran en este sector (Gobernación del Caquetá, 2017).

Otro aspecto del departamento del Caquetá es que cuenta con 5 Parques Nacionales Naturales, los cuales son: Serranía de Chiribiquete (1.312.972 has), Cordillera de los Picachos (297.975 has), Serranía de los Churumbelos (97.071 has), Alto Fragua Indiwasi (78.559 has) Cueva de los Guacharos (7.497 has).

Tabla 2. Actividad agropecuaria del departamento 2016

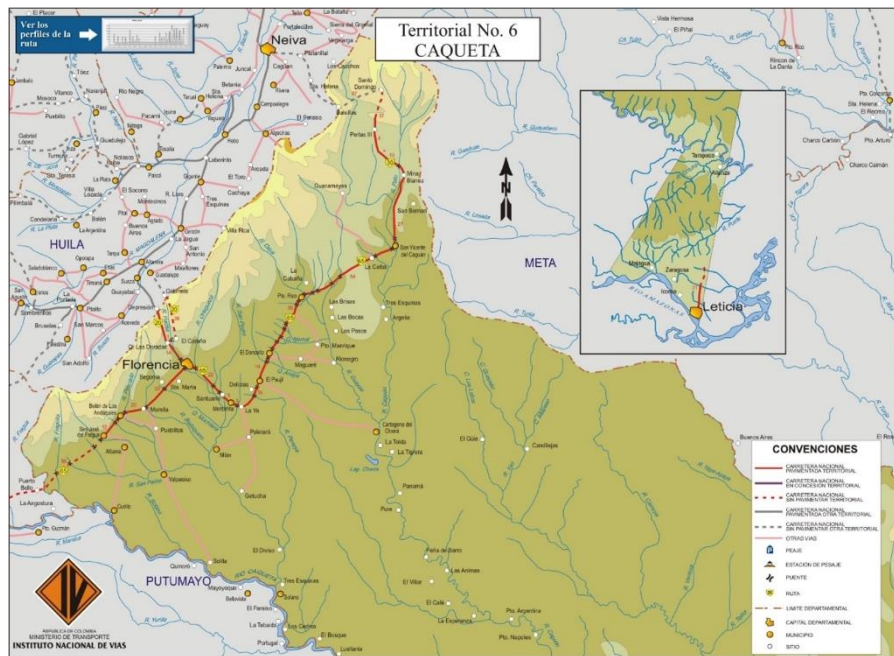
ACTIVIDAD AGROPECUARIA				
	AGRÍCOLA	ÁREA SEMBRADA Y PRODUCCIÓN		PECUARIA
Cultivos transitorios	Maíz tradicional, Arroz mecanizado, Arroz secado manual Frijol, Patilla, Maíz tecnificado, Cilantro, Cebolla de rama, Tomate y Ají.	11.305 Hectáreas sembradas y 17.315 toneladas producidas	Bovinos	Carne 48.463 sacrificios anuales.
				Leche 306.824.945 litros anuales.
Cultivos anuales	Yuca, Maíz forrajero, Ñame, Ahuyama, Maní, Arveja.	8.491 hectáreas sembradas y 53.809 toneladas producidas.		
Cultivos permanentes	Plátano, Caucho, Caña panelera, Café, Cacao, Piña, Palma de aceite, Lulo, Chontaduro, Arazá, Caña miel, Cítricos, Sacha inchi, Papaya, Maracuyá, Granadilla, Tomate de árbol, Heliconias, Flores y follaje, Frutales varios.	36.471 hectáreas sembradas y 114.030 toneladas producidas.	Porcinos	Se produjeron 206.550 porcinos y se sacrificaron 19.758.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la conectividad vial del Departamento, hay que referir que, actualmente, cuenta con una única vía terrestre pavimentada nacional que conecta el territorio con el interior del país, es la vía Florencia - Neiva. Además, existe la marginal de la selva que conecta 11 de los 16 municipios (Ver figura 4).

Según información de perfiles económicos departamentales del Ministerio de Comercio Industria y Turismo, la participación del Caquetá en el Producto Interno Bruto PIB Nacional es del 0,42%. En la estructura del PIB departamental, 3 sectores representan el 63,3%. El sector administración pública y defensa, educación y servicios sociales, representan el 29,4%, el comercio 19,2% y, el sector agropecuario el 14,7% (Ver tabla 2), siendo la ganadería el principal subsector (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019).

Figura 4. Conectividad vial Departamento del Caquetá



Fuente: Coomotor Florencia

Referente a algunos indicadores económicos, el Ministerio de Comercio refirió con base en datos del DANE, una tasa de desempleo en Florencia en el trimestre móvil (Nov 2018 – Ene 2019), del 15,2%, muy superior al 11,6% del promedio nacional. Así mismo, destacó a la capital caqueteña, como la de menor tasa de inflación a febrero de 2019, analizando los datos DANE de los últimos doce meses a la fecha de publicación, se encontró una inflación del 0,7 mientras que el promedio nacional se encontraba en el 0,6 y las ciudades con el más alto IPC fueron Barranquilla y Popayán, con el 0,9 (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019).

Para satisfacer la demanda energética de la población caqueteña, el Departamento es interconectado por una línea de transmisión a 115 kV que proviene de la Subestación de Altamira (Huila) con una longitud de 57 km para llegar a la Subestación Centro de Florencia. La subestación de Altamira es alimentada por una línea a 220 KV de la Subestación El Bote Hidroeléctrica de Betania con una extensión de 130 km y una subestación asociada de 220/115 kV en Subestación de Altamira (Plan de Desarrollo

Departamental 2016 – 2019). El servicio es operado por la Electrificadora del Caquetá S.A. E.S.P. (Electrocaquetá), la cual cuenta con 15 subestaciones de 34,5/13,2 kw, para alcanzar una cobertura de solamente el 63,7% de la población (Gobernación del Caquetá, 2018).

Tabla 3. Cobertura red de interconexión eléctrica en el Departamento del Caquetá

Municipio	% de Cobertura
Albania	63,8%
Belén de los Andaquíes	74,6%
Cartagena del Chairá	53,3%
Curillo	62,8%
El Doncello	99,6%
El Paujil	68,6%
Florencia	94,2%
La Montañita	30,3%
Milán	37,8%
Morelia	81,3%
Puerto Rico	69,0%
San José del Fragua	75,6%
San Vicente del Caguán	99,0%
Solano	20,6%
Solita	38,8%
Valparaíso	49,9%

Fuente: Gobernación del Caquetá (2018)

Significa entonces, que, contrastando la capacidad de suministro del servicio frente a la población proyectada por DANE, el 36,3% de la población caqueteña no cuenta con acceso al servicio de energía eléctrica.

6 REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL

La Constitución Política de Colombia de 1991 en su capítulo V aborda la finalidad social del Estado y de los servicios públicos, e indica en el artículo 365, lo siguiente: “Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional” (Presidencia de la República, 2011).

Con este marco constitucional, el congreso expidió las Leyes 142 y 143 de 1994. La primera, establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, y crea la Comisión de Regulación de Energía y Gas Combustible CREG, como unidad administrativa especial adscrita al Ministerio de Minas y Energía. Dentro de las funciones y competencias de la CREG se destaca la de regular el ejercicio de las actividades de los sectores de energía para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente, y expedir regulaciones específicas para la autogeneración y cogeneración de electricidad y el uso eficiente de energía (Congreso de Colombia, 1994). La segunda, establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, y le da un mandato legal al Ministerio de Minas y Energía, para que defina “los criterios para el aprovechamiento económico de las fuentes convencionales y no convencionales de energía, dentro de un manejo integral eficiente y sostenible de los recursos energéticos del país, y promoverá el desarrollo de tales fuentes y el uso eficiente y racional de la energía por parte de los usuarios” (Congreso de Colombia, 1994).

En línea con lo anterior, el Congreso expide la Ley 697 de 2001 que precisó fomentar el uso racional y eficiente de la energía, y promover la utilización de energías alternativas. Lo cual es la base legal del país para promover el uso de energías no convencionales dentro del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energía no Convencionales, PROURE (Congreso de Colombia, 2001). Esta Ley fue reglamentada mediante el Decreto 3683 de 2003, con el cual se creó la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE. En adición, definió el mecanismo institucional de promoción,

estímulos, reconocimientos y mecanismos de financiación (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

En 2003, el Congreso de Colombia decreta la Ley 855 de 2003, mediante la cual se definen las ZNI, y las define como las áreas geográficas (municipios, corregimientos, localidades y caseríos) no conectadas al Sistema Interconectado Nacional (Congreso de Colombia, 2003). En complemento, el Ministerio de Minas y Energía expide el Decreto 257 de 2004 reestructura el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas, y lo convierte en el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las ZNI, IPSE. Con esto, el gobierno nacional fortalece el instituto para satisfacer las necesidades energéticas de las ZNI, las cuales corresponden al 52% del territorio nacional con 1448 localidades de 17 departamentos y 90 municipios (Ministerio de Minas y Energía, 2004).

Además de las ventajas de las energías renovables, en términos de facilitar al país la labor de ampliar la cobertura de energía, se observa su contribución a la conservación ambiental, en términos de adaptación y mitigación al cambio climático. En ese sentido, en diciembre de 2015 en París - Francia, Colombia, junto con 194 Estados, más la Unión Europea, firmaron el denominado Acuerdo de París, en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (García *et al*; 2015). Este acuerdo representa la voluntad global de los países firmantes, de implementar acciones para evitar que el planeta incremente su temperatura media en más de 2°.

Cada nación asumió una serie de compromisos para contribuir al propósito de ese gran pacto. Colombia, en su caso, se comprometió desde el principio de la mitigación, con reducir en 20% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a las emisiones proyectadas para 2030, calculadas producto de la tendencia de sus emisiones a futuro, estableciendo el año 2030 como año para la primera contribución al cumplimiento. En relación a mecanismos de adaptación al cambio climático, Colombia planteó las siguientes acciones que fueron: crear un sistema nacional de indicadores de adaptación, elaboración e implementación de planes de cambio climático para el 100% del territorio nacional, 10

gremios del sector agrícola con capacidad de adaptarse, delimitación y protección de los 36 complejos de páramos y, aumentar en más de 2.5 millones de hectáreas la cobertura de áreas protegidas, entre otras acciones más (García *et al*; 2015).

En consecuencia, con sus compromisos internacionales, Colombia en 2017 expidió la Política Nacional de Cambio Climático, con el objetivo de “incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Dentro de esta política pública, en el punto 7.2, se dispuso que el país debía aprovechar de manera eficiente, el potencial de las energías renovables no convencionales. De una parte, para promover una matriz energética resiliente al clima, y de otra, para ser exportador de energías limpias.

En ese mismo año, en Colombia se aprobó una reforma tributaria mediante la Ley 1819 de 2016, dónde se creó el impuesto nacional al carbono, como mecanismo que contribuye a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono CO₂. Este gravamen “recae sobre el contenido de carbono de todos los combustibles fósiles, incluyendo todos los derivados de petróleo y todos los tipos de gas fósil que sean usados con fines energéticos, siempre que sean usados para combustión” (Congreso de Colombia, 2016). Esta carga impositiva, lleva de alguna manera, a que los adquirientes de los combustibles fósiles busquen satisfacer su demanda energética con fuentes renovables.

Años antes, en Julio de 2011, el Estado colombiano ya había establecido otras acciones para reducir la emisión de gases de efecto invernadero GEI para hacer frente a los retos del cambio climático, a través del CONPES 3700, mediante el cual, creó la estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia. El propósito de este CONPES fue incidir en el modelo de desarrollo social y económico del país a todo nivel institucional y en las comunidades, a través de un esquema de articulación institucional que promoviera políticas, planes, programas, incentivos,

proyectos y metodologías en materia de cambio climático (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2011).

En 2013, se promulgó la Ley 1665 de 2013, por medio de la cual se aprobó el Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), como una de las medidas legislativas de Colombia para promover el uso de las energías renovables. En dicho estatuto se resalta la contribución de las energías renovables, entre otros, a tres aspectos claves, que son eje de este trabajo de investigación: 1. A la conservación del medio ambiente al mitigar la presión ejercida sobre los recursos naturales. 2. Al acceso al abastecimiento de energía. Y 3. Al desarrollo regional a través del crecimiento económico y la cohesión social (Congreso de Colombia, 2013).

Un año más tarde, en conexidad con la Ley 1665 de 2013, el Congreso aprobó la Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Teniendo como finalidad definir el marco legal e instrumentos para la promoción de las Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE), principalmente de carácter renovable, esta Ley considera incentivos a prestadores del servicio de energía eléctrica en ZNI para reemplazar la generación con diésel. En igual sentido, incentiva, a través de reducción del impuesto de renta, impuesto al valor agregado IVA, aranceles de importación, a los que desarrollen e inviertan en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de FNCE (Congreso de Colombia, 2014).

La Ley 1715 de 2014, fue reglamentada a través de los siguientes decretos:

- Decreto 2469 de 2014, mediante el cual se definen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración, lo que brinda un marco legal a autogeneradores, ya sean persona natural o jurídica (Ministerio de Minas y Energía, 2014).
- Decreto 2492 de 2014, mediante el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta a la demanda, con el fin de promover la

gestión eficiente de la energía y planes de expansión (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

- Decreto 1623 de 2015, mediante el cual se establecen lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectada Nacional (SIN) y en las Zonas no Interconectadas (ZNI). Con este Decreto, se busca mejorar los procesos de gestión de la información para la definición de zonas con prioridades de inversión. Igualmente, robustecer la planificación y financiación para la expansión de la cobertura en el SIN y en las ZNI (Ministerio de Minas y Energía, 2015).
- Decreto 2143 de 2015, mediante el cual se definen los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en la Ley 1715 de 2014, para contribuir a la promoción, desarrollo y utilización de las FNCE (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

En complemento a los Decretos relacionados, la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, ha expedido resoluciones que materializan los mandatos proferidos por la Ley 1715 de 2014 y sus Decretos reglamentarios. Adicionalmente, el Ministerio de Minas y Energía, mediante Resolución número 40807 de 2018, adopta el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el Sector Minero Energético PIGCC, con la finalidad de reducir la “vulnerabilidad ante el cambio climático y la promoción de un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial” (Ministerio de Minas y Energía, 2018).

Colombia, en cumplimiento a los compromisos bajo el Acuerdo de París, creó la Ley 1931 de 2018, mediante la cual se establecen las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la nación, departamentos, municipios, distritos, áreas metropolitanas y autoridades ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la

transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono (Congreso de Colombia, 2018).

De otra parte, el gobierno nacional a través del Ministerio de Minas y Energía promulgó el Decreto 570 de 2018 mediante el cual establece lineamientos para la contratación a largo plazo de proyectos de energía eléctrica para diversificar la matriz energética del país a través de proyectos de generación de fuentes de renovables (Ministerio de Minas y Energía, 2018).

Se destaca que, en el año 2018 se expidieron 3 actos administrativos claves para la promoción y regulación de las energías renovables en Colombia. El primero es la Resolución CREG 038 de 2018, por medio de la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan disposiciones en materia de generación distribuida en las ZNI. El segundo es la Resolución 1303 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual establece el procedimiento y requisitos para la expedición de certificación de beneficios ambientales para la deducción especial de renta y complementario. El tercero es la Resolución 703 de 2018, por la cual se establecen el procedimiento y los requisitos para obtener el beneficio de la exclusión del IVA en la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados. Así como la exención de gravamen arancelario en la importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión de proyectos con fuentes no convencionales de energía.

Este referente normativo y legal permite identificar que el país cuenta con una base legal y normativa que impulsa a la institucionalidad pública, e incentiva al sector privado del sector público, hacia el desarrollo de las energías renovables en el territorio nacional.

7 REFERENTE TEÓRICO

La referencia teórica de esta investigación aborda dos líneas que se conectan entre sí. Una de ellas son los referentes sobre el desarrollo, donde se aproximarán conceptos de diferentes autores, y se dará un énfasis al desarrollo rural y desarrollo sostenible, como referencia teórica para el área problemática tratada en este trabajo. La segunda línea tiene que ver con las energías renovables, categoría que conecta con el desarrollo sostenible, y de lo cual se ha venido investigando, cada vez más. En esta última, se detallarán conceptos sobre energía solar fotovoltaica y la forma en que se genera.

7.1 DESARROLLO

La información sobre el desarrollo está basada en ideas, conceptos y diversas definiciones, sus características, dinámicas, estrategias y modelos, diferentes enfoques que a lo largo de la historia múltiples autores han conceptualizado sobre el desarrollo a partir de formaciones conceptuales hechas en distintos países, Munera López y Universidad Nacional de Colombia (2007).

Castoriadis (2002) basado en la biología, definió el desarrollo como un proceso de crecimiento de un organismo, que se abre, se extiende, y que generalmente llega a un estado de madurez. Mientras que Elizalde (2000) lo refería como una relación de cambio, con una evolución, un pasaje de un momento inferior a uno superior.

En consonancia con lo anterior, Esteva (1996) señala que la “palabra implica siempre un cambio favorable, un paso de lo simple a lo complejo, de lo inferior a lo superior, de lo peor a lo mejor” (p. 41). Por tanto, estas definiciones iniciales, coinciden en que el término, más allá de su definición, indica la transformación de los organismos, pues siempre están en permanente cambio.

Bajo el análisis economicista, Sunkel y Paz (1971) conectaban su concepto con el enfoque biológico, basados en la teoría neoclásica de Marshall, definiéndolo como un proceso gradual, ascendente y armónico. Esta teoría adopta una “antología orgánica” que indica que la economía crece como un organismo vivo. En coherencia con esto, Gutiérrez

Garza (2007) agrega que “desde el enfoque neoclásico, el desarrollo supone transformar la sociedad de un estado tradicional caracterizado por el estancamiento y la subsistencia, a una sociedad dinámica capitalista centrada en el sector emprendedor” (p, 46).

Usando el enfoque social, desde lo discursivo Escobar (1996) indicaba que el desarrollo es considerado como principio central organizador de la vida social. Mientras que Contreras (1999) señala que el desarrollo tiene tres ejes: 1. Formas de conocimiento; 2. Sistemas de poder que regulan su práctica; 3. Formas de subjetividad fomentadas. De esto surgen teorías alrededor de que el desarrollo es un estado alcanzado, que el crecimiento económico resuelve los problemas de pobreza, que las necesidades humanas se satisfacen fundamentalmente con bienes materiales y, que “más es mejor”.

Estos primeros enfoques o paradigmas, biológico, economicista y discursivo, llevan a crear una definición que comprendería el desarrollo como una evolución y progreso de las personas en sociedad, con crecimiento económico colectivo y generación de riqueza individual. Sin embargo, valdría la pena agregar la visión humanista propuesta por Max Neef (1986) en su teoría del desarrollo a escala humana. Quien indicaba que el desarrollo se refiera a las personas y no a los objetos, desagregando sus características en existenciales/humanas y axiológicas. Con relación a lo primero, determinaba como las necesidades básicas, la subsistencia, la protección, el afecto, el entendimiento, la participación, el ocio, la creación, la identidad y la libertad. Y en lo segundo, el ser, el tener, el hacer y el estar. Esta teoría, desplaza de alguna manera, la visión economicista del desarrollo, y lo plantea, entonces, en términos de los niveles de satisfacción de las necesidades básicas del ser humano, que coincide con Le Bret (s.f, citado por Munera, 2007) que define el desarrollo como cuestión de elevación humana en su conjunto.

Munera López y Universidad Nacional de Colombia (2007) concluye su libro, Resignificar el Desarrollo, con una propuesta para un nuevo enfoque, donde el desarrollo se entienda como la construcción socio-cultural múltiple histórico y territorialmente determinado, cuyas características son: un desarrollo construido por la base social, fundamentado en valores socialmente construidos, autoproducido, autodirigido,

autorregulado hacia la sustentabilidad, autopropulsado con dinámica endógena, territorializado y articulado de dinámicas macro y micro sociales. Es decir, que le asigna un carácter endógeno al desarrollo de los territorios, lo cual puede tener sentido, siempre y cuando incorpore los elementos incidentes de la globalización en los territorios. Estos elementos impulsan el dinamismo de la economía, influye en los aspectos políticos, sociales y ambientales, y ocasionan cambios socioculturales.

7.1.1 Desarrollo Rural

Con la comprensión conceptual sobre desarrollo, se debe ligar el término con un sector específico de la población, el rural, en lo cual, también hay amplia bibliografía. Y, se trae a esta investigación, dado que el área problemática enfatiza sobre las comunidades rurales y sus limitaciones al desarrollo, ocasionada, entre otros factores, por la baja cobertura de un servicio clave, como la energía.

Lo primero para entender el concepto, es hablar del medio rural, el cual es entendido como; el conjunto de regiones o zonas con actividades diversas (agricultura, artesanía, industrias pequeñas y medianas, comercio, servicios) y en las que se asientan pueblos, aldeas, pequeñas ciudades y centros regionales, espacios naturales y cultivados, también se agregan como actividades rurales, la ganadería, la pesca, la minería, la extracción de recursos naturales y el turismo (Correa, 1998). Continuando con Ceña (1993, citado por Correa, 1998), quien afirma que, el desarrollo rural es “un proceso de mejora del nivel de bienestar de la población rural y de la contribución que el medio rural hace de forma más general al bienestar de la población en su conjunto, ya sea urbana o rural, con su base de recursos naturales” (p.3).

Por otra parte, e incorporando la territorialidad, el desarrollo territorial rural se define como un proceso de transformación productiva e institucional en un espacio rural cuyo fin es reducir la pobreza rural, para lo cual es indispensable dos factores: la transformación productiva a partir de la innovación tecnológica y el desarrollo institucional orientado a estimular, facilitar la interacción de actores e incrementar las oportunidades de participación ciudadana. En concordancia con el nuevo enfoque del desarrollo planteado

por Munera López y Universidad Nacional de Colombia (2007), Schejtman y Berdegué reseñan que, para lograr el desarrollo territorial rural, se debe trabajar en una construcción social, cuyo proyecto este concertado por la población con una visión compartida del desarrollo (Schejtman & Berdegué, 2003).

Este concepto, también coincide con la definición de desarrollo rural en la Unión Europea, planteada por Quintana *et al.* (1999, citado en Nogales Naharro, 2006) donde lo define como “el proceso de revitalización equilibrado y autosostenible del mundo rural basado en su potencial económico, social y medioambiental mediante una política regional y una aplicación integrada de medidas con base territorial por parte de organizaciones participativas” (p. 5).

A la luz de esta investigación, imagínese la realización de las actividades descritas en el medio rural, sin acceso a la energía, o limitado por los altos costos de la producción energética a partir de combustibles fósiles. Pues bien, esto es un factor que obstaculiza el desarrollo rural. De hecho, Correa (1998) afirmaba que uno de los problemas estructurales que limita el desarrollo de territorios rurales es el bajo nivel de acceso a servicios básicos, pues hace mantener las condiciones de pobreza de las comunidades rurales. Justamente, en el departamento del Caquetá, se ha vivido la relación desigual entre las áreas urbanas y rurales, a pesar de la importancia que reviste la producción agropecuaria en la economía regional.

7.1.2 Desarrollo Sostenible

Un factor común en la realidad actual, por lo menos en el discurso institucional, es que el desarrollo debe tener como enfoque la integración intergeneracional, pensada en términos de aprovechar los recursos naturales, sin poner en peligro el aprovechamiento de estos, para las generaciones futuras. En consecuencia, la agenda mundial establecida por Naciones Unidas en septiembre de 2015 definió 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, como hoja de ruta de los 193 Estados miembros hasta el año 2030.

Ante el reconocimiento generalizado de que el hombre está agotando los recursos naturales del planeta, han surgido varias definiciones de desarrollo sostenible. Una es la planteada por la Comisión Brundtland, quien indica que, es el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas. Lo cual se lograría a través de la concurrencia de 3 factores: crecimiento económico, equidad social y conservación ambiental (Gómez de Segura, 2014).







De otra parte, el desarrollo sostenible resulta ser un concepto flexible de acuerdo con la concepción que se tenga de la vida y la existencia humana, marcada por las necesidades a satisfacer y sus prioridades, en los aspectos sociales, ambientales y económicos (Nogales Naharro, 2006). No obstante, la mayoría de las definiciones, aunque diversas y flexibles, tienen como factor común, el aprovechamiento de los recursos naturales para la generación actual y las futuras.

7.2 ENERGÍAS RENOVABLES

La energía es fundamental para la mayoría de las actividades humanas. Está ligada en todos los procesos productivos de los diferentes sectores económicos. El crecimiento de la demanda mundial de energía, los retos del planeta en materia de la sostenibilidad ambiental y de adaptación y mitigación al cambio climático, hace otorgarles una alta significancia mundial a las energías renovables.

El estatuto de la agencia internacional de energías renovables (IRENA), en su artículo III, define las energías renovables como “todas las formas de energía producidas a partir de fuentes renovables y de manera sostenible, lo que incluye, entre otras: la bioenergía, la energía geotérmica, la energía hidráulica, la energía marina, la energía solar y, la energía eólica” (Congreso de Colombia, 2013).

Figura 5. Fuentes de energía renovable, tecnologías y aplicaciones

Energía solar	Energía eólica	Energía marina	Energía hidroeléctrica	Energía geotérmica	Bioenergía
					
<u>Fuente:</u> Sol	<u>Fuente:</u> Viento	<u>Fuente:</u> Oleaje, mareas	<u>Fuente:</u> Agua	<u>Fuente:</u> Tierra	<u>Fuente:</u> Biomasa, desechos
<u>Tecnologías:</u> Fotovoltaica, Termosolar	<u>Tecnologías:</u> Turbinas eólicas	<u>Tecnologías:</u> Presas, presas mareomotrices	<u>Tecnologías:</u> Centrales hidroeléctricas	<u>Tecnologías:</u> Sistemas geotérmicos superficiales y bombas de calor	<u>Tecnologías:</u> Combustión de biomasa, plantas de biogás, biocarburantes
<u>Aplicaciones:</u> Electricidad, Calefacción y refrigeración	<u>Aplicaciones:</u> Electricidad	<u>Aplicaciones:</u> Electricidad	<u>Aplicaciones:</u> Electricidad	<u>Aplicaciones:</u> Electricidad, Calefacción y refrigeración	<u>Aplicaciones:</u> Electricidad, Calefacción y refrigeración, Transporte

Fuente: Tribunal de Cuentas Europeo (2018)

Así mismo, en un informe especial el Tribunal de Cuentas Europeo (2018), define la energía renovable como “energía generada a partir de fuentes renovables no fósiles que se reponen a lo largo de una vida humana”. Estas definiciones indican que, son energías que se pueden obtener de los recursos naturales, sin agotarlos, y que su impacto ambiental es nulo en términos de emisión de gases de efecto invernadero.

Coherente con lo anterior, la Agenda 2030 que estableció los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, dispuso como Objetivo 7: Energía Asequible y No Contaminante, cuyas metas están dirigidas a garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. De hecho, la meta 7.2 de este Objetivo, considera: “De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas” (Naciones Unidas, 2018).

En Colombia, y más precisamente en el Departamento del Caquetá, las energías renovables cumplen con el doble propósito del ODS número 7. De una parte, es una alternativa viable para garantizar el acceso a la energía a la población, principalmente rural, donde mayoritariamente se ha carecido de este servicio durante toda su historia territorial.

Y de la otra, como método de producción sostenible de energía, evitando la emisión de gases de efectos invernadero. El alcance de esta investigación delimita el trabajo en energía solar fotovoltaica. A continuación, se exploran algunos referentes sobre energía solar y energía solar fotovoltaica.

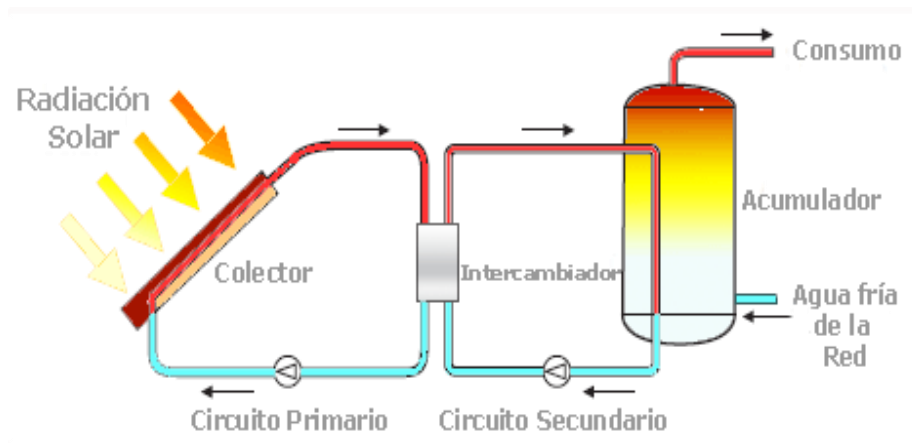
7.2.1 Energía Solar

El sol es la principal fuente de luz y energía del planeta. Es considerada renovable por tratarse de una fuente teóricamente inagotable. Además del proceso de fotosíntesis, la energía solar puede usarse, a través de colectores solares, para convertir esta energía, en térmica o fotovoltaica. La primera usada para energía térmica a diferentes temperaturas y, la segunda, para generar energía eléctrica. La radiación solar varía entre los 1.300 y 1.400 W/m². Esto depende de las condiciones climatológicas, determinadas básicamente por la ubicación geográfica y del periodo del año. Para el caso de Colombia, el promedio recibido está entre 4,0 y 4,5 KW/m² por día (Universidad Nacional de Colombia; Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas, 2011).

7.2.2 Energía Solar Térmica

La energía solar térmica utiliza la radiación solar para producir calor, lo cual permite lograr un proceso determinado para ofrecer servicios como el calentamiento de agua, calefacción, cocinar o la generación de movimiento que se pueda transformar en electricidad.

Figura 6. Energía solar térmica

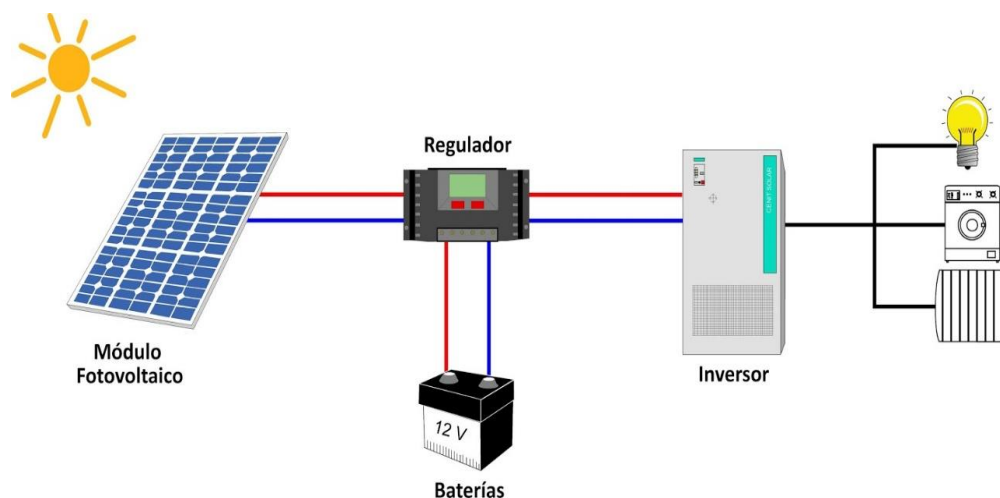


Fuente: Energía Solar (2011)

7.2.3 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica, dado por el efecto fotoeléctrico. Esta transformación se logra con la utilización de celdas solares que conectadas forman un panel solar encargado de suministrar la corriente. “Cuando la luz del sol incide sobre la celda, los fotones transmiten su energía a los electrones del material semiconductor que saltan al exterior generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito eléctrico” (Universidad Nacional de Colombia; Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas, 2011).

Figura 7. Modelo de instalación de energía solar fotovoltaica



Fuente: ST Group (2015)

Tabla 4. Ventajas/desventajas SSF

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO		
VENTAJAS	DESVENTAJAS	CONFIGURACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es renovable. ✓ No contamina. ✓ Reduce los costos de electricidad. ✓ Fuente inagotable de energía. ✓ Sistema idóneo para zonas no interconectadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se necesita de una gran inversión inicial. ✓ Es intermitente, se necesitan lugares con una alta radiación solar. ✓ Alto costo en el mantenimiento del banco de baterías. ✓ Para recolectar energía a mayor escala, se necesitan grandes extensiones de terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generador fotovoltaico. ✓ Regulador de carga. ✓ Baterías. ✓ Inversor.
SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED		
VENTAJAS	DESVENTAJAS	CONFIGURACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✓ No necesitan baterías de almacenamiento. ✓ Precios más accesibles. ✓ No contamina. ✓ No implica gastos de mantenimiento. ✓ Vida útil larga. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Solo fuentes o edificios conectados a la red eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generador fotovoltaico. ✓ Inversor. ✓ RED eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

8 OBJETIVOS

8.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la utilización y proyecciones para la integración de la energía solar en el Departamento de Caquetá como alternativa para la electrificación rural.

8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los sistemas de energía solar fotovoltaica instalados en el Departamento de Caquetá.
- Estimar el potencial de radiación solar en el Departamento del Caquetá a partir de la información climática existente.
- Establecer las condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas del territorio que contribuyen a la factibilidad de proyectos de energía solar en Caquetá.

9 METODOLOGÍA

Esta investigación es de enfoque mixto, que abordó metodologías específicas para el logro de cada uno de los tres objetivos planteados, los dos primeros con enfoque cuantitativo con diseño no experimental, y el tercero es cualitativo con análisis documental. Se sigue el diseño metodológico de la figura 8.

Figura 8. *Diseño metodológico del proyecto*



Fuente: Elaboración propia

9.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la tabla 5 se presenta el esquema de operacionalización de variables en función de cada objetivo, se presenta la definición conceptual y operacional de cada variable o categoría.

Tabla 5. *Cuadro de operacionalización*

Objetivo	VARIABLES/ Categorías	Definición conceptual	Definición Operacional
	Localización	Ubicación geográfica de sistemas de energía solar instalados.	Toma de punto de georreferenciación con equipo GPS en sitio. Obteniendo coordenadas geográficas que localizan el punto en un barrio o vereda y municipio. También se obtiene la altura sobre el nivel del mar. Con los datos se elabora un mapa usando sistemas de información geográfica SIG.

Caracterizar los sistemas de energía solar fotovoltaica instalados en el Departamento de Caquetá	Conocimiento de los usuarios	Conjunto de información de los usuarios sobre las energías renovables.	Diseño de instrumento (Segmento I del Anexo 1) con el que se espera identificar que tanto conocen los usuarios sobre las energías renovables, la fuente de dicha información y el tipo de energía renovable que están usando. Se realiza aplicación del instrumento en campo. Luego se sistematiza la información y se hace proyección gráfica de los resultados.
	Suministro de energía eléctrica	Características del suministro de energía eléctrica a través del sistema interconectado nacional.	Diseño de instrumento (Segmento II del Anexo 1) con el que se espera conocer la empresa que suministra el servicio, costos del kWh, potencia del sistema, nivel de tensión, demanda y horarios de funcionamiento. Se realiza aplicación del instrumento en campo. Luego se sistematiza la información y se hace proyección gráfica de los resultados.
	Características físicas	Cualidades que identifican los sistemas de energía solar en relación a su funcionamiento y operación.	Diseño de instrumento (Segmento III del Anexo 1) con el que se espera detallar las características físicas de los sistemas de energía solar instalados, tales como: tipo de sistema solar, tipo de generación solar fotovoltaica, área instalada, número de paneles, potencia pico y marca de los componentes. Se realiza aplicación del instrumento en campo. Luego se sistematiza la información y se hace proyección gráfica de los resultados.
	Usos y aplicaciones	Aprovechamiento de la energía generada a través de aparatos eléctricos y sus aplicaciones en actividades productivas y del hogar.	Diseño de instrumento (Segmento IV del Anexo 1) con el que se espera conocer el uso y las aplicaciones que le dan los usuarios a los sistemas de energía solar instalados, si se han aumentados los consumos, si se ha ampliado el sistema y el número de personas que hacen el uso. Se realiza aplicación del instrumento en campo. Luego se sistematiza la información y se hace proyección gráfica de los resultados.
	Costos	Cantidad de unidades monetarias necesarias para la instalación de los sistemas de energía solar y su mantenimiento.	Diseño de instrumento (Segmento V del Anexo 1) con el que se espera conocer el costo global de instalación, retorno de la inversión, tipos de mantenimiento que realiza el usuario y su costo, entre otros. Se realiza aplicación del instrumento en campo. Luego se sistematiza la información y se hace proyección gráfica de los resultados.
	Grado de satisfacción de los usuarios	Percepción de bienestar en relación a las expectativas de utilidad de los sistemas de energía solar.	Diseño de instrumento (Segmento VI del Anexo 1) con el que se espera conocer si el sistema está funcionando, si se cumplieron las expectativas, si ampliaría el sistema actual, identificación de fallas y problemas, y una calificación de 1 a 5 para determinar el nivel de satisfacción. Luego se sistematiza la información y se hace proyección gráfica de los resultados.
Estimar el potencial de radiación solar en el	Radiación solar	La radiación solar es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través	Se analizan datos de la variable climatológica con la información registrada en estaciones meteorológicas instaladas en el departamento del Caquetá.

Departamento del Caquetá a partir de la información climática existente.		del espacio mediante ondas electromagnéticas. (IDEAM, 2014)	
	Temperatura	Magnitud termodinámica que pone en evidencia la energía térmica de un cuerpo con relación a la de otro. Para su medición existen las escalas Celsius, Kelvin y Fahrenheit. (ENERGIA SOLAR, 2016).	Se analizan datos de la variable climatológica con la información registrada en estaciones meteorológicas instaladas en el departamento del Caquetá.
Establecer las condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas del territorio que contribuyen a la factibilidad de proyectos de energía solar en Caquetá.	Antecedentes en factibilidad de proyectos	Investigaciones previas sobre impactos económicos, sociales y ambientales de proyectos de energía solar.	Revisión de artículos de investigación previos a este trabajo para obtener las principales conclusiones frente a los impactos sociales, económicos y ambientales.
	Normatividad vigente	Conjunto de reglamentación vigente, emanada por el poder legislativo y ejecutivo en Colombia en materia de energías renovables.	Identificación y relación de leyes, decretos y resoluciones, indicando su numeración, año de expedición, institución que la expide y el alcance.
	Incentivos	Beneficios tributarios y no tributarios para personas naturales y jurídicas, con el fin de estimular la inversión, la investigación y el desarrollo de energías renovables.	Relación de incentivos de orden nacional, regional (Departamento de Caquetá) y local (16 municipios del Caquetá) expresados en una matriz.
	Políticas públicas	Acciones institucionalizadas de entidades de los tres niveles de gobierno para promover el uso de la energía solar.	Revisión de documentos legales e instrumentos de planificación, con elaboración de una tabla con las políticas públicas de orden nacional, regional (Departamento de Caquetá) y local (16 municipios del Caquetá).
	Aspectos sociales	Características sociales del territorio que facilitan u obstaculizan la adopción de los sistemas de energía solar instalados.	Con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación del instrumento definido en el Objetivo 1 (Anexo 1), se analizan los aspectos sociales para identificar y enumerar las condiciones sociales necesarias para la factibilidad de proyectos de energía solar en el territorio.
Aspectos económicos	Características económicas propias de los sistemas de energía solar instalados en relación a su instalación y mantenimiento.	Con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación del instrumento definido en el Objetivo 1 (Anexo 1), se analizan los aspectos económicos para identificar y enumerar las condiciones económicas necesarias para la factibilidad de proyectos de energía solar en el territorio.	
Aspectos ambientales	Condiciones ambientales del territorio que contribuyen o limitan el funcionamiento técnico de los sistemas de energía solar.	Con el análisis de las variables climáticas (radiación solar y temperatura) del territorio, se identifican los aspectos ambientales necesarios para la factibilidad de proyectos de energía solar.	

Fuente: Elaboración propia

9.2 ENFOQUE METODOLÓGICO

El enfoque de la investigación es de tipo mixto, el cual se desarrolló en tres pasos fundamentales:

1. Se caracterizaron los sistemas de energía solar fotovoltaica instalados en el Departamento de Caquetá, a partir de la aplicación del instrumento en el campo.
2. Se estimó el potencial de energía solar en el Departamento de estudio, con información climática.
3. Y se determinaron las condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas para la factibilidad de proyectos de energía solar en Caquetá.

9.3 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio es exploratorio y descriptivo, y, el diseño es no experimental. Para el cumplimiento del objetivo 1 se inició con una fase exploratoria que permitió localizar, con información de actores del territorio, los sistemas de energía solar instalados en 15 Municipios del Caquetá. Posteriormente, mediante el trabajo de campo para la aplicación de la encuesta de caracterización (Anexo 1) se obtuvo información descriptiva. En el objetivo 2 se realizó un análisis descriptivo, teniendo como base la información de las variables climáticas: radiación solar y temperatura en el Caquetá, con lo que se hicieron los estimativos de potencial de radiación solar y se compararon con datos del atlas de radiación solar del IDEAM. Para alcanzar el objetivo 3 se implementó un análisis exploratorio, a partir de la determinación de las condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas con el cual se abordó un ejercicio descriptivo por medio de la caracterización de los sistemas, de las políticas públicas, la normatividad y los incentivos para estimular la inversión, la investigación y el desarrollo de energías renovables para la factibilidad de proyectos de energía solar en el territorio objeto de estudio.

9.4 UNIDAD DE TRABAJO Y ANÁLISIS

Caso de estudio en el Departamento del Caquetá, tomando información de 15 Municipios, Florencia (capital), Albania, Belén de los Andaquíes, Curillo, El Paujil, Milán, La Montañita, Morelia, Puerto Rico, San José de Fragua, San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá, Solano, Valparaíso y Solita.

9.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para alcanzar el objetivo 1 se aplicó la encuesta (Anexo 1¹) mediante la cual se realizó la recolección de información de campo para caracterizar los sistemas de energía solar fotovoltaica instaladas. Esto se complementó con el levantamiento de registro fotográfico de cada sistema instalado, y la georreferenciación mediante equipo GPS de la localización de cada punto, con coordenadas y altura sobre el nivel del mar.

Para el objetivo 2 se revisaron los registros históricos de información de variables climáticas de estaciones meteorológicas en el Caquetá, analizando la información a través de herramientas gráficas y estadística de Microsoft Excel.

Para alcanzar el objetivo 3, se realizó un análisis documental de antecedentes sobre los impactos sociales, económicos y políticas de proyectos de energía solar fotovoltaica. En complemento, la información resultante de la aplicación de la encuesta (Anexo 1) mediante la cual se hizo el diagnóstico de los sistemas de energía solar fotovoltaica, se utilizó para determinar las condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas que establecen la factibilidad de proyectos de esta índole.

9.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y PLAN DE ANÁLISIS

Los procedimientos para obtener la información están determinados para cada objetivo, así:

¹ Instrumento definido en el proyecto “Energía solar: diagnóstico, perspectivas y oportunidades en el marco de la política energética en el Valle del Cauca y Caldas” trabajo articulado entre la Universidad Autónoma de Manizales, la Universidad Autónoma de Occidente y el Centro de Automatización Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Seccional Caldas.

Objetivo 1: Se realizaron visitas a entidades territoriales como Gobernación de Caquetá, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía CORPOAMAZONIA, el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y Universidad de la Amazonia para conocer acerca de proyectos de energía solar fotovoltaica en el Departamento del Caquetá, para identificar las zonas dónde se habían instalado los sistemas. Posteriormente se realizó desplazamiento a campo hacia diferentes Municipios del Departamento para indagar con funcionarios en las Alcaldías Municipales y mediante contacto a líderes comunitarios para seguir identificando las zonas donde había sistemas de energía solar instalados.

Una vez identificados las zonas se realizó una priorización de 4 puntos por Municipio, con el fin de contar con una muestra de cada uno de los 15 Municipios del Caquetá. La prioridad se otorgó de acuerdo con las condiciones de acceso terrestre o fluvial a los sitios, y mayor cercanía entre estos, para poder ser eficientes en términos de tiempo y recursos.

Se realizó desplazamiento a campo para desarrollar las entrevistas con la aplicación de la encuesta (Anexo 1) en todos los puntos que se seleccionaron. En complemento se tomó el registro fotográfico de cada sistema instalado, y la georreferenciación mediante equipo GPS de la localización de cada punto, con coordenadas y altura sobre el nivel del mar.

Una vez se contó con toda la información recolectada en campo, se hizo la sistematización de la información y se utilizaron herramientas gráficas y estadísticas de Microsoft Excel para visualizar la información organizada. En adición, usando Sistemas de Información Geográfica SIG, se elaboró un mapa con la localización de los sistemas de energía solar fotovoltaica caracterizados con la investigación, ingresando una base de datos con la información clave recolectada y el registro fotográfico para que pueda ser consultada a través de SIG con datos abiertos.

Objetivo 2: Inicialmente se identificaron las estaciones meteorológicas en Caquetá, luego se procedió a solicitar la información a las entidades responsables, en algunos casos

se tuvo que acceder a ella mediante los sitios web. Se revisaron los registros históricos de información de temperatura y radiación solar, analizando la información a través de herramientas gráficas y estadística de Microsoft Excel. En cuanto a la radiación solar, se compararon los datos obtenidos con la información del atlas de radiación solar del IDEAM. Finalmente, se realizó espacialización de la información considerando base cartográfica del IDEAM para el Caquetá.

Objetivo 3: Se accedieron a bases de datos para seleccionar artículos de investigación sobre prefactibilidad, factibilidad o impactos económicos, sociales o ambientales de sistemas de energía solar fotovoltaica. La información recolectada se organizó en medio digital para el análisis respectivo. Se elaboraron dos tablas: La primera, con la relación de las políticas públicas de orden Nacional, Regional (Departamento de Caquetá) y local (15 Municipios del Caquetá). La segunda con todo el marco normativo encontrado, que incluye las leyes, decretos y resoluciones, indicando su numeración, año de expedición, institución que la expide y el alcance. Por último, se elaboró una matriz con la relación de incentivos de orden Nacional, Regional y Local. En complemento, se tomaron resultados del objetivo mismo para establecer las condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas que instauran la factibilidad de proyectos de energía solar fotovoltaica en territorios como el Caquetá.

10 RESULTADOS

Los resultados de la investigación se presentan en concordancia con los objetivos. Con relación al primero, se presenta un análisis estadístico, producto del procesamiento de la información recolectado con la encuesta aplicada en 65 sitios de 15 de los 16 Municipios

del Caquetá. Para el segundo objetivo, se presentan los resultados de la variación de la radiación solar de acuerdo con la información obtenida de las fuentes definidas para la investigación. Para el tercer objetivo se presentan los resultados obtenidos que apuntan a la definición de las condiciones sociales, económicas y ambientales para la factibilidad de proyectos de sistemas solares fotovoltaicos en el Departamento del Caquetá.

10.1 CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR

FOTOVOLTAICA EN CAQUETÁ

Los resultados presentados en este punto corresponden al primer objetivo de la investigación y, son presentados en dos bloques. El primer bloque corresponde a la localización y descripción general de los SSF encontrados en el Departamento del Caquetá, diferenciados entre zonas urbanas y rurales. También, se presentan las características del suministro de energía eléctrica a través del sistema interconectado nacional. En el segundo bloque se presentan los gráficos y sus análisis sobre las categorías establecidas en la encuesta: a) Conocimiento de los usuarios, b) Características físicas, c) Usos y aplicaciones, d) Costos, e) Grado de satisfacción de los usuarios.

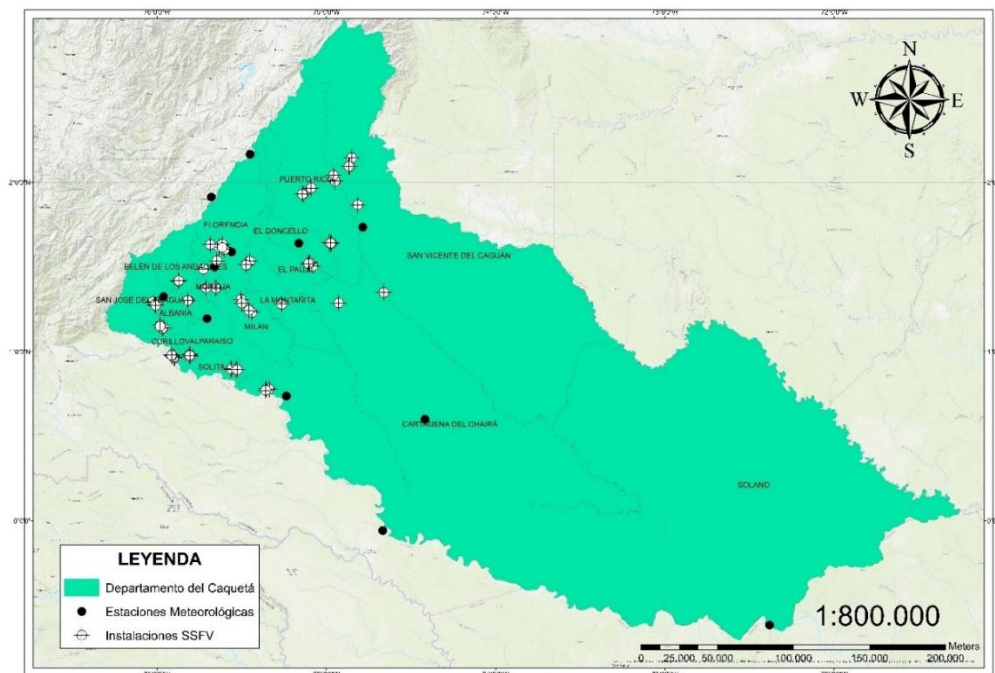
10.1.1 Descripción General De Los Sistemas Encontrados

La investigación logró realizar una caracterización de 65 sistemas encontrados, en una cobertura del 94% de los Municipios del Caquetá, lo cual es muy representativo a la hora de analizar los resultados obtenidos. El único Municipio donde no se logró la caracterización fue en El Doncello, debido a que no se obtuvieron referencias de actores institucionales ni comunitarios, de sitios donde tuviesen instalados sistemas de energías renovables. Según las explicaciones de algunos actores del territorio, la localidad es la de mayor cobertura de energía eléctrica en el departamento (99,6%), por tanto, la mayoría de población no ha tenido la necesidad o no ha identificado la pertinencia de los SSF.

El 100% de las tecnologías encontradas fue de instalaciones solares fotovoltaicas. No se encontraron en el Departamento instalaciones solares térmicas ni eólicas. Igualmente,

el 100% de los SSF son aislados, es decir, no están conectados a la red, ni tampoco se encontraron bajo generación híbrida.

Figura 9. Localización de SSF instalados y caracterizados



Fuente: elaboración propia con datos del IDEAM

Tabla 6. Localización SSF encontrados por municipio

#	MUNICIPIO	ÁREA	BARRIO/VEREDA	SITIO DE LA INSTALACIÓN
1	Florencia	Rural	El Venado	Finca La Venada
2	Florencia	Rural	El Dedo	Finca Las Gaviotas
3	Florencia	Urbano	Centro	Almacén Agrorepuestos Italia
4	Florencia	Rural	Damas Arriba	Planta ECOFRUT
5	Florencia	Urbano	Centro	Solares del Sur
6	Florencia	Urbano	Nueva Florencia	Drogas Mateo
7	Florencia	Urbano	Sinaí	Casa residencial B. Sinaí
8	Florencia	Urbano	Centro	Joyería La Fina
9	La Montañita	Rural	El Guamo	I.E. Simón Bolívar - Sede El Guamo
10	La Montañita	Rural	Las Margaritas	Finca Buenavista

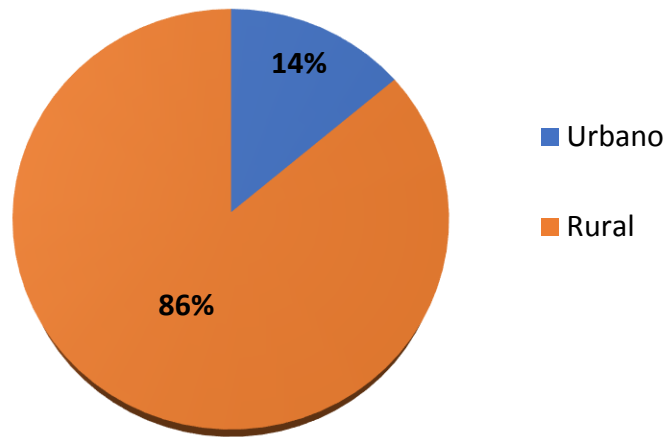
11	La Montañita	Rural	Las Margaritas	Finca Silvania
12	El Paujil	Rural	La Arabia	Finca Bella Gloria
13	El Paujil	Rural	La Arabia	Finca Buenavista
14	El Paujil	Rural	Mariposo	Finca San Jose
15	El Paujil	Rural	Los Alpes	Finca La Vetulia
16	Puerto Rico	Rural	Maracaibo # 2	I.E. Río Negro - Sede Maracaibo #2
17	Puerto Rico	Rural	Maracaibo # 2	Finca El Bosquecito
18	Puerto Rico	Rural	Maracaibo # 2	Finca Los Laureles
19	Puerto Rico	Rural	Maracaibo # 2	Finca Casa Tierra
20	Puerto Rico	Rural	La Soledad	Finca La Esperanza
21	Puerto Rico	Rural	La Soledad	I.E. El Águila - Sede La Soledad
22	Puerto Rico	Rural	La Pedregosa	I.E. El Águila - Sede Pedregosa
23	Puerto Rico	Rural	12 de Octubre #1	Finca La Fortuna
24	Puerto Rico	Rural	Alto Riecito	I.E. El Águila - Sede Alto Riecito
25	Milán	Rural	Bajo Tominejo	Finca Buenavista
26	Milán	Rural	Platanillo Bajo	Finca Casa Verde
27	Milán	Rural	Platanillo Bajo	Finca La Sabana
28	Milán	Rural	Santa Rosa	Finca Patio Bonito
29	San Vicente del Caguán	Rural	Tres Esquinas	I.E. Santo Domingo Savio
30	San Vicente del Caguán	Rural	El Arenoso	I.E. El Arenoso
31	San Vicente del Caguán	Rural	Ceibas Arriba	Finca La Finlandia
32	San Vicente del Caguán	Rural	Ceibas Arriba	Finca Ganadería Managua S.A.S
33	Valparaíso	Rural	Las Golondrinas	Finca Ganadera V1
34	Valparaíso	Rural	Las Golondrinas	Finca Ganadera V2
35	Valparaíso	Rural	Las Golondrinas	Finca Ganadera V3
36	Valparaíso	Rural	Las Golondrinas	Finca Ganadera V4
37	Solita	Rural	Los Ángeles	Finca Ganadera S1
38	Solita	Rural	Los Ángeles	Finca Ganadera S2
39	Solita	Rural	Chontillosa Media	Finca Ganadera S3
40	Solita	Rural	Chontillosa Media	Finca Ganadera S4
41	Morelia	Rural	Carnicería	Finca Ganadera M1
42	Morelia	Urbano	Centro	Parque Central de Morelia
43	Morelia	Rural	San Marco	Finca La Bonita
44	Morelia	Rural	San Marco	Finca El Sol
45	Curillo	Rural	Calle San Juan	Finca Ganadera C1
46	Curillo	Rural	Calle San Juan	Finca Las Cañas

47	Curillo	Rural	Calle San Juan	Finca los Novillos
48	Curillo	Rural	Conquistador	Finca Ganadera C2
49	San Jose del Fragua	Rural	Monterrey	Finca Girasol
50	San Jose del Fragua	Rural	La Paz	Finca La Paz
51	San Jose del Fragua	Rural	La Paz	I.E. La Paz
52	San Jose del Fragua	Rural	La Paz	Finca El Charco
53	Belén de los Andaquíes	Rural	La Mono	Finca La Mono
54	Belén de los Andaquíes	Urbano	Centro	Parque Central de Belén de los Andaquíes
55	Belén de los Andaquíes	Urbano	Centro	Escuela Audiovisual Laboratorio Verde
56	Belén de los Andaquíes	Urbano	Centro	Coliseo Cubierto
57	Albania	Rural	Jardines	Finca Las Rosas
58	Albania	Rural	Jardines	Finca Los Potrillos
59	Albania	Rural	Jardines	Finca Las Lomitas
60	Albania	Rural	Jardines	Finca Jardines
61	Solano	Rural	Sombredero	Finca La Esperanza
62	Solano	Rural	Puerto Mercedes	Finca y comercio rural
63	Solano	Rural	Sombredero	Finca Campo Alegre
64	Cartagena del Chairá	Rural	Camicaya Alta	I.E. Camicaya Alta
65	Cartagena del Chairá	Rural	Tokio	I.E. María Luisa de Moreno

Fuente: elaboración propia

A excepción del municipio de El Doncello, el estudio encontró que todos los municipios tienen sistemas instalados, la mayoría en el área rural en fincas ganaderas. Esto obedece principalmente a la baja cobertura de energía eléctrica en el área rural, que lleva a los productores de leche y carne bovina a usar los SSF para la instalación de cercas eléctricas hacia el manejo rotacional del ganado, ya que la ganadería es la principal cadena productiva en la configuración del PIB agropecuario del Departamento.

Figura 10. *Instalación del sistema en áreas rurales y urbanas*

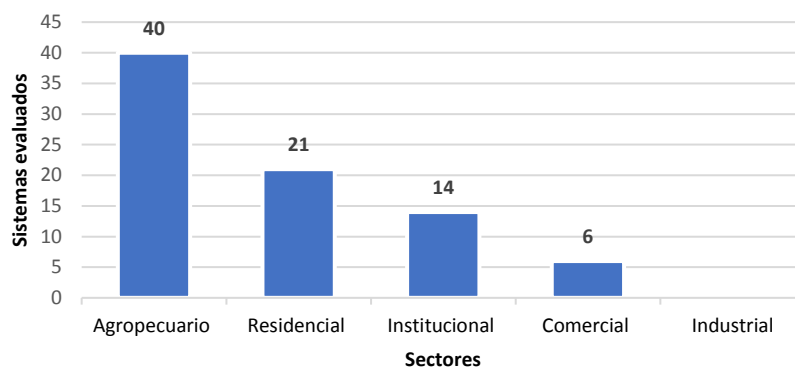


Fuente: elaboración propia

Solo 3 de los 15 municipios investigados cuentan con sistemas instalados en el área urbana, son: Florencia (capital), Morelia y Belén de los Andaquíes, con usos en establecimientos comerciales, casas residenciales y algunas entidades públicas.

En la figura 11 se observa el tipo de uso que se le da a la energía solar fotovoltaica instalada. Dando como resultado, que los dos sectores de mayor uso son el agropecuario (40) y residencial (21), pero es de precisar que algunos entrevistados marcaron el uso en ambos. Por otro lado, es importante resaltar, que 14 de los SSF encontrados tienen un uso institucional, principalmente en instituciones educativas rurales, y algunos casos en espacio para usos públicos como el parque central, coliseo y escuela audiovisual. Solamente 6 de los sistemas encontrados son usados por el sector comercial. En el sector industrial no se encontró ningún SSF.

Figura 11. Sectores donde se encontraron los SSF



Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta una descripción de los SSF instalados por sector.

Sector Agropecuario.

El 100% de los sistemas instalados en el sector agropecuario se encuentra en fincas ganaderas, donde la principal aplicación que le dan es el establecimiento de cercas eléctricas para manejos del ganado, la mayoría con sistemas de división de praderas o silvopastoriles. En algunos casos, la energía generada también se utiliza para iluminación de la vivienda y el uso de electrodomésticos.

Seguidamente, se presentan 5 SSF instalados en el sector agropecuario, estos tienen características y usos idénticos al total de los otros 35 sistemas del mismo sector que fueron objeto del estudio, para un total de 40. Es decir, el 62% del total de SSF evaluados.

1. Finca Ganadería Managua S.A.S. Ubicada en San Vicente del Caguán con una potencia de 135W generada por un panel fotovoltaico instalado sobre el techo de la vivienda, que le permite generar energía para las cercas eléctricas necesarias para el manejo del ganado, la iluminación de la vivienda y algunos electrodomésticos.

Fotografía 1. Sistema solar fotovoltaico Ganadería Managua - San Vicente del Caguán



Fuente: Propia

2. Finca Los Laureles. Ubicada en Puerto Rico con una potencia de 130W generada por un panel fotovoltaico ubicado sobre una estructura de madera elaborada por el mismo dueño de la finca. La generación de energía le permite el uso de cercas eléctricas para el manejo de ganado, iluminación en la vivienda y electrodomésticos como la nevera, que le permite al hogar la conservación de los alimentos bajo refrigeración. También es aprovechado para cargar los teléfonos celulares de los residentes y trabajadores de la finca.

Fotografía 2. Sistema solar fotovoltaico Finca Los Laureles - Puerto Rico



Fuente: Propia

3. Finca Las Gaviotas. Ubicada en Florencia, con instalación de 2 paneles fotovoltaicos instalados sobre el techo de la vivienda, en 1,6m² de área y una potencia de 150W que le permite generar energía para cercas eléctricas e iluminación. Además del módulo fotovoltaico, se identifica el regulador de carga, inversor, batería y palanca que habilita el sistema. Estos elementos están instalados sobre una pared en tablas de madera un poco separadas, que puede generar riesgo de ingreso de agua por lluvia y contacto con las partes. Durante la visita se realizaron las recomendaciones respectivas a la familia.

Fotografía 3. Sistema solar fotovoltaico Finca Las Gaviotas – Florencia



Fuente: Propia

4. Finca El Charco. Ubicada en San José del Fragua con instalación de 2 paneles solares en 4m² de área, ubicados sobre una estructura en tubo galvanizado. El sistema genera una potencia de 640W que le permite producir energía para cercas eléctricas necesarias para el manejo de la ganadería de la finca, iluminación de la vivienda y sus electrodomésticos. Este SSF es igual a otros 3 caracterizados en el municipio de San José del Fragua, todos llevan menos de un año de instalados y fueron financiados por el Sistema General de Regalías.

Fotografía 4. Sistema solar fotovoltaico Finca El Charco - San José del Fragua



Fuente: Propia

5. Finca y comercio rural vereda Puerto Mercedes. Ubicada en Solano con instalación de 4 paneles solares en 8m² de área, ubicados en el techo de la vivienda, generan una potencia de 900W que le permite a esta familia producir energía para iluminación y electrodomésticos, no solo del hogar, sino también, para el comercio rural tipo tienda que establecieron cuando instalaron el SSF. Se encontraron elementos en el suelo que están expuestos a riesgo de contacto con niños o animales domésticos, que podrían dañarlo. Durante la visita se realizaron las recomendaciones respectivas a la familia.

Fotografía 5. Sistema solar fotovoltaico en la vereda Puerto Mercedes – Solano



Fuente: Propia

Sector Residencial.

El 35% de los sistemas encontrados tienen uso residencial. Es de destacar, que 13 de los 21 encuestados que respondieron qué tienen este uso también marcaron el sector agropecuario. Es decir, que en sus fincas usan los SSF para actividades del servicio del hogar en iluminación y electrodomésticos, y también para la producción agropecuaria, principalmente para cercas eléctricas en el manejo de las ganaderías. A continuación, se presentan 2 SSF instalados en el sector residencial, uno urbano y uno rural.

1. Casa residencial barrio Sinaí. Ubicada en Florencia con una potencia instalada de 800W generada por 4 paneles fotovoltaicos que tienen un área total de 2,8m², ubicados sobre el techo de la vivienda. El sistema es aprovechado para iluminación y electrodomésticos como nevera, televisor, licuadora y computador.

Fotografía 6. Sistema solar fotovoltaico Casa residencial barrio Sinaí – Florencia



Fuente: Propia

2. Finca La Vetulia. Ubicada en El Paujil con una potencia instalada de 90W generada por 1 panel fotovoltaico, ubicado sobre el techo de la vivienda. El sistema es aprovechado para iluminación y un televisor. En esta vivienda rural se encontró un segundo panel fotovoltaico que ya no funcionaba, el cual se resalta en un recuadro en la fotografía.

Fotografía 7. Sistema solar fotovoltaico Finca La Vetulia - El Paujil



Fuente: Propia

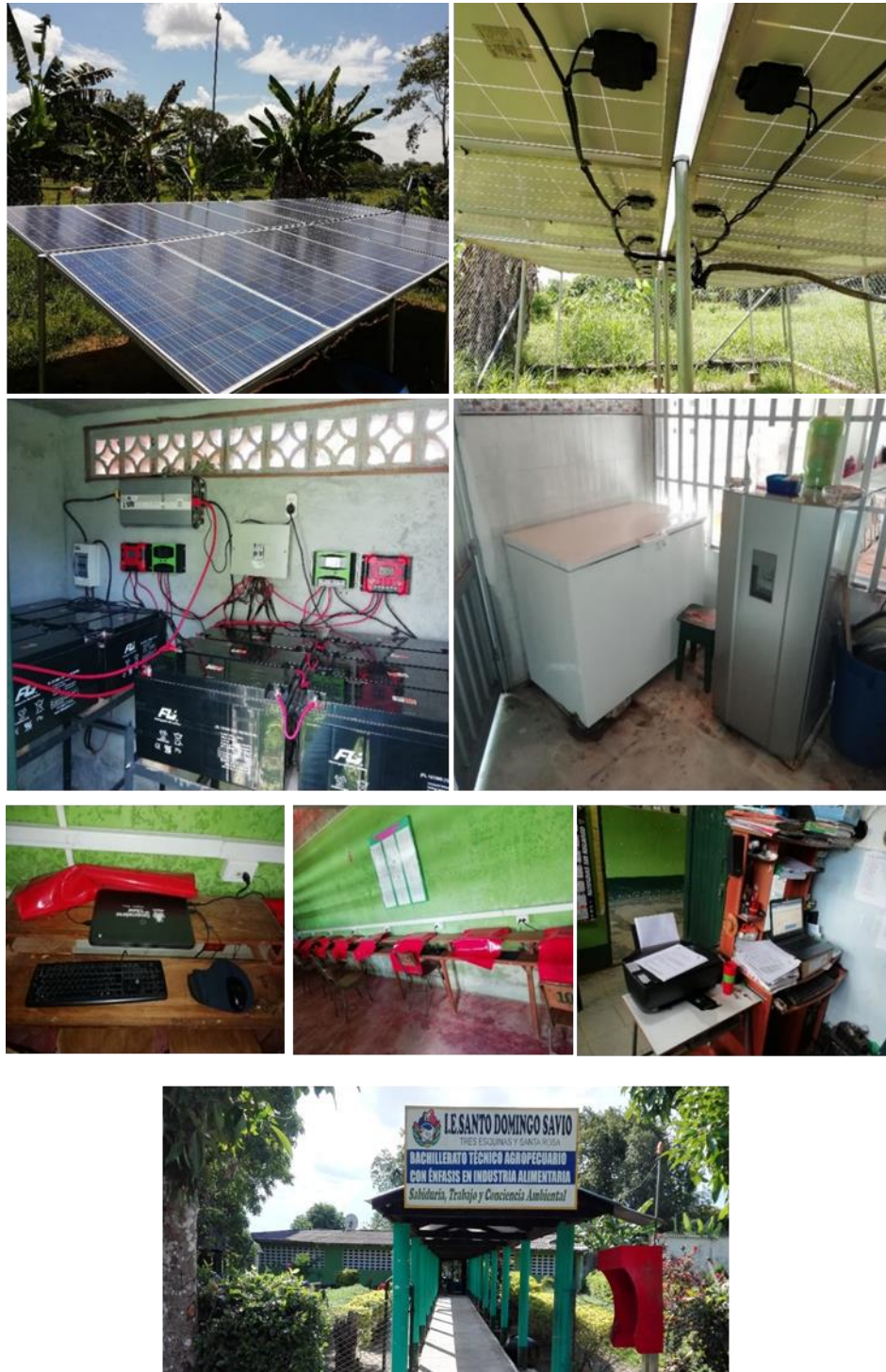
Sector Institucional.

14 de los 65 sistemas caracterizados están en el sector institucional, lo que corresponde al 22%. Estos son estructuras más robustas y por ende con mayor potencia instalada. Diez de los SSF en este sector corresponden a Instituciones Educativas Rurales (IER) que usan estas tecnologías para beneficiar a aproximadamente 500 estudiantes de zonas rurales marginadas, quienes reciben una mejor calidad educativa a partir del uso de las tecnologías de información y comunicación para su proceso formativo. Los equipos que usan las instituciones educativas con los SSF son: computadores, impresoras, video beam, ventiladores, cabina de sonido y televisores, además de la iluminación y en algunos casos punto vive digital. Así mismo, con la posibilidad de usar neveras y congeladores, las IER logran la conservación de alimentos para los estudiantes, principalmente de aquellos que se encuentran bajo la modalidad de internado.

A continuación, se presentan tres SSF instalados en IERs, dos en parques centrales y un Municipio en particular con varios sistemas instalados en el sector institucional.

1. Institución Educativa Santo Domingo Savio. Ubicada en la Inspección de Tres Esquinas en el Municipio de San Vicente del Caguán. Cuenta con una potencia instalada de 4080W generada por 16 paneles fotovoltaicos que tienen un área total de 32m², ubicados sobre una estructura en tubo galvanizado. El módulo fotovoltaico se encuentra con encerramiento en malla galvanizada para evitar el ingreso de los estudiantes y animales. También, cuenta con una caseta construida en concreto donde se disponen los demás elementos del sistema como 16 baterías, inversor, reguladores, etc. Este sistema fue financiado por el Gobierno de los Estados Unidos a través de su Agencia para el Desarrollo Internacional USAID.

Fotografía 8. Institución Educativa Santo Domingo Savio - San Vicente del Caguán



Fuente: Propia

2. Institución Educativa Simón Bolívar Sede El Guamo. Ubicada en zona rural del Municipio de La Montañita. Cuenta con una potencia instalada de 1.620W generada por 6 paneles fotovoltaicos que tienen un área total de 9m², ubicados sobre una estructura en tubo galvanizado. También, cuenta con un área exclusiva para la protección de los demás elementos del sistema como 4 baterías, inversor, regulador, etc. Este sistema fue financiado por el Ministerio de las TIC.

Fotografía 9. *Institución Educativa Simón Bolívar Sede El Guamo - La Montañita*



Fuente: Propia

3. Institución Educativa María Luisa de Moreno / Villa Luz Sede Tokio. Ubicada en zona rural del Municipio de Cartagena del Chairá. Cuenta con una potencia instalada de 600W generada por 4 paneles fotovoltaicos que tienen un área total de 4m², ubicados en dos puntos. Uno sobre una estructura en tubo galvanizado y el otro en madera. Este sistema fue financiado por la Alcaldía Municipal y Secretaría de Educación Departamental.

Fotografía 10. *Institución Educativa María Luisa de Moreno - Cartagena del Chairá*



Fuente: Propia

4. Municipio de Belén de los Andaquíes. Cuenta con reconocimiento otorgado por la Asamblea Departamental mediante Ordenanza No. 024 del 2013, como Municipio verde y protector del agua. Ha impulsado el uso de las energías renovables en su

población. En el Municipio hay 3 escenarios de uso público en donde están instalados SSF. Los cuales son: a) Parque Central, donde los habitantes pueden disfrutar del alumbrado público, acceso a internet por wifi gratis y cargar sus teléfonos celulares, b) Coliseo cubierto, donde los habitantes pueden realizar actividades deportivas de entrenamiento y competición con presencia de público, habilitado también para las noches, gracias a la iluminación, c) Escuela audiovisual Laboratorio Verde, donde la población, especialmente niños, niñas, jóvenes y adolescentes pueden aprender sobre la producción de contenidos audiovisuales.

Fotografía 11. *Parque Central Belén de los Andaquíes*



Fuente: Propia

Fotografía 12. *Coliseo Cubierto de Belén de los Andaquíes*



Fuente: Propia

Fotografía 13. *Escuela Audiovisual Laboratorio Verde - Belén de los Andaquíes*



Fuente: Propia

Sector Comercial.

Seis de los sistemas encontrados son utilizados por el sector comercial en establecimientos como droguerías, joyerías y almacenes de maquinaria agropecuaria. El promedio de área instalada con módulos fotovoltaicos en estos 6 comercios es de 6m² generando una potencia pico promedio de 1.500W. A continuación, se presentan tres SSF instalados en el sector comercial.

Fotografía 14. *Droguería Farmacenter Mateo – Florencia*



Fuente: Propia

Fotografía 15. Joyería La Fina – Florencia



Fuente: Propia

Campeños productores agropecuarios, estudiantes, padres de familia, docentes y comerciantes, que participaron en la investigación, coinciden en que la energía solar fotovoltaica es una alternativa muy eficiente para la generación de energía, cada vez es más económica en su adquisición y sus costos de operación son bajos. Además de reconocer el gran aporte que hacen los SSF al ambiente, los actores del territorio la realzan como la mejor herramienta para que los habitantes rurales de zonas marginadas y sin interconexión eléctrica, puedan acceder al servicio de la energía y lograr mejorar sus indicadores de productividad en la ganadería, bajar costos operacionales en los comercios, elevar la

calidad educativa en las escuelas rurales, mejorar las condiciones de vida en los hogares gracias al acceso al entretenimiento, a fuentes de información y a la conservación de los alimentos, entre otros beneficios más.

10.1.2 Análisis Por Categorías De La Información Recolectada Con El Instrumento

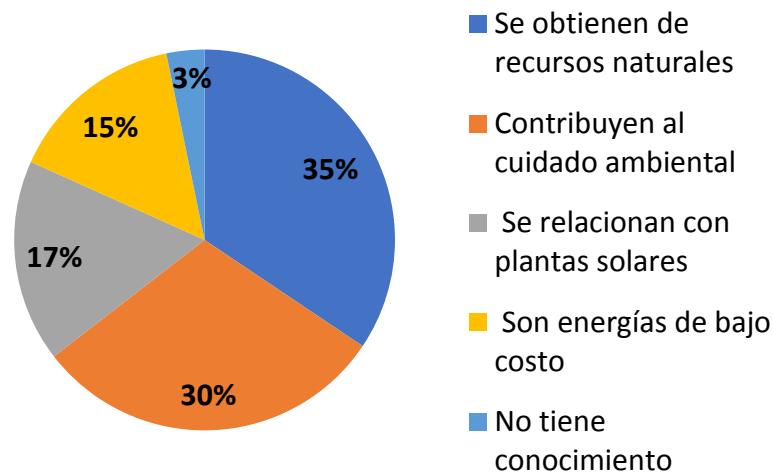
Se presentan a continuación las respuestas obtenidas mediante la aplicación del instrumento de caracterización. El análisis se realizará por bloque de cada categoría definida en la metodología.

Criterio de segmentación I. Preguntas generales.

A continuación, las respuestas obtenidas mediante la aplicación del instrumento de caracterización. El análisis se realizará por bloque de cada categoría definida en la metodología.

Se encontró en este capítulo de la encuesta que el 97% de los entrevistados tiene algún conocimiento sobre energías renovables, quizá no muy amplio, pero tienen claro principalmente sus beneficios y algunos atributos. Se puede observar que el 65% de los encuestados relaciona específicamente las energías renovables con energías que se obtienen de recursos naturales o que contribuyen al cuidado ambiental. El 15% refiere que las energías renovables son de bajo costo, que les genera un ahorro por la disminución de gastos en sus actividades agrícolas y demás. En la figura 12 se muestran los resultados obtenidos a la pregunta 1 del instrumento: ¿Qué conoce sobre las energías renovables?

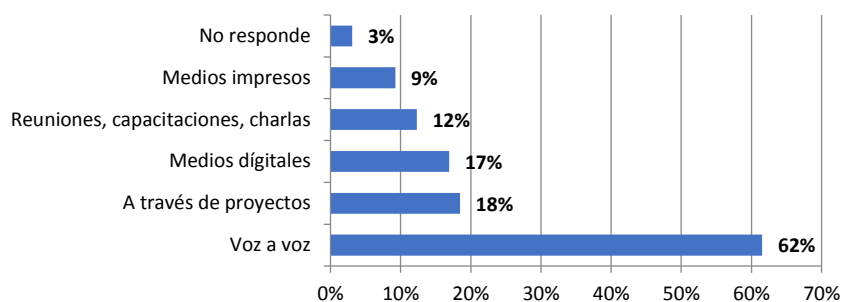
Figura 12. *Conocimiento sobre las energías renovables*



Fuente: elaboración propia

En cuanto a las fuentes de información, por medio de las cuales los entrevistados conocieron sobre energías renovables están representadas en la figura 13, donde se evidencia que el medio más frecuente es el “voz a voz”, de vecinos, amigos, familiares y vendedores, que de cierta forma algunos ya tenían experiencia en el uso de energías renovables y compartieron su conocimiento e información. La segunda fuente de información identificada es la que llega a través de los proyectos en el territorio. Se puede observar que hay medios que han sido poco usados por las personas para enterarse sobre el asunto, pero que pueden ser útiles para que las entidades territoriales masifiquen la información sobre energías renovables y promocionen su adopción, como lo son medios impresos, digitales y capacitaciones.

Figura 13. Medios con los que se obtuvo la información sobre energías renovables



Fuente: elaboración propia

Criterio de segmentación II. Información de la empresa que suministra la energía eléctrica.

El operador de red en Caquetá es la Electrificadora del Caquetá S.A E. S. P, empresa de servicios públicos mixta. No es generadora de energía, pero es la empresa encargada desde 1978, de la comercialización y distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado. En 2013 contaba con 16 subestaciones instaladas, con una capacidad total de los transformadores correspondiente a 101,795 KVA.

El rango de tarifas que tienen está entre \$182 y \$755 por kWh. En la figura 14 se desagregan las tarifas por estratos y sectores, de acuerdo con la información de la empresa para mayo de 2020.

Figura 14. Tarifas del servicio de energía eléctrica por estratos y sectores, mayo 2020

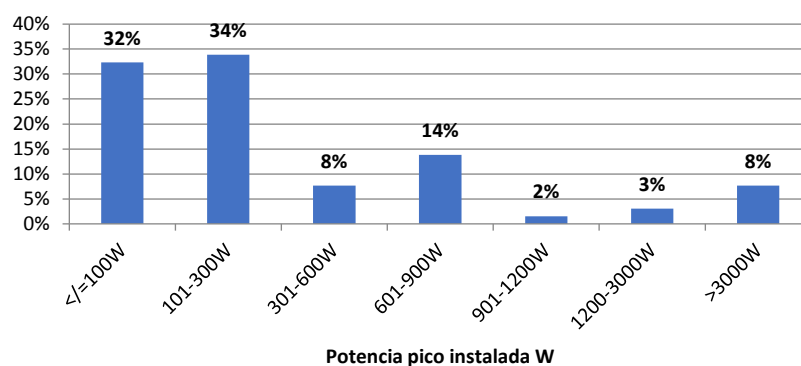
TARIFAS PARA EL SECTOR RESIDENCIAL						
ESTRATOS	RANGOS DE CONSUMO	NIVEL 1		NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV
ESTRATO 1 (BAJO BAJO)		TRANSFORMADOR PROPIEDAD DE LA EMPRESA	TRANSFORMADOR PROPIEDAD DEL USUARIO	>= 1Kv < 30Kv	>= 30Kv < 57,5Kv	>= 57,5Kv < 220Kv
	0.173 Kwh	274.02	254.85	233.60	207.71	182.59
	≥ 174 Kwh	629.65	581.74	529.66	460.23	397.02
ESTRATO 2 (BAJO)						
	0.173 Kwh	342.52	318.56	292.00	259.64	228.24
	≥ 174 Kwh	629.65	581.74	529.66	460.23	397.02
ESTRATO 3 (MEDIO-BAJO)						
	0.173 Kwh	535.20	494.48	450.21	391.19	337.47
	≥ 174 Kwh	629.65	581.74	529.66	460.23	397.02
0 - CS= 0 - 173 Kwh Y > CS = > 174Kwh SC-CONSUMO DE SUBSISTENCIA						
ESTRATO 4 (MEDIO)	TODO CONSUMO	629.65	581.74	529.66	460.23	397.02
ESTRATO 5 (MEDIO-ALTO)	TODO CONSUMO	755.58	698.08	635.59	552.27	476.43
ESTRATO 6 (ALTO)	TODO CONSUMO	755.58	698.09	635.59	552.27	476.43
TARIFAS PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL						
SECTORES/CLASE DE SERVICIO		NIVEL 1		NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV
MONOMIAS		TRANSFORMADOR PROPIEDAD DE LA EMPRESA	TRANSFORMADOR PROPIEDAD DEL USUARIO	>= 1Kv < 30Kv	>= 30Kv < 57,5Kv	>= 57,5Kv < 220Kv
COMERCIAL		755.58	698.08	635.59	552.27	476.43
INDUSTRIAL		755.58	698.08	635.59	552.27	476.43
PROVISIONAL		755.58	698.08	635.59	552.27	476.43
OFICIAL		629.65	581.74	529.66	460.23	397.02
INDUSTRIAL ESPECIAL		629.65	581.74	529.66	460.23	397.02
ALUMBRADO PUBLICO		629.65	581.74	529.66	460.23	397.02

Fuente: Electrificadora del Caquetá

Criterio de segmentación III. Información del sistema solar en particular que está usando y sus características.

Los 65 sistemas caracterizados corresponden a instalaciones solares fotovoltaicas. No se encontraron, en ninguno de los 15 municipios de estudio, sistemas con generación solar térmica. El 100% está bajo generación aislada, es decir que ninguno de ellos está conectado a la red, ni tampoco en forma híbrida. Igualmente, se destaca que todos los SSF evaluados corresponden a la categoría de pequeña escala según Resolución UPME 281 de 2015, dado que se encuentran con una potencia de autogeneración inferior a un (1) MW. La figura 15 presenta la distribución de potencial pico instalada en los SSF evaluados en Caquetá.

Figura 15. Potencia pico instalada de los SSF encontrados



Fuente: elaboración propia

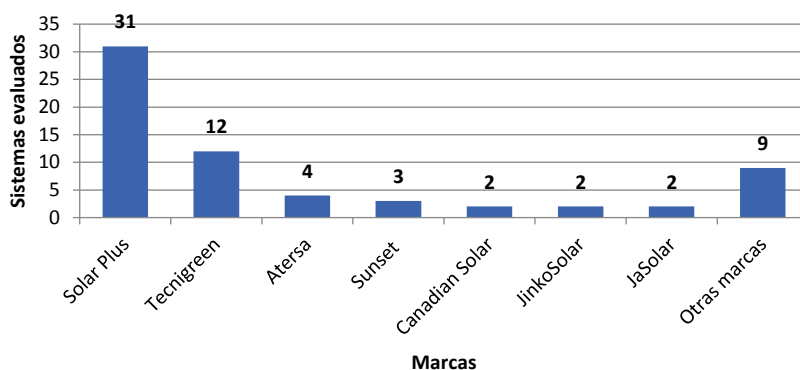
Se puede observar que 43 de los SSF son instalaciones pequeñas con menos de 300W de potencia pico instalada, donde el 86% corresponde a fincas ganaderas de los diferentes municipios que los utilizan principalmente para cercas eléctricas en el manejo del ganado, y para iluminación en las viviendas, en algunos casos también se utiliza para los electrodomésticos.

Por otra parte, se encontró que los sistemas con mayor potencia instalada están en el sector institucional, 10 de los 14 del sector son instituciones educativas rurales que cuentan con aproximadamente 500 niños, niñas y jóvenes rurales recibiendo formación de educación en niveles escolares de primaria y secundaria. El 90% de los SSF en estas escuelas tienen potencia pico superior a 600W.

También se destaca que 2 establecimientos comerciales en la ciudad de Florencia cuentan con una potencia pico instalada superior a 3000W, que son utilizados para iluminación, electrodomésticos y otros equipos electrónicos necesarios en actividades comerciales.

En la figura 16 se presentan las marcas de los paneles solares encontrados. Las dos principales marcadas fueron Solar Plus (31) y Tecnigreen (12).

Figura 16. *Marcas de los paneles solares*



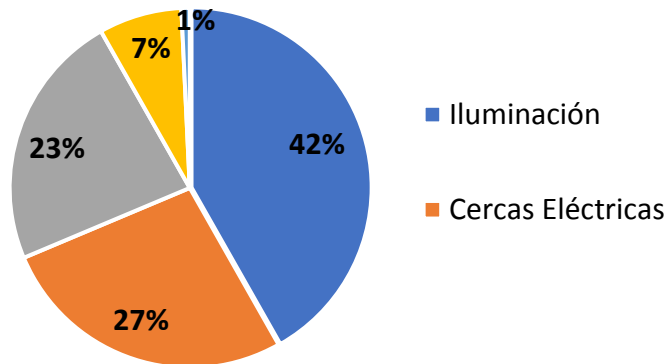
Fuente: elaboración propia

Criterio de segmentación IV. Usos dados a la energía solar fotovoltaica generada.

Debido a que la energía eléctrica a través del sistema interconectado no tiene una amplia cobertura en las zonas rurales del Departamento del Caquetá, la población del campo es quién más incorpora los sistemas solares fotovoltaicos para sus actividades económicas y familiares. La investigación arrojó que el 86% de los SSF caracterizados fue localizado en el área rural y tan solo el 14% en el área urbana. Se encontró que 40 instalaciones tenían uso agropecuario, 21 residencial, 14 institucional y 6 comercial. No se hallaron SSF en el sector industrial.

En cuanto a las diferentes aplicaciones en las que se emplea la energía solar fotovoltaica generada, se destaca que entre la iluminación y las cercas eléctricas en el manejo ganadero se concentra el 69% de las aplicaciones, seguido por electrodomésticos con el 23% y computadores con un 7%, esta última encontrada principalmente en las instituciones educativas rurales. (ver figura 17).

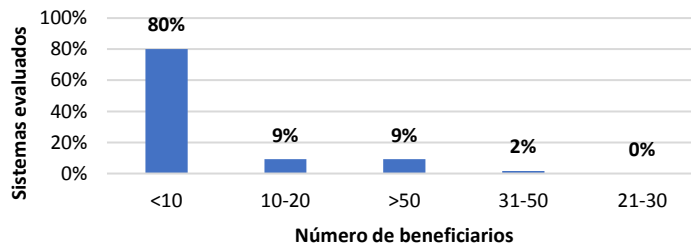
Figura 17. *Aplicaciones en las que se emplea la energía solar fotovoltaica*



Fuente: Elaboración propia

Los 65 sistemas evaluados permiten que aproximadamente 8400 personas se beneficien con sus aplicaciones. Como se observa en la figura 18, en 52 de los sitios se benefician menos de 10 personas, esto obedece principalmente a las fincas y residencias. Adicionalmente, se destaca que en los datos encontrados se encontró que 10 instituciones educativas rurales con SSF educan aproximadamente 500 estudiantes, haciendo uso de aplicaciones como iluminación, computadores, electrodomésticos para refrigeración de alimentación escolar y equipos de ayudas audiovisuales en los procesos formativos.

Figura 18. Cantidad de personas que se benefician con las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica



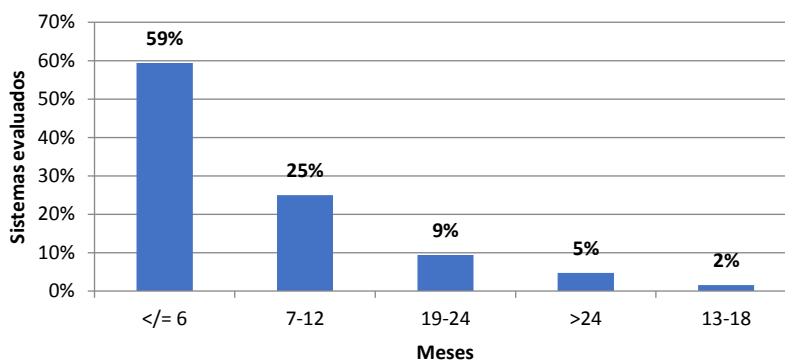
Fuente: Elaboración propia

El estudio arrojó un alto número de beneficiarios en dos municipios, debido a que los sistemas instalados están en escenarios y espacios públicos dispuestos para toda la población local y visitante. En el caso del Municipio de Morelia, la iluminación del parque central es alimentada por energía solar fotovoltaica beneficiando a más de 1800 habitantes del casco urbano. El otro caso es el Municipio de Belén de los Andaquíes, en donde el parque central y el coliseo cubierto pueden beneficiar a más de 5.500 habitantes del Municipio.

Criterio de segmentación V. Costos del sistema instalado.

En este aparte de la investigación se analizan factores para comprender los tiempos que cada usuario potencial toma para cada decisión de instalación de los sistemas solares fotovoltaicos. En la figura 19 se observa cuanto tiempo pasa entre tener la idea de instalar la tecnología y la toma de la decisión. Se encuentra que 54 personas tomaron la decisión en menos de 1 año, 38 de ellos en menos de 6 meses. El principal argumento manifestado por los entrevistados para la toma de la decisión es la disponibilidad de los recursos para la inversión.

Figura 19. *Tiempo entre la idea y la decisión de instalar el SSF*

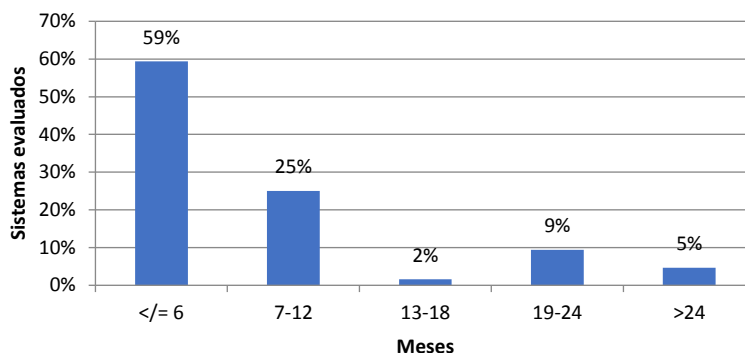


Fuente: Elaboración propia

La figura 20 deja ver que después que los encuestados decidieron usar las tecnologías fotovoltaicas, el 70% de los mismos tardó menos de 3 meses en

implementarlas, tiempo en el cual realizaron las inversiones necesarias para la instalación de los equipos en sus viviendas, fincas ganaderas, instituciones o comercios locales.

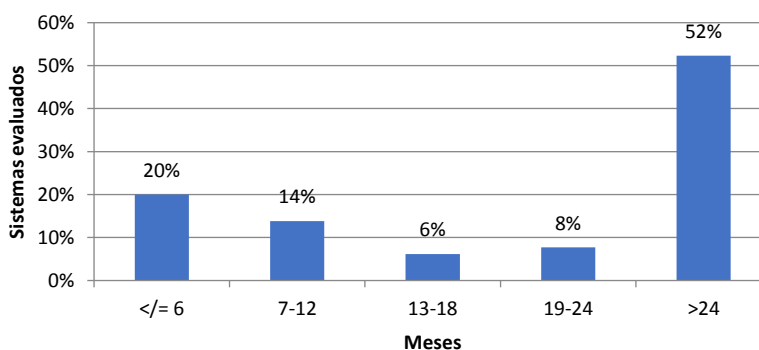
Figura 20. *Tiempo entre la decisión y la implementación*



Fuente: Elaboración propia

La figura 21 presenta el tiempo de uso que tienen los sistemas instalados. El 68% lleva más de año y medio de uso, y de éstos el 90% corresponde a instalaciones localizadas en el área rural, lo que significa que la población rural ha sido quién ha tenido que recurrir desde mucho tiempo atrás al uso de los SSF debido a los problemas de cobertura en energía eléctrica en zona rural del Caquetá.

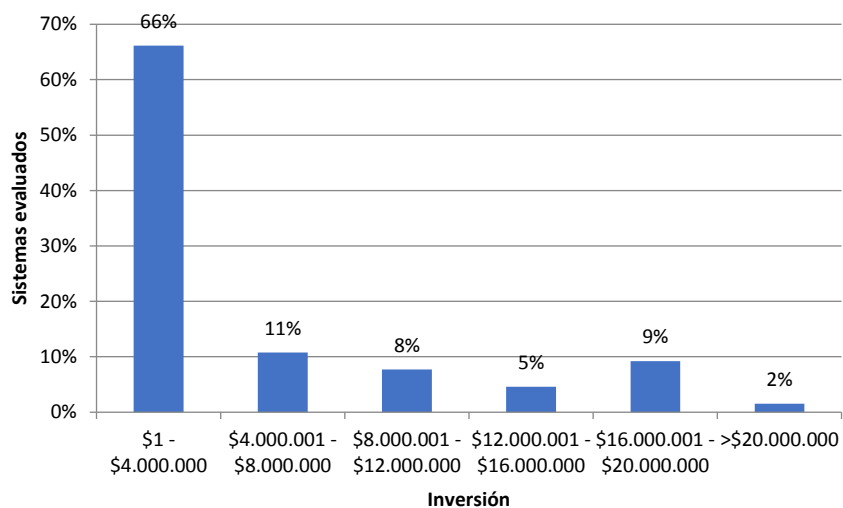
Figura 21. *Tiempo de uso de los SSF*



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al costo global al que incurrieron en la instalación del sistema de energía solar, se puede observar que la mayoría de los sistemas (43 evaluados) tuvieron un costo inferior a \$4.000.000, debido a que como se mostró inicialmente la mayoría de SSF instalados en Caquetá son de pequeña escala. De otra parte, se destaca que 10 de los sistemas tuvieron inversiones superiores a \$12.000.000, se trata principalmente de estructuras más robustas instaladas en instituciones educativas rurales y algunos comercios en la ciudad de Florencia (ver figura 22).

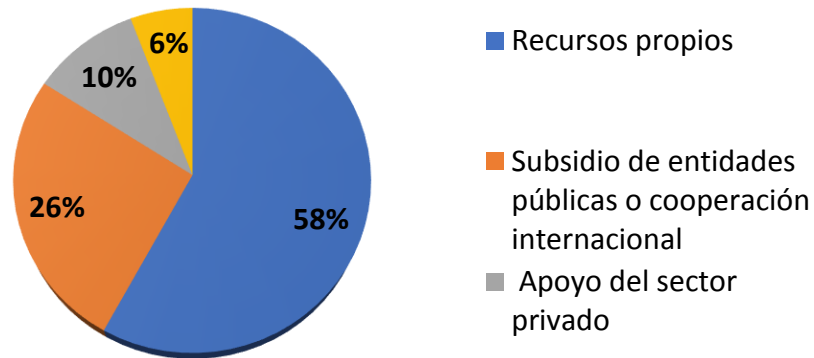
Figura 22. Costo global de instalación



Fuente: Elaboración propia

La investigación también exploró las fuentes de financiación de la inversión. Se conoció que el 58% de las inversiones se realizó con recursos propios. Sin embargo, se destaca a sobremanera que la segunda fuente de inversión para este tipo de tecnologías en Caquetá son los subsidios de entidades públicas y/o cooperación internacional (ver figura 23).

Figura 23. Costo global de la instalación

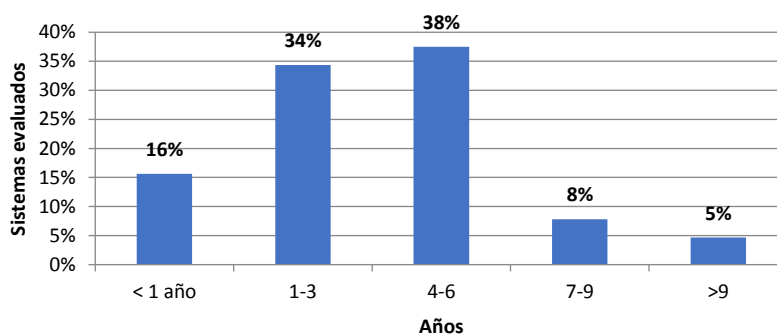


Fuente: Elaboración propia

Con relación a la documentación soporte de los costos, la investigación realizada arrojó que solo 3 sistemas instalados contaban con documentación de los costos de la inversión. Uno de ellos es la Institución Educativa Santo Domingo Savio, la cual recibió la tecnología por donación de cooperación internacional, y aportó el documento contractual de donación para la investigación.

En cuanto al retorno de la inversión, figura 24, la investigación arrojó que la mayoría (86%) de las personas e instituciones que invirtieron en ello, visualizan que la inversión se recupera en menos de 6 años, incluso, el 49% de los encuestados consideran que en menos de 3 años ya han recuperado su inversión.

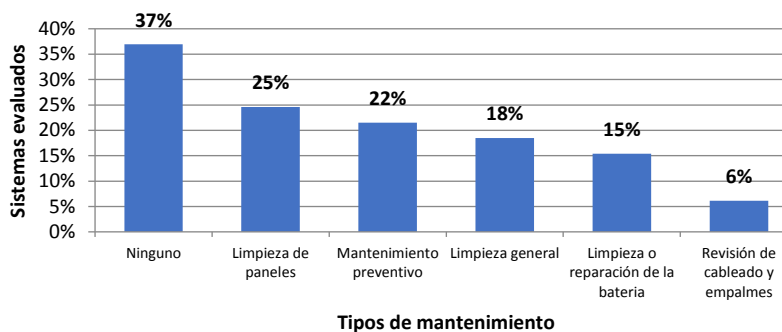
Figura 24. *Tiempo estimado de retorno de la inversión*



Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento de los equipos del sistema es muy importante para ampliar su vida útil y reducir riesgos de fallas en el mismo. Por esta razón, la investigación también exploró que tipo de mantenimiento realizan los usuarios de los 65 SSF. Se encontró que el 37% de estos no realiza ningún tipo de mantenimiento. En la figura 25 se señalan los tipos de mantenimiento que realiza el resto de los encuestados, destacando que el principal es el de limpieza de los paneles (14) seguido por mantenimientos preventivos (14) y limpieza general (12).

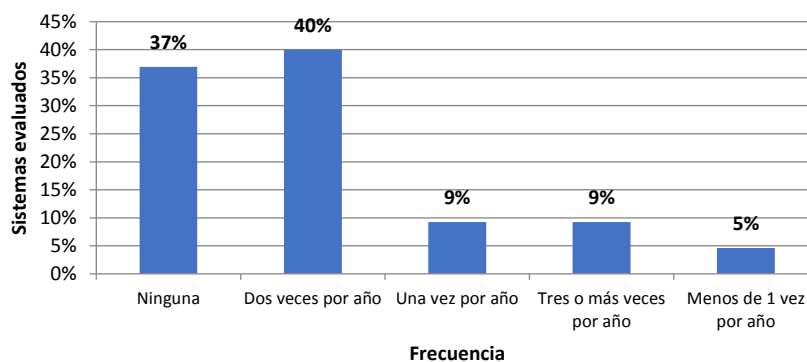
Figura 25. *Tipo de mantenimiento que se realiza*



Fuente: Elaboración propia

En relación con el mantenimiento, también se indagó sobre la frecuencia con que se realiza (figura 26) y los costos asociados, no solo al mantenimiento sino también de operación del sistema. En cuanto a la frecuencia se observa que el 63% de los que realizan mantenimiento, lo hacen 2 veces por año.

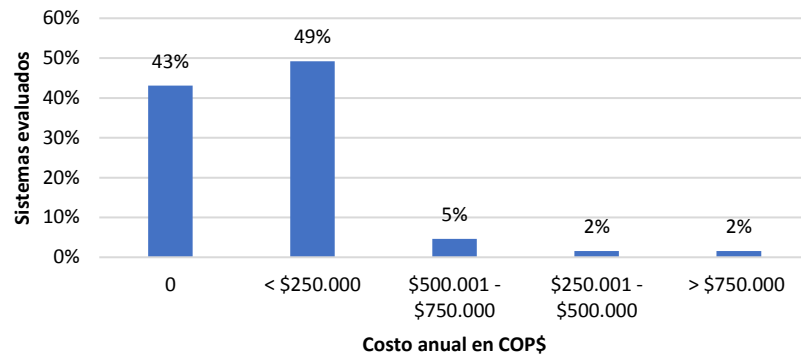
Figura 26. Frecuencia del mantenimiento que se realiza



Fuente: Elaboración propia

En la figura 27 se presenta la información recolectada con respecto a los costos de mantenimiento y operación de los sistemas. Se observa que 28 no reportan costos debido principalmente a que no realizan mantenimiento, otros 32 indican que sus costos anuales para sostener el sistema no supera los \$250.000, incluso en las respuestas obtenidas se identifica que la mayoría de los valores estimados corresponden a mantenimiento que realizan los mismos dueños, como limpieza de los paneles y limpieza en general. Por tanto, los valores no son erogaciones de dinero que se pagan a terceros sino un estimado de los jornales que los mismos propietarios le dedican para hacer el mantenimiento.

Figura 27. Costos de mantenimiento y operación de los SSF

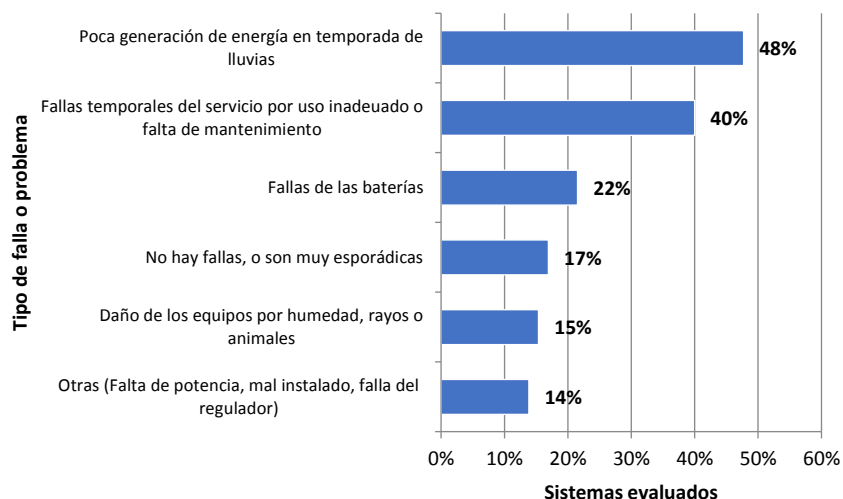


Fuente: Elaboración propia

Adicional al costo de operación y mantenimiento preventivo, se encontró que 9 sistemas habían tenido que recibir algún tipo de mantenimiento correctivo con un costo promedio de \$581.111 por única vez. Es decir, que no fueron gastos recurrentes, sino para la reparación en algún momento de falla del sistema por daños críticos ocasionados principalmente por factores externos o sobrecarga del sistema.

El 97% de los sistemas evaluados están en funcionamiento, como se evidencia en los resultados del criterio de segmentación VI. Sin embargo, en algún momento los sistemas han llegado a presentar algún tipo de falla o problema temporal. En la figura 28 se observa que la principal falla temporal es la de poca generación de energía en temporada de lluvias y la segunda más recurrente son fallas del servicio por uso inadecuado o falta de mantenimiento. Sobre lo último, se encontró que la mayoría de los casos corresponde a un uso excesivo de equipos conectados para la alimentación eléctrica. Sin embargo, estas fallas fueron siempre solucionadas por los usuarios.

Figura 28. Principales fallas o problemas del sistema

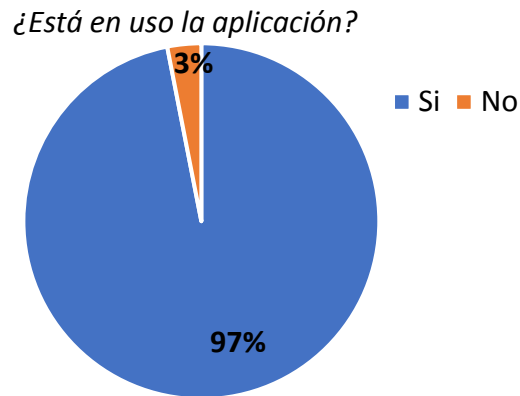


Fuente: Elaboración propia

Criterio de segmentación VI. Grado de satisfacción.

En la figura 29 se observa que el 97% de los sistemas estaban operando con normalidad y solo el 3% (2 SSF) no estaban en funcionamiento. Uno de ellos es por un daño generado por fuertes lluvias con descargas eléctricas que ocasionó daño del regulador en una finca ganadera del Municipio de Morelia. El otro caso corresponde a la Institución Educativa El Arenoso en San Vicente del Caguán, en donde los equipos fueron desinstalados por condiciones de seguridad en la zona, aunque la persona que atendió la entrevista manifestó que volvería a instalar los equipos en las próximas semanas.

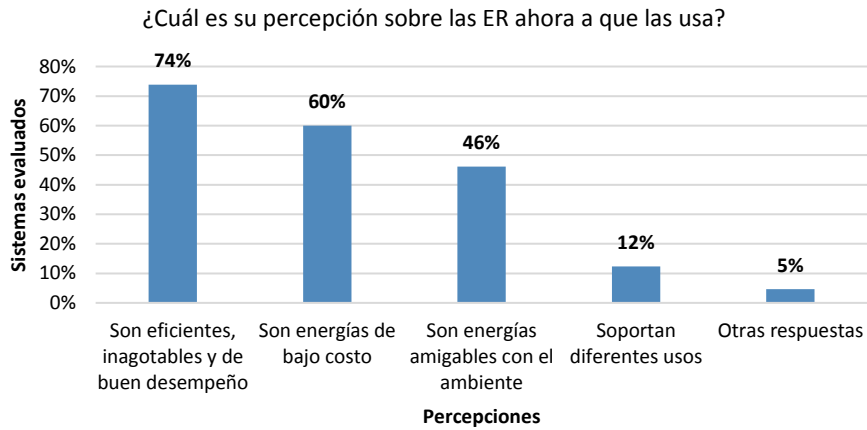
Figura 29. *Funcionalidad de la aplicación*



Fuente: Elaboración propia

Fue muy importante para la investigación conocer la percepción de los usuarios de la energía solar fotovoltaica para identificar su grado de satisfacción. En la figura 30 se observa que el principal factor que hace percibir estas tecnologías de manera positiva es que son eficientes, inagotables y de buen desempeño, el 74% de los encuestados así lo reconocen. El 60% considera que lo que más destaca de los SSF es que son energías de bajo costo, lo cual coincide con las respuestas sobre los costos de mantenimiento y operación. De otra parte, 30 de los entrevistados indican que perciben que esta generación de energía es amigable con el ambiente, y 8 respuestas apuntan a que son útiles porque soportan diferentes usos.

Figura 30. Percepción sobre las ER

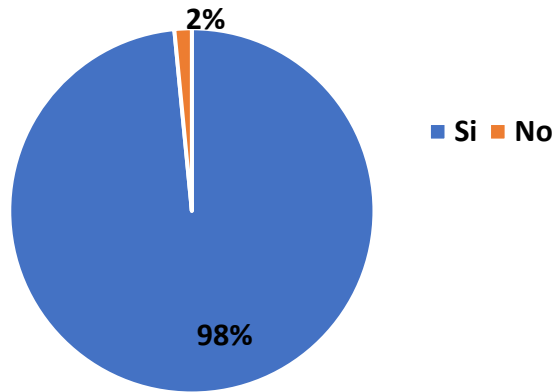


Fuente: Elaboración propia

Bajo el análisis de la satisfacción de los usuarios, se encontró una contundente respuesta sobre sí el sistema instalado cumplió o no con las expectativas de quienes invirtieron en ellas, se encontró que las expectativas se cumplieron en el 98% de los usuarios (figura 31).

Figura 31. Cumplimiento de expectativas de los usuarios

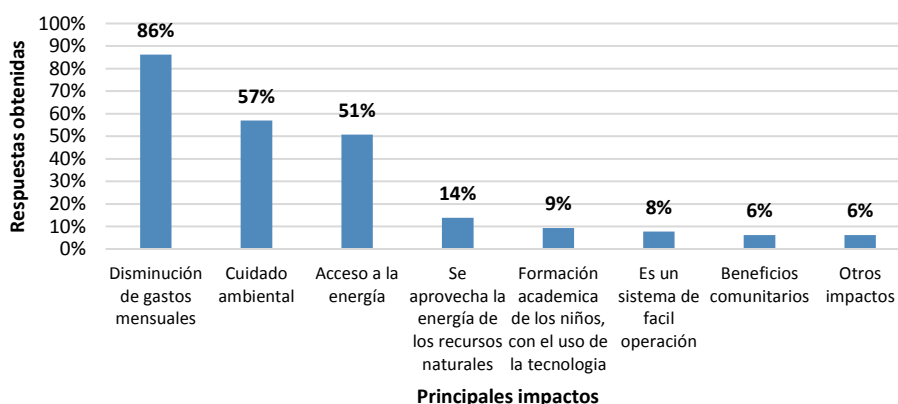
¿La instalación del sistema de generación de energía solar cumplió con las expectativas que tenía?



Fuente: Elaboración propia

En complemento, en la figura 32 se identifican los principales resultados e impactos positivos que han generado los sistemas de energía solar fotovoltaica. Sobre esto, los usuarios dieron razón de diversos impactos positivos en un mismo sistema. Resultó que el 86% de los sistemas experimentaron una disminución de gastos mensuales, la mayoría de los casos corresponden a fincas ganaderas que generaban energía con plantas diésel, altamente contaminantes y de altos costos para los ganaderos. De otra parte, el 57% reconoce el impacto positivo ambiental, y el 49% considera que lo más significativo es haber podido acceder al servicio de energía.

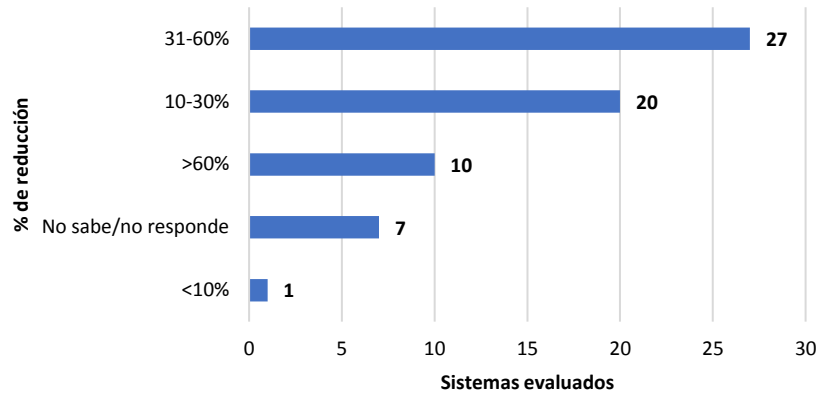
Figura 32. Principales impactos positivos generados con los SSF



Fuente: Elaboración propia

En relación con la reducción de costos, la investigación indagó frente a los rangos porcentuales identificados por los usuarios. Se encontró que en 27 SSF evaluados la reducción de costos por energía fue entre el 31% y el 60%, 20 instalaciones entre el 10% y el 30%, y otros 10 identificaron una reducción superior al 60% (figura 33).

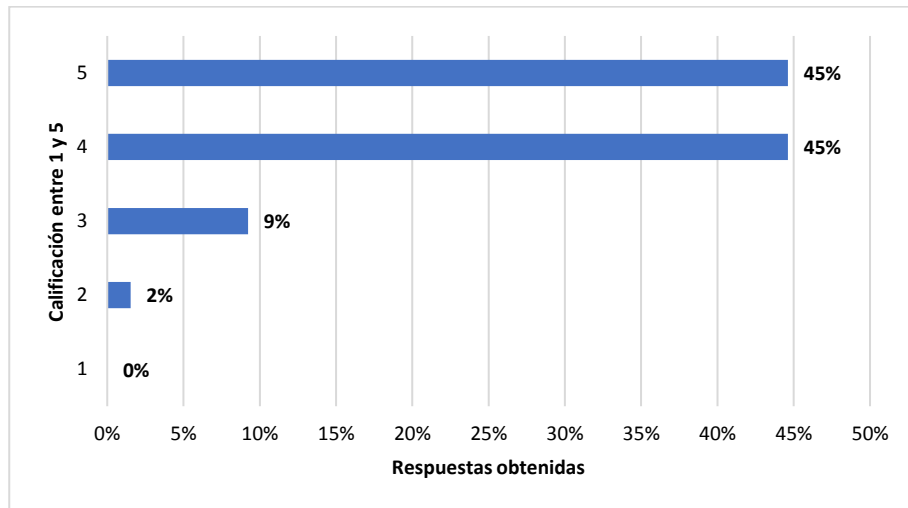
Figura 33. Reducción porcentual estimada de los costos



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con el instrumento aplicado se indagó sobre el grado de satisfacción de las personas con el sistema instalado, en lo que se encontró que el 89% califica entre 4 y 5 su nivel satisfacción (figura 34).

Figura 34. Grado de satisfacción con el sistema instalado



Fuente: Elaboración propia

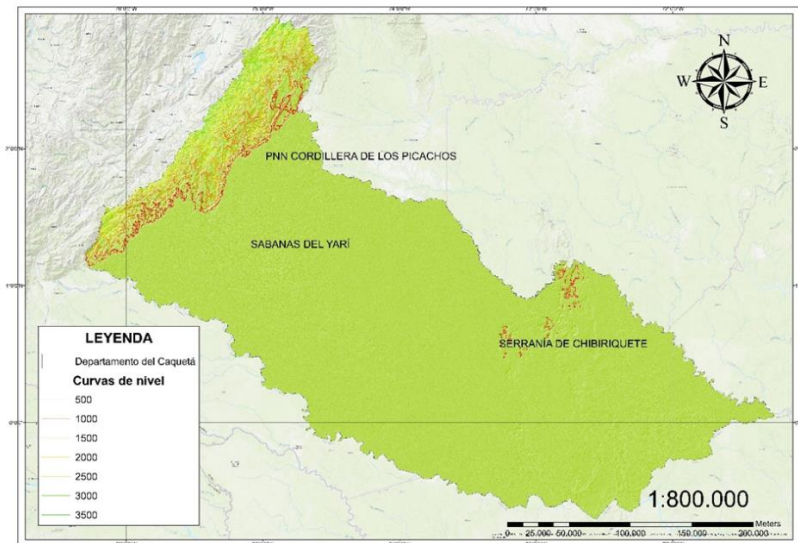
10.2 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR

En este punto se muestran los datos y análisis respectivos para lograr estimar el potencial de radiación solar en el Departamento del Caquetá a partir de la información climática existente dispuesta por IDEAM y bases de datos del SIAC. Se calculó la radiación solar en el Departamento mediante cartografía y regresiones lineales en software como ArcMap y Excel.

10.2.1 Elevación media del Departamento del Caquetá

El Departamento del Caquetá posee el ecosistema de piedemonte amazónico, el cual es definido como una zona de transición Andino-Amazónica. Es importante resaltar la elevación media, dado que así se facilita la comprensión y análisis de la variación altitudinal del Departamento, puesto que esta incide directamente sobre el clima y por lo tanto sobre el régimen hidrológico de la zona, además de caracterizar zonas climatológicas y ecológicas. Se utilizó el método de área - elevación para el cálculo de la elevación media. Se empleó el software ArcGIS para calcular el área entre curvas de nivel presentes en la zona de estudio y el promedio de las curvas de nivel que delimitan cada franja (m.s.n.m). Como se puede observar en la figura 35, la elevación media del Caquetá es de 200 m.s.n.m.

Figura 35. Curvas a nivel del Departamento



Fuente: Elaboración propia

10.2.2 Climatología

Se evaluaron 4 variables fundamentales a la hora de caracterizar el departamento, como lo son, precipitación media, humedad relativa, temperatura media y brillo solar, el análisis del comportamiento climatológico se realizó mediante estaciones meteorológicas ubicadas en el Caquetá y departamentos aledaños como el Huila, Putumayo y Cauca. La información fue tomada de 14 estaciones del IDEAM, y fueron la base para la evaluación, las cuales están distribuidas espacialmente en su mayoría en el noroeste del Departamento (10 estaciones), las demás están dispersas a lo largo de este. En conjunto de todas las variables el 77% de las estaciones cumplen con la normal climatológica estándar de 30 años.

En el análisis de las variables como, precipitación y temperatura media, se emplearon la totalidad de las estaciones, en cambio, las variables de brillo solar y humedad relativa utilizaron 12 y 13 estaciones respectivamente, a continuación, la distribución espacial de las estaciones y el resumen de cada una:

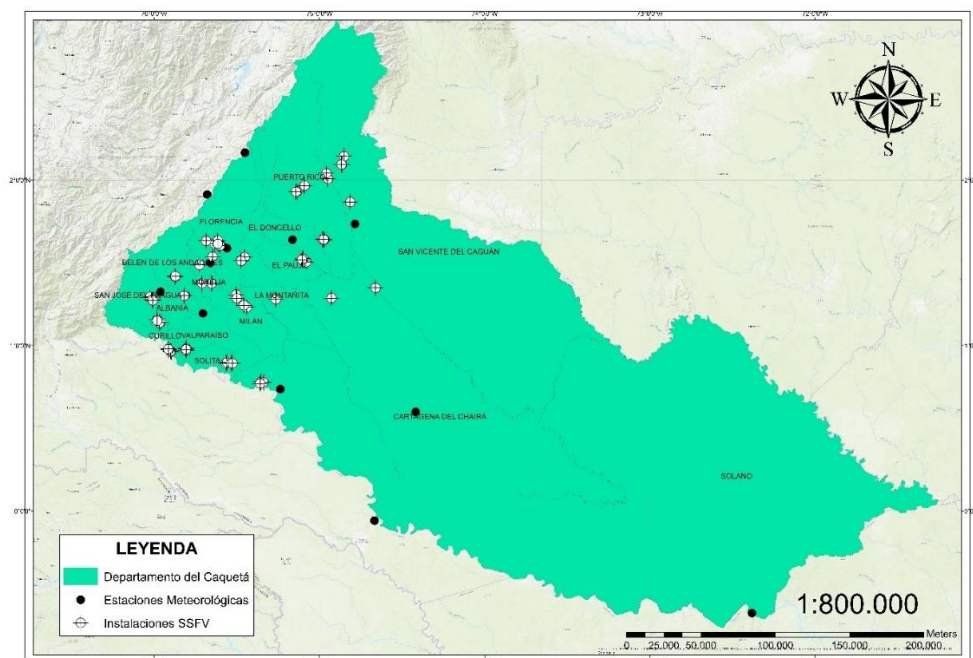
Tabla 7. Resumen estación meteorológicas

Código	Nombre	Altitud msnm	Latitud	Longitud	Departament o	Entida d
44135010	ARARACUARA	150	-0,616	-72,381	Caquetá	IDEAM
44115020	LA TAGUA	153	-0,057	-74,666	Putumayo	IDEAM
46045010	REMOLINOS DEL CAGUÁN	200	0,6	-74,416	Caquetá	IDEAM
44055010	TRES ESQUINAS	219	0,738	-75,236	Caquetá	IDEAM
44045020	VALPARAÍSO	270	1,195	-75,704	Caquetá	IDEAM
44045030	LA MONO	300	1,303	-75,807	Caquetá	IDEAM
44045010	SAN JOSÉ DE FRAGUA	320	1,325	-75,961	Caquetá	IDEAM
44035030	MACAGUAL	280	1,5	-75,66	Caquetá	IDEAM
44035020	AEROPUERTO GUSTAVO ARTUNDUAGA	244	1,589	-76	Caquetá	IDEAM
44035010	FLORENCIA C A	280	1,617	-75,6	Caquetá	IDEAM
46035010	MAGUARE-AUT	277	1,640	-75,162	Caquetá	IDEAM
46015020	SANTA ROSA CAGUÁN	240	1,735	-74,585	Caquetá	IDEAM
21035020	RESINA	2102	1,191	-75,679	Huila	IDEAM
26015020	PALETARA	2900	2,167	-75,45	Cauca	IDEAM

Fuente: Elaboración propia con datos del IDEAM

La variable brillo solar no cuenta en las estaciones Santa Rosa Caguán y San José del Fragua, en cambio la variable humedad relativa no cuenta en la estación Florencia C A.

Figura 36. Distribución espacial de estaciones meteorológicas y SSF instalados caracterizados



Fuente: Elaboración propia

10.2.3 Precipitación Media

Se utilizó el método de polígonos de Thiessen para determinar la lluvia media en una zona, se aplica cuando se sabe que las medidas de precipitación en los diferentes pluviómetros sufren variaciones. Se realiza bajo los siguientes pasos: 1) Disponer de una capa vectorial de puntos, el cual se realiza bajo el programa de ArcGIS. 2) Se recurre a las herramientas de ArcToolBox (Thiessen Polygons) una vez ejecutada la herramienta ArcMap nos genera una red de polígonos basados en el principio matemático propuesto para el cálculo de zonas entre puntos, la cual nos da una capa que representa el conjunto de zonas de influencia para cada punto (área). 3) Al tener el área de influencia por cada estación y el valor de precipitación anual de estas, es aplicada la fórmula siguiente (Tabios III & Salas, 1985)

Ecuación 1

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

Fuente: (Tabios III & Salas, 1985)

En la Ecuación 1, donde **P** es la Precipitación media, **P_i** es la precipitación en la estación **i**, y, **A_i** es el área del polígono de influencia de la estación **i**.

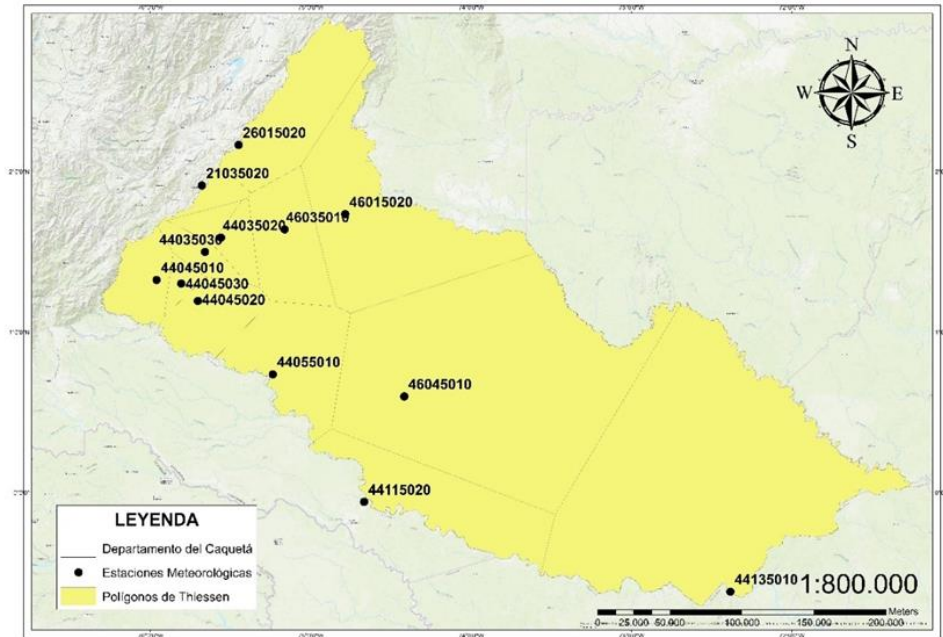
En la tabla 8 se observan los datos necesarios tomados de las estaciones para aplicar el método de Thiessen y posterior el cálculo del resultado con la aplicación de la fórmula.

Tabla 8. *Precipitación por polígonos de Thiessen*

	Estación	Precipitación multianual (mm)	Área (km ²)	(mm*km ²)
44135010	ARARACUARA	2630,5	21,5	56526,2
44115020	TAGUA LA REMOLINOS D	2759,6	4,7	12981,1
46045010	CAGUAN	2463,2	20,1	49571,0
44055010	TRES ESQUINAS	2147,8	10,4	22354,7
44045020	VALPARAISO	2919,7	5,2	15063,5
44045030	MONO LA	3415,4	0,4	1520,0
44045010	SAN JOSE DE FRAGUA	4153,3	8,1	33434,4
44035030	MACAGUAL	3587,4	0,8	3014,0
44035020	AEROPUERTO G ARTUNDUAGA	3759,7	0,8	3168,6
44035010	FLORENCIA C A	3554,9	0,5	1835,5
46035010	MAGUARE-AUT	2984,8	3,1	9387,6
46015020	SANTA ROSA CAGUAN	2685,1	8,1	21798,1
21035020	RESINA	2144,5	0,6	1294,9
26015020	PALETARA	1159,0	4,4	5058,7
	Total	40365,0	88,8	237008,3

Fuente: Elaboración propia con datos del IDEAM

Figura 37. Polígonos de Thiessen



Fuente: Elaboración propia

Ecuación 2

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

$$P^- = \frac{(A1 * P1) + (A2 * P2) + (A3 * P3) + \dots + (A14 * P14)}{AT}$$

$$P^- = \frac{237008,3 \text{ km}^2 * \text{mm}}{88965 \text{ km}^2}$$

$$P^- = 2664,06 \text{ mm/año}$$

Fuente: Elaboración propia con reemplazo de variables

La precipitación anual media del Departamento concuerda con la precipitación anual media calculada para la región amazónica por el IDEAM que es de 2500 mm. Las estaciones empleadas para calcular la precipitación media del Departamento en su mayoría cumplen con la normal climatológica estándar de 30 años (85,7% de las 14 estaciones), las estaciones mencionadas cuentan con una gran influencia, por su ubicación, elevación y orografía ya que esta juega un papel muy importante en la cantidad y distribución de la lluvia.

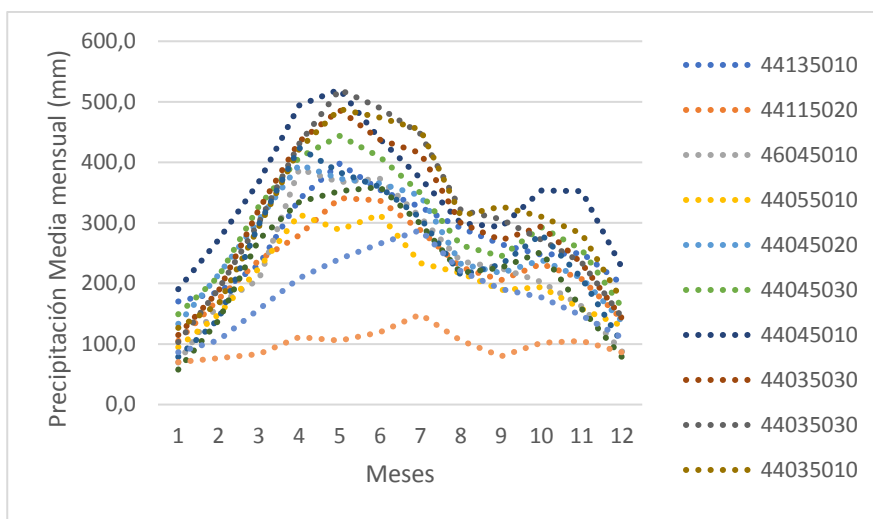
El Caquetá cuenta con un régimen monomodal como se puede evidenciar en las variaciones presentes en la figura 38, con periodos lluviosos en los meses de abril, mayo, junio y julio, con un repunte en el mes de octubre, con precipitaciones en promedio mensual de 248 mm. El Departamento cuenta con un clima húmedo y lluvioso por pertenecer a la región amazónica.

Las precipitaciones más altas se presentan en la parte noroeste baja del departamento por varios factores:

Dirección de los vientos: La dirección de estos provienen desde el sureste (vientos alisios) del departamento y chocan con la cordillera, además de formar un remolino en la parte baja al encontrarse con corrientes de viento provenientes de Nariño lo que genera altas precipitaciones en esta zona (IDEAM, 2014).

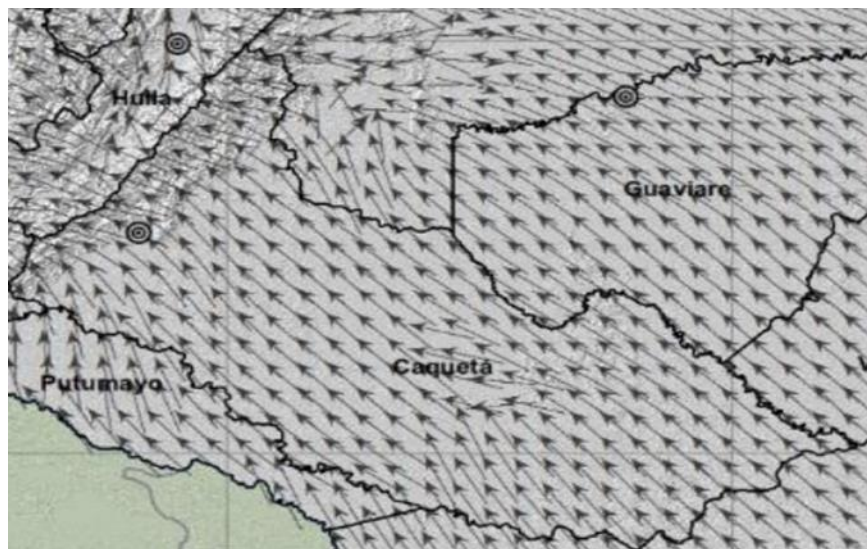
El comportamiento de las precipitaciones presenta 3 zonas pluviométricas en el Departamento, la primera y más lluviosa se sitúa por debajo de los 1500 msnm en la parte baja de la cordillera y piedemonte amazónico con precipitaciones de 4100 mm, la segunda se constituye en la sabana del Yarí con una precipitación y altura menor con precipitaciones de 2500-3000mm anuales y la tercera que comprende toda la llanura amazónica con precipitaciones mucho más bajas en un rango de 1500-2000 mm.

Figura 38. Variaciones de la precipitación media mensual en el Departamento del Caquetá



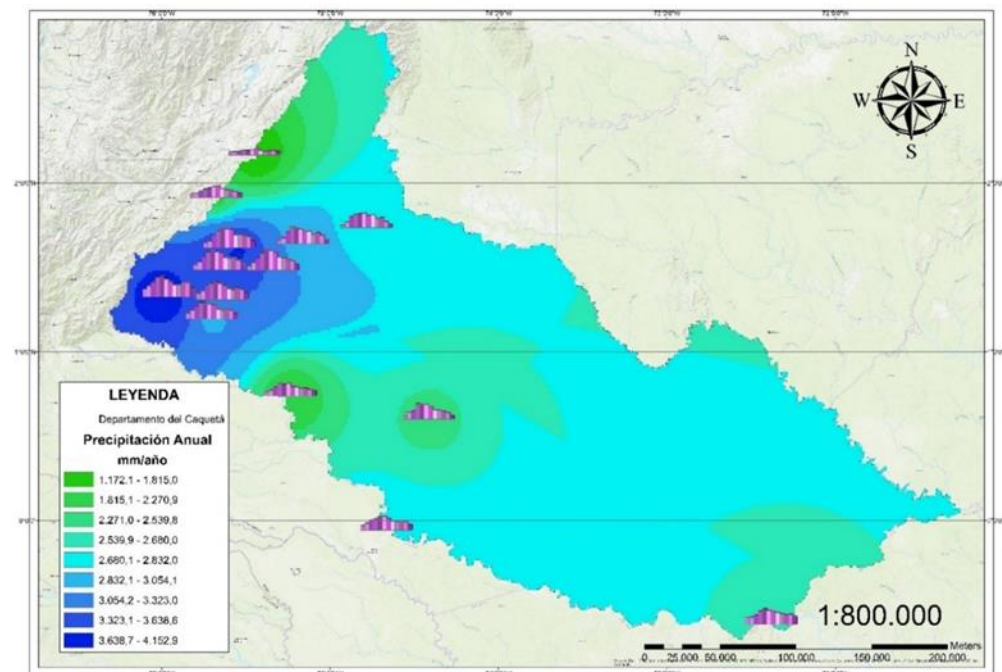
Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Mapa anual dirección de vientos en el Departamento del Caquetá



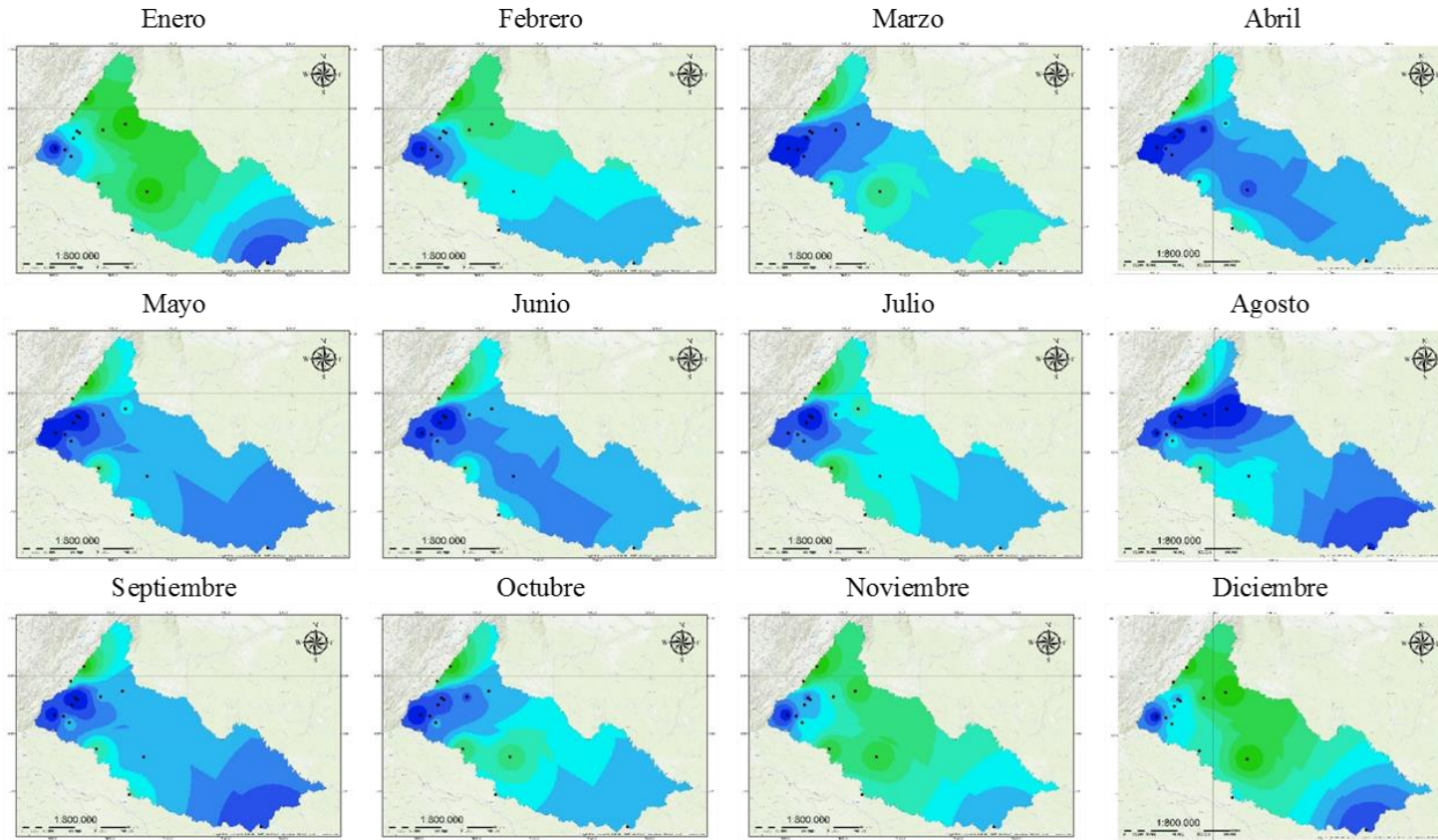
Fuente: IDEAM

Figura 40. Mapa multianual de la precipitación media en el Departamento del Caquetá



Fuente: Elaboración propia

Figura 41 Precipitación media mensual en el Departamento del Caquetá



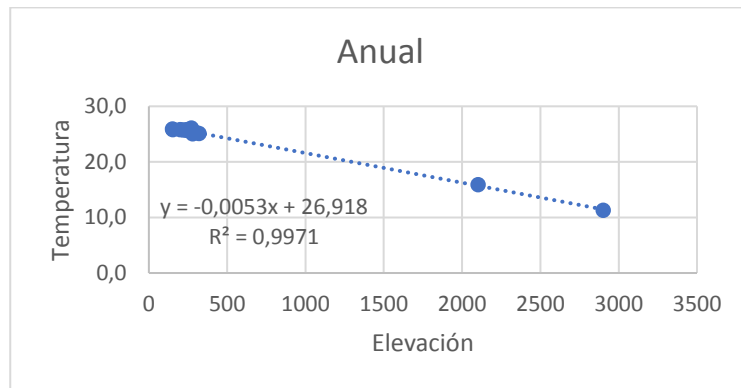
Fuente: Elaboración propia

10.2.4 Temperatura

Isotermas. La temperatura está influenciada por el gradiente térmico, es por esto por lo que se observa en los mapas una temperatura alta en zonas bajas del Departamento que representa la gran mayoría de la región y temperaturas bajas en la zona alta las cuales hacen parte de la cordillera.

Para determinar la temperatura media mensual en el Departamento se realizaron isotermas, las cuales generan una relación lineal entre la elevación de la zona y la temperatura presente, el 100% de las estaciones presento una correlación de R^2 mayor a 0.995 lo que indica un buen ajuste lineal.

Figura 42. *Isoterma multianual temperatura media*



Fuente: Elaboración propia

Relación lineal en la troposfera:

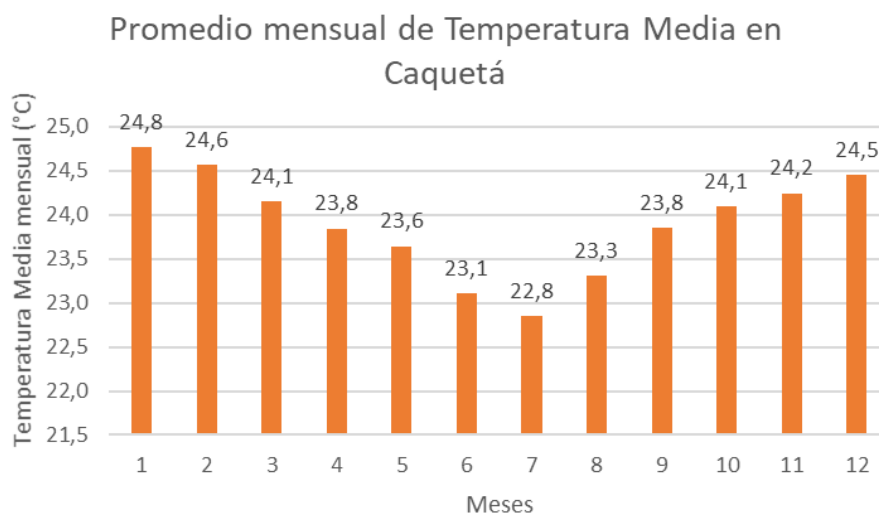
Ecuación 3

$$T = \partial H + \beta$$

Fuente: (del Gradiente, D)

Encontramos en la Ecuación 3 las variables como ∂ , la cual hace referencia al gradiente altitudinal de temperatura y se obtiene de la ecuación que arroja la gráfica, a su vez la variable β , también se obtiene mediante la ecuación presente y cita el promedio altitudinal de temperatura, la variable H consiste en la altura sobre el nivel del mar y se obtiene mediante el modelo satelital Ráster.

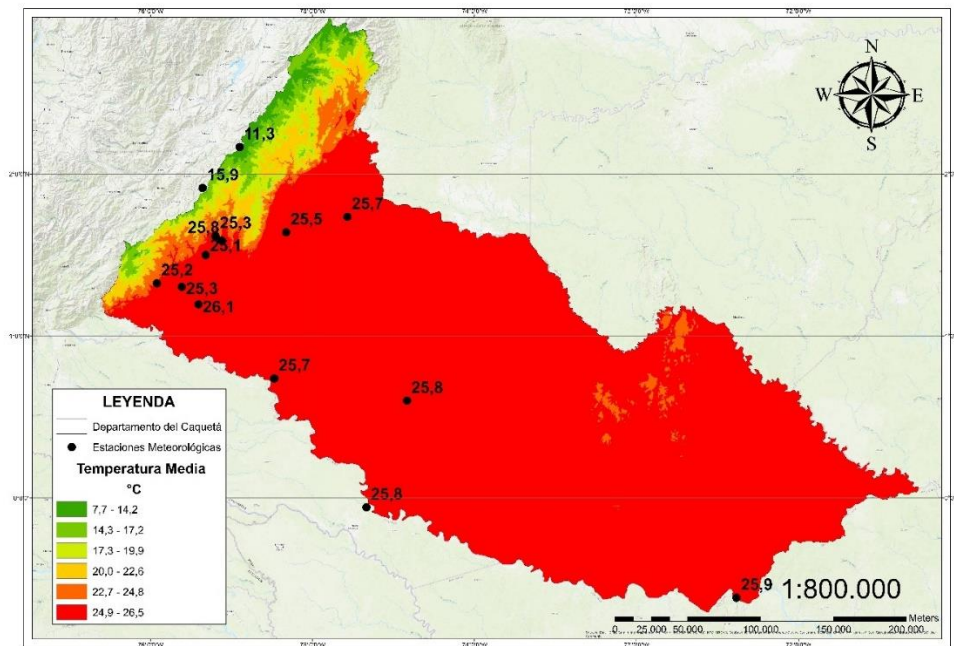
Figura 43. Histograma temperatura media mensual en el Departamento del Caquetá



Fuente: Elaboración propia

El Departamento presenta una relación contraria entre temperatura-precipitación y directa entre brillo solar-temperatura, pues el Departamento presenta un periodo seco en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y comienzos de marzo por ende las temperaturas se incrementan en estos periodos. La temperatura media para el departamento es de 24 °C.

Figura 44. Mapa multianual de isotermas en el Departamento del Caquetá

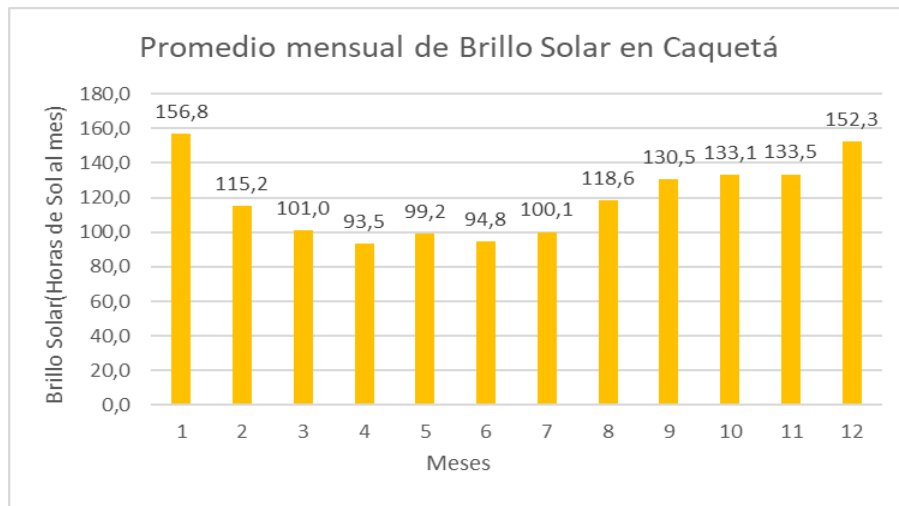


Fuente: Elaboración propia

10.2.5 Brillo Solar

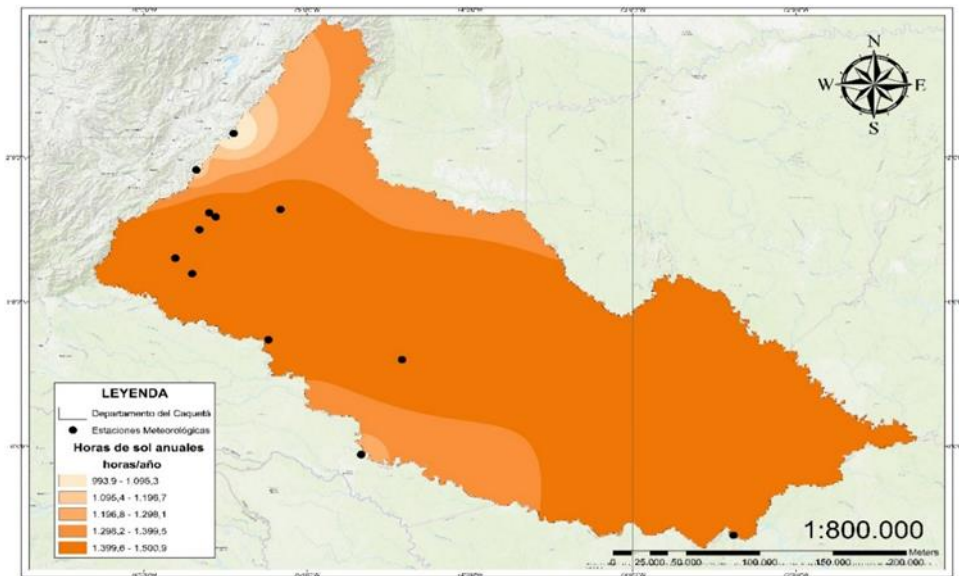
Como se mencionó anteriormente, la variable está relacionada directamente con la temperatura e inversamente proporcional con la precipitación, como se puede evidenciar en el histograma se presentan dos periodos, el primero en mitad de año con menos horas de sol debido a la nubosidad que forman las precipitaciones en estos meses y el segundo alcanzando horas pico de 157 horas de sol en meses como noviembre, diciembre, enero y febrero. Por otro lado, el 66,6% de las estaciones cumplen con la normal climatológica estándar de 30 años.

Figura 45. Histograma brillo solar medio en el Departamento del Caquetá



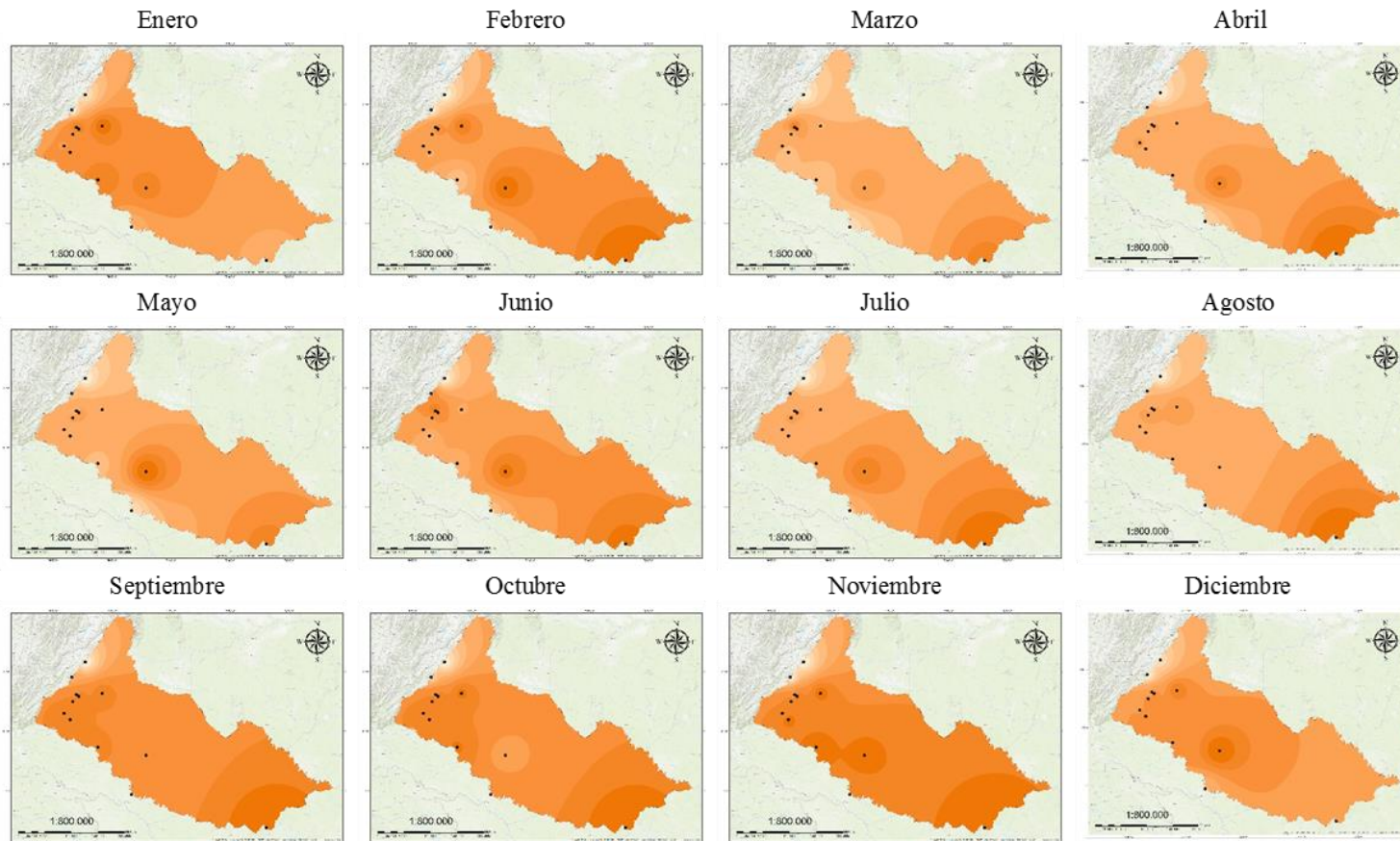
Fuente: Elaboración propia

Figura 46. Multianual del brillo solar para el Departamento del Caquetá



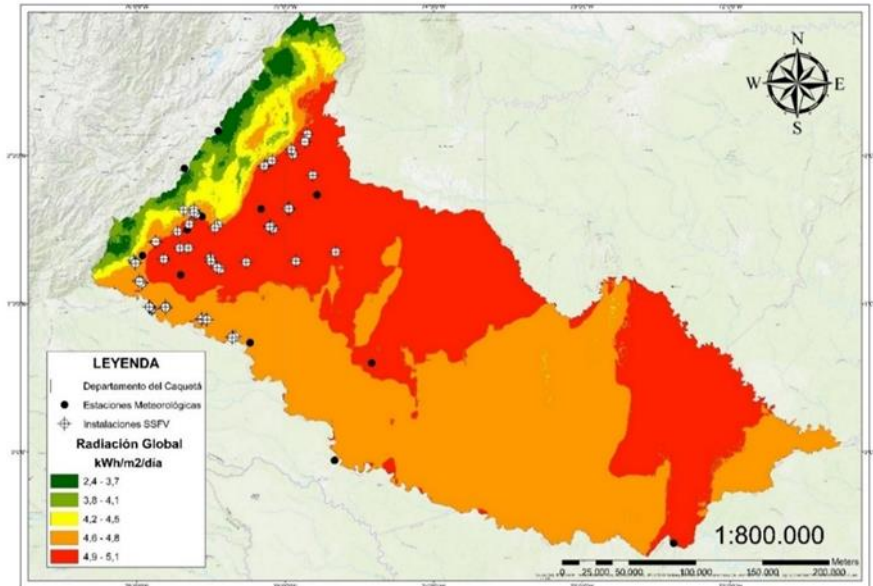
Fuente: Elaboración propia

Figura 47. Brillo solar mensual para el Departamento del Caquetá



Fuente: Elaboración propia

Figura 48. Mapa multianual de radiación diaria en el Departamento del Caquetá



Fuente: Elaboración propia

Se analizó la radiación diaria en los puntos donde están localizados los SSF, caracterizados en esta investigación para determinar la radiación en el Departamento bajo la fórmula establecida en el Manual de Radiación Solar en Colombia del IDEAM (1994). Se obtuvo como resultado una radiación de 4,18 kWh/m², lo cual concuerda con lo establecido en las bases de datos y atlas de radiación solar del IDEAM (Figura 49), para el Departamento del Caquetá y con información de la UPME (Tabla 9) para la región amazónica.

Ecuación 4

$$\frac{kWh}{m^2 día} = \frac{\text{Punto instalado} * \text{Radiación en ese punto} \frac{kWh}{m^2 día}}{\text{Total de puntos instalados}}$$

$$\frac{kWh}{m^2 día} = 4,18$$

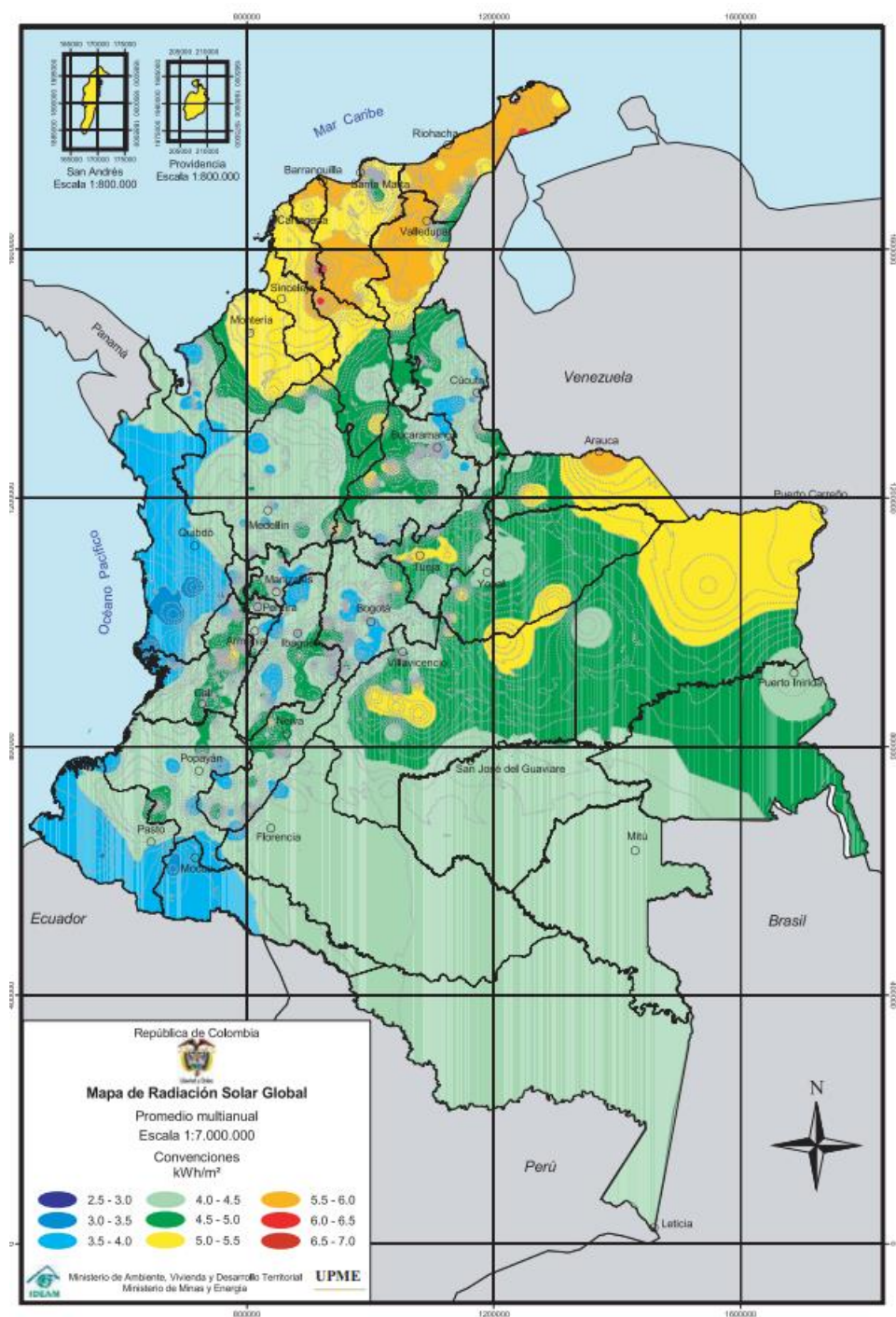
Fuente: (IDEAM, 1994)

Tabla 9. *Radiación para regiones en Colombia*

Región	Promedio radiación (kWh/m²/día)
Guajira	6
Costa Atlántica	5
Orinoquía	4,5
Amazonía	4,2
Región Andina	4,5
Costa Pacífica	3,5

Fuente: UPME

Figura 499. Mapa brillo solar en Colombia

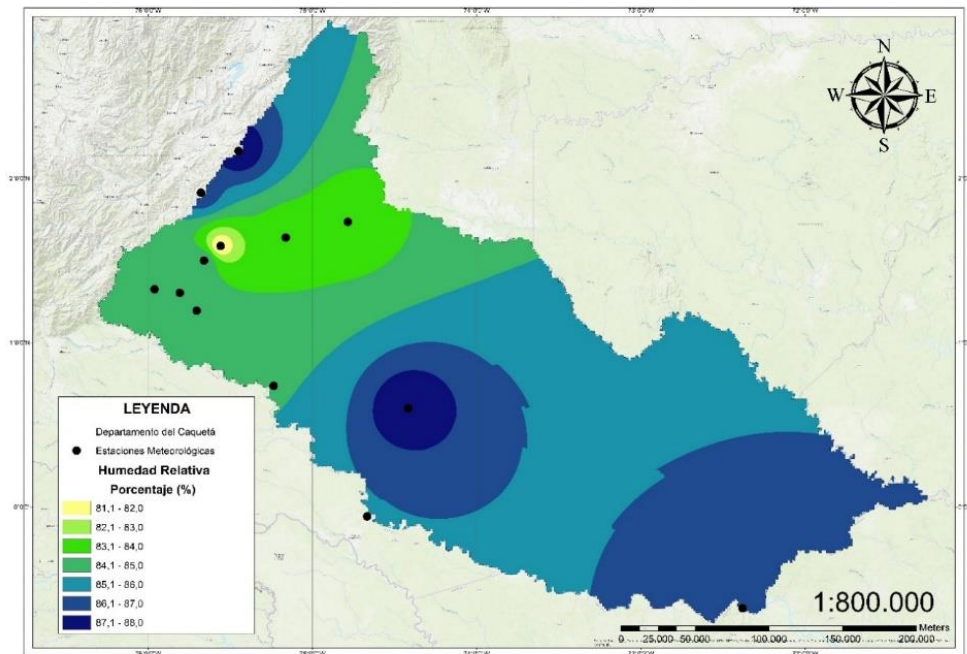


Fuente: IDEAM (2005)

10.2.6 Humedad Relativa

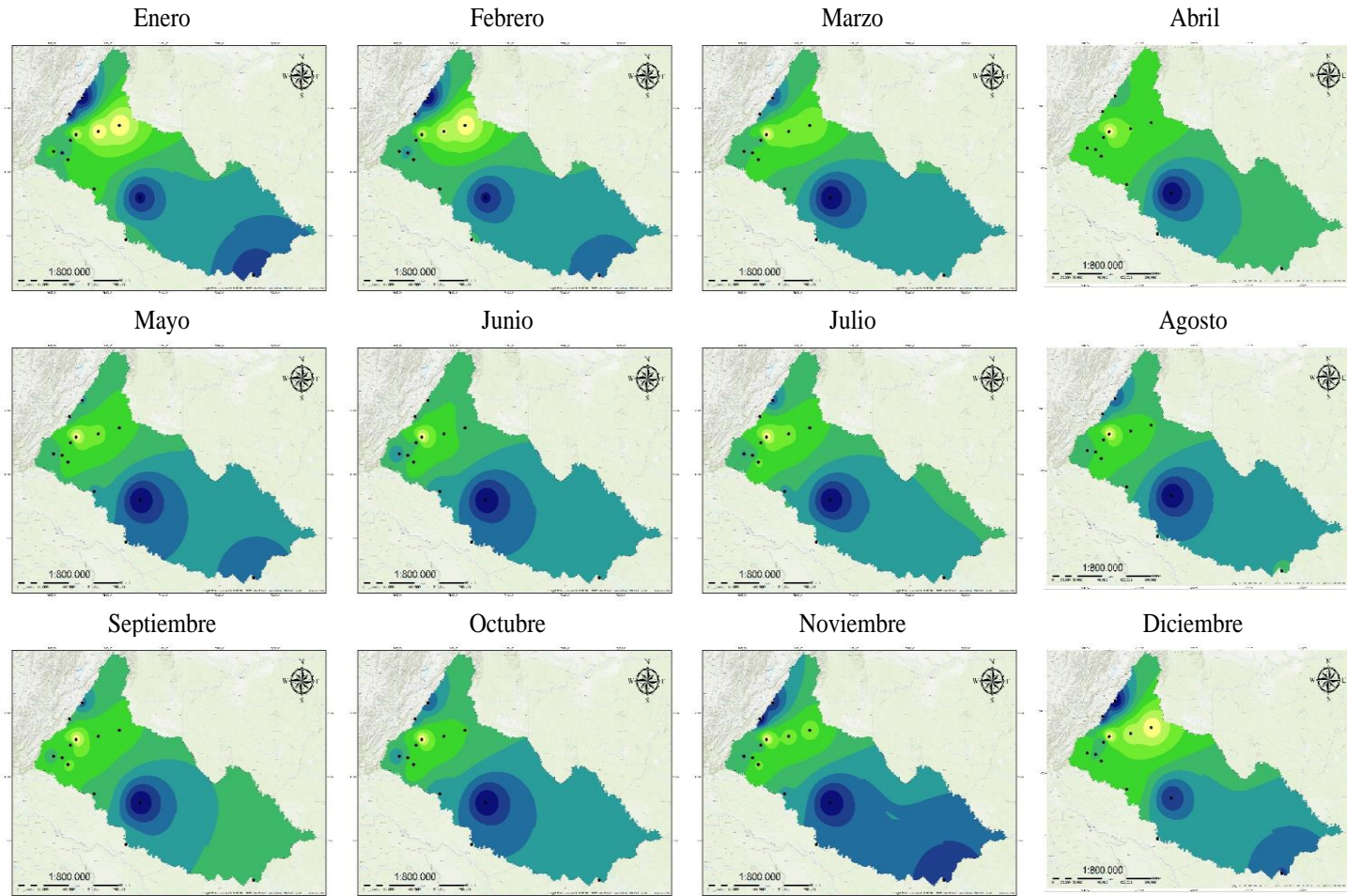
La humedad relativa encontrada en gran proporción del Departamento con valores que van desde 81% hasta el 89%, se relacionan directamente con la gran cantidad de cuerpos de agua como ríos y quebradas que hacen parte de la Cuenca del Río Caquetá, el cual pertenece al Departamento y tributan a estas aguas los ríos Caguán, Orteguzaza, Yará, Apaporis, Fragua Chorroso, San Pedro, Guayas, Tunía, entre otros, todos ellos con incidencia en el Departamento (CORPOAMAZONIA, 2011). La gran corriente hidrográfica del Departamento se deriva de la zona de transición andino-amazónica en donde se derivan las aguas de la cordillera hasta la gran llanura amazónica, esta tiene influencia en los departamentos de putumayo y Amazonas (SINCHI, s.f). Cabe resaltar que el 76,9% de las estaciones cumplen con la normal climatológica estándar de 30 años.

Figura 50. Mapa multianual de la humedad relativa en el Departamento del Caquetá



Fuente: Elaboración propia

Figura 51. *Humedad relativa mensual en el Departamento del Caquetá*



Fuente: Elaboración propia

10.2.7 Pisos Térmicos

La clasificación establecida por Caldas y aplicada al trópico americano, se basó sólo en la temperatura, pero con respecto a su variación altitudinal y no latitudinal. Lang fijó los límites de su clasificación teniendo en cuenta una sencilla relación entre la precipitación y la temperatura. En 1962 Schaufelber unificó e implementó el sistema Caldas-Lang, el cual utiliza la variación altitudinal de la temperatura, que indica los pisos térmicos, y la efectividad de la precipitación, que muestra la humedad (Eslava *et al*;1986).

Tabla 10. *Clases de Clima según Caldas*

Piso térmico	Rango de altura en metros	Temperatura °C
Cálido	0-1000	T>24,0
Templado	1001-2000	17,6-24,0
Frio	2001-3000	12,1-17,5
Páramo Bajo	3200-3700	7,1-12,0
Páramo Alto	3701-4200	<7,0

Fuente: IGAC

Para el Departamento del Caquetá, el 92,6% pertenece al piso térmico cálido, el 5,8% y 1,4% hacen parte de templado y frío, respectivamente y, por último, el 0,2% corresponde a páramo bajo.

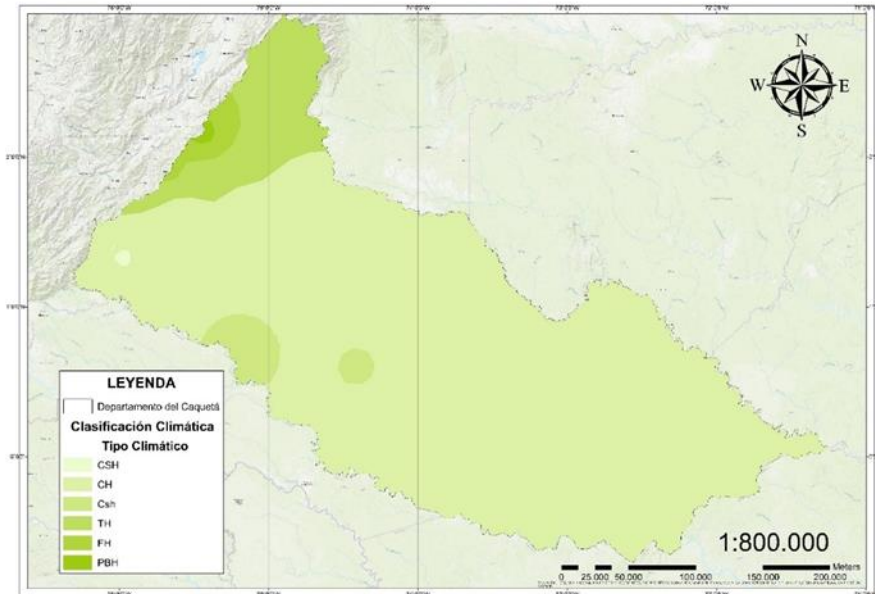
Tabla 11. *Clases de clima según Lang*

Coefficiente (P/T)	Clases de Clima
0-20	Desértico
20,1-40,0	Árido
40,1-60,1	Semiárido
60,1-100,0	Semihúmedo
100,1-160	Húmedo
>160	Superhúmedo

Fuente: IGAC

Según la clasificación de Lang, el Departamento se distribuye de la siguiente manera: 3,2% semihúmedo, 2,7% super húmedo y 94,1% húmedo.

Figura 502. Tipo de clima para el Departamento del Caquetá - clasificación Caldas – Lang



Fuente: Elaboración propia

Mediante la herramienta ArcMap de ArcGIS, se realizó la clasificación Caldas-Lang arrojando los siguientes resultados:

- CHS: Cálido superhúmedo 2,7%
- CH: Cálido húmedo 86,7%
- Csh: Cálido semihúmedo 3,2%
- TH: Templado húmedo 5,8%
- FH: Frío húmedo 1,4%
- PBH: Páramo bajo húmedo 0,2%

Con base en diferentes datos obtenidos se aplicó una ecuación (Ecuación 5) que calcula la temperatura ambiente a la cual debe trabajar el panel solar en condiciones óptimas:

Ecuación 5

$$1 h SOL = 1 \frac{kW}{m^2}$$

Fuente: (IDEAM, 1994)

Teniendo en cuenta esta relación se trabajará con $4100W/m^2$ propuesto como radiación para el Caquetá en la cartografía, y $24^{\circ}C$ como temperatura media, también calculada por isotermas mediante cartografía.

Ecuación 6

$$T_c = T_a + R * \frac{Top - 20^{\circ}C}{R}$$

Fuente: (IDEAM, 1994)

Donde:

Tc: Temperatura de la celda fotovoltaica

Ta: Temperatura ambiente

R: Radiación en W

TOP: Temperatura de operación nominal para un panel.

Ecuación 7

$$T_c = 24^{\circ}C + 4100W * \frac{45^{\circ}C - 20^{\circ}C}{4100W}$$
$$T_c = 49^{\circ}C$$

Fuente: Elaboración propia con reemplazo de variables

Según los resultados obtenidos en la Ecuación 7 y Ecuación 8 la temperatura de la celda fotovoltaica es ideal, ya que por lo general los paneles operan 25°C superior a la temperatura ambiente, en este caso la temperatura ambiente es de 24°C.

Ecuación 8

$$0^{\circ} = 49^{\circ}C - (25 + 24)^{\circ}C$$

Fuente: Elaboración propia

10.3 CONDICIONES DE FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE ENERGÍA

SOLAR FOTOVOLTAICA EN CAQUETÁ

Para determinar las condiciones de factibilidad para proyectos de energía solar fotovoltaica en Caquetá se analizaron aspectos cualitativos del territorio que contribuyen a la viabilidad y sostenibilidad de este tipo de proyectos. Para ello, se estudiaron las políticas públicas en el territorio, la normatividad vigente, incentivos, antecedentes, y los aspectos sociales, económicos y ambientales del territorio.

10.3.1 Antecedentes En Factibilidad De Proyectos

Con referencia a los antecedentes de proyectos, estudios, evaluación o análisis de factibilidad o viabilidad de energías solares fotovoltaicas en el mundo, se tomaron de base para el desarrollo del objetivo, 16 artículos de investigación en el sector de la energía solar fotovoltaica realizados desde el año 2004, con los cuales se elaboró la tabla 12, donde se indican las principales conclusiones frente a los impactos sociales, económicos y ambientales de la energía solar fotovoltaica.

Tabla 12. Principales conclusiones sobre impactos de la energía solar fotovoltaica

Título	Autor (es)	Año	País	Impactos identificados de la ESF
Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas.	Rodríguez Murcia, Humberto.	2008	Colombia	<p>Sociales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diversificación de la canasta energética nacional - Suministro de energía en zonas remotas y aisladas <p>Ambientales:</p>

				<ul style="list-style-type: none"> - Contrarresta el uso de combustibles fósiles y su agotamiento.
Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. El caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán.	Pinto Siabato, Flavio.	2004	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - Expansión de los servicios de energía <p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promoción de la actividad económica de zonas no interconectadas - Promoción de un desarrollo sostenible basado en el alivio de la pobreza <p>Ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preservación de los recursos (naturales).
Descripción y análisis del efecto fotovoltaico en la región.	Hincapié Isaza, Ricardo A.; Mesa, Juan David; Escobar Mejía, Andres.	2009	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - Garantizan seguridad, fiabilidad y continuidad en el servicio de la energía eléctrica. - Solución energética para zonas de difícil acceso al sistema interconectado nacional. <p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tienen una vida útil promedio de 20 años, tiempo suficiente para recuperar fácilmente la inversión. - Cuando el sistema es de generación con venta a la red, la inversión se libra más rápido. - Ingresos a través de bonos de CO2. - Los costos de inversión se libran también con los valores monetarios que se dejan de pagar a una electrificadora.
Políticas públicas en Colombia de generación distribuida en nuevas fuentes energéticas: el caso de la geotermia y las zonas no interconectadas.	Farietta J., Katherin.	2013	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - Cubrimiento de la demanda no abastecida por la generación centralizada - Modernización y desarrollo de áreas que carecen de un servicio público digno - Mejor acceso a la educación y a la salud <p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Más oportunidades de trabajo e ingresos - Reducción de costos tarifarios usualmente gravados como producto de combustibles tales como el diésel <p>Ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protección ambiental.
Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala.	Ortiz, José D.	2013	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - En zonas no interconectadas, el costo de la electricidad generada con combustibles hace que los sistemas fotovoltaicos sean más atractivos desde un punto de vista económico-social.
Soluciones energéticas para zonas rurales (¿En el posconflicto?).	Pinilla Sepúlveda, Álvaro.	2016	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - Suple necesidades básicas de las familias rurales en iluminación, uso de electrodomésticos, refrigeración, comunicación y educación. - Mejora el servicio de salud. - Facilita el acceso a agua potable. <p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se impulsan actividades productivas. - Los costos asociados a SSF son competitivos al compararlos, por

				ejemplo, con extensión de la red eléctrica. Ambientales: - Muy bajo nivel de emisiones contaminantes.
La energía solar fotovoltaica en Colombia, potenciales, antecedentes y perspectivas.	Gómez-Ramírez, Jhonnatan; Murcia-Murcia, Jairo D.; Cabeza-Rojas, Ivan.	2017	Colombia	Sociales: - Ayuda a suplir la demanda energética con mayor eficiencia. - Facilitan el suministro de agua potable (sistema de bombeo), iluminación y uso de electrodomésticos. - Iluminación de establecimientos públicos (hospitales y planteles educativos). - Contribuyen a una vida más saludable. Económicos: - Generación de más empleos. Ambientales: - Disminuyen la contaminación ambiental y emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el petróleo y carbón.
Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural.	Rodríguez - Borges, Ciaddy Gina; Sarmiento - Sera, Antonio.	2011	Cuba	Sociales: - Es una tecnología viable para promover la electrificación rural.
Competitividad de los sistemas híbridos eólicos - fotovoltaicos para la electrificación rural.	Rodríguez-Borges, Ciaddy; Sarmiento-Sera, Antonio.	2015	Cuba	Económicos: - Los sistemas híbridos eólicos fotovoltaicos propuestos presentan menores costos equivalentes de energía respecto a los sistemas de generación diésel convencionales, los primeros, en el orden de 0,65 \$/kWh a 1,07 \$/kWh, mientras que los sistemas diésel se sitúan entre 1,60 \$/kWh a 4,18 \$/kWh. Ambientales: - Los sistemas híbridos eólicos fotovoltaicos son más competitivos dada la predominante contaminación que genera el empleo de motores diésel.
Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia.	Serrano-Guzmán, María Fernanda; Pérez-Ruiz, Diego Darío; Galvis-Martínez, John Freddy; Rodríguez Sierra, Marlon Leonardo; Correa Torres, Sandra Natalia.	2017	México	Sociales: - Son un medio para la mejora en la calidad de vida de los países en desarrollo. Económicos: - Oportunidades laborales para proveedores de celdas y paneles y para los responsables del funcionamiento de la planta de producción. Ambientales: <u>Positivos</u> - Bajas emisiones de GEI. - Liberan 18.8% menos CO2 que los combustibles fósiles.

				<p>Negativos</p> <ul style="list-style-type: none"> - En la etapa de producción de paneles y desmantelamiento de las centrales se producen residuos electrónicos que pueden generar impactos negativos al ambiente. - Grandes centrales solares requieren grandes extensiones de tierra para la instalación de celdas o paneles solares y éstos alteran el paisaje, y pueden causar desertificación. - Generan barreras para la movilidad de las especies y en algunos casos obligan a la migración definitiva de las mismas afectando sensiblemente a la biodiversidad.
La Cadena de Suministro de la Energía Solar	López Torres, Virginia Guadalupe; Alcalá Álvarez, Ma. Carmen; Moreno Moreno, Luis Ramón.	2012	México	<p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acceso a incentivos tributarios y financiamiento del gobierno para la promoción de las energías renovables. <p>Ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contribuye a la reducción de emisión de GEI.
Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial.	Rodríguez Gámez, María; Castro Fernández, Miguel; Vázquez Pérez, Antonio; Vilaragut Llanes, Miriam.	2013	Cuba	<p>Sociales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La apropiación de los recursos naturales y la distribución de sus beneficios genera desarrollo local y regional.
El impacto económico de las energías renovables.	Posso, Fausto; Acevedo, Juan; Hernández, Jorge.	2014	Colombia	<p>Económicos</p> <p>La creciente participación de los SSF en el mercado energético mundial está teniendo implicaciones económicas importantes reflejadas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sextuplicación de las inversiones en el sector. - Disminución de costos de instalación por efecto de mercado evolución tecnológica. - Utilización intensiva de mano de obra, contribuyendo a elevar la calidad de vida de la población. - La consolidación del mercado del carbono como mecanismo de compensación de la contaminación ambiental generada especialmente en los países industrializados.
Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano.	Pasqualino, Jorgelina; Cabrera, Cristina; Vanegas Chamorro, Marley.	2014	Colombia	<p>Sociales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de energía en ZNI. - Generación de nuevo conocimiento. <p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Generación de empleo <p>Ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los impactos negativos identificados en las fases de construcción y desmantelamiento son los más significativos en cuanto a las emisiones

				de gases, partículas, vertidos líquidos, consumo de recursos, generación de residuos y afectación permanente del medio biótico.
Seguidor Solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar	Machado Toranzo, Noel; Lussón Cervantes, Ania; Leysdian Oro Carralero, Leandro; Bonzon Henríquez, Jorge; Escalona Costa, Orlando.	2015	Cuba	Ambientales: - Sustitución de combustibles fósiles, reduciendo así las emisiones de gases a la atmósfera.
Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica.	Beltrán-Telles, Aurelio; Morera-Hernández, Mario; López-Monteagudo, Francisco; Eneldo Villela-Varela, Rafael	2017	México	- Las plantas de generación de energía eléctrica, a partir de energía eólica y solar-fotovoltaica, son competitivas respecto a las plantas que utilizan recursos fósiles. - Acceso a estímulos fiscales.

Fuente: Elaboración propia

A nivel social, los impactos que generan los SSF tienen que ver, principalmente con el acceso de las comunidades al servicio público de la energía, y con ello, el aprovechamiento de usos y aplicaciones que mejoran sus condiciones de vida, al tener acceso a las tecnologías de información y comunicación, el entretenimiento, a la refrigeración de alimentos que contribuye a mejorar la salud y nutrición de las familias, a la iluminación de áreas del hogar, se mejora el acceso a la educación y a la salud representado en las mejoras de las condiciones de prestación de servicios educativos y de salud de las escuelas rurales y centros de salud. Igualmente, se posibilita enormemente la incorporación de equipos para las producciones agropecuarias, tales como las cercas eléctricas, picapastos, electrobombas, sistemas de riego, refrigeración, ensiladoras, etc.

En los impactos económicos, los antecedentes de la investigación dan cuenta básicamente de los impactos sobre la productividad y el empleo. En la medida que las familias rurales logran el acceso a la energía por SSF se pueden incorporar tecnologías que incrementan los niveles de producción y la calidad de los productos agropecuarios, esto a su vez se ve representado en mayor número de empleos, que complementan los que se

generan directamente en la cadena de valor de los SSF, esto es: suministro, transporte, servicio técnico, etc.

En relación con la dimensión ambiental, el análisis de los antecedentes, indica que si bien, los sistemas solares fotovoltaicos reducen en los territorios la emisión de GEI, la fabricación, instalación, mantenimiento y desmantelamiento de estos pueden generar impactos negativos al ambiente, por tanto, se deben considerar planes de manejo ambiental que consideren medidas de reducción, mitigación o compensación ambiental.

10.3.2 Normatividad vigente

La investigación realizó una compilación de la reglamentación vigente en materia de energías renovables en Colombia, donde se identifica el conjunto de leyes, decretos y resoluciones que regulan e incentivan el uso de las ER en todo el territorio nacional. La tabla 13 muestra la consolidación de la información encontrada.

Tabla 13. *Normatividad en Colombia sobre energías renovables*

Tipo de norma	Número	Fecha	Expedida por	Objeto / alcance
Ley	143 de 1994	11 de julio 1994	Congreso de Colombia	Se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética
Ley	142 de 1994	11 de julio 1994	Congreso de Colombia	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, se crea la Comisión de Regulación de Energía y Gas Combustible CREG, como unidad administrativa especial adscrita al Ministerio de Minas y Energía, y se dictan otras disposiciones
Ley	697 de 2001	03 de octubre de 2001	Congreso de Colombia	Se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones
Ley	855 de 2003	18 diciembre de 2003	Congreso de Colombia	Se definen las Zonas No Interconectadas ZNI. Para todos los efectos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica se entiende por ZNI a los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectadas al Sistema Interconectado Nacional, SIN.
Ley	1665 de 2013	16 julio de 2013	Congreso de Colombia	Se aprueba el “Estatuto de la agencia internacional de energías renovables (IRENA)”, hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009.
Ley	1715 de 2014	13 mayo de 2014	Congreso de Colombia	Promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al

				mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.
Ley	1819 de 2016	29 diciembre de 2016	Congreso de Colombia	Se crea el impuesto nacional al carbono y responde a la necesidad del país de contar con instrumentos económicos para incentivar el cumplimiento de las metas de mitigación de gases efecto invernadero (GEI) a nivel nacional.
Ley	1931 de 2018	27 julio de 2018	Congreso de Colombia	Establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la nación, departamentos, municipios, distritos, áreas metropolitanas y autoridades ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.
Decreto	3683 de 2003	19 diciembre de 2003	Congreso de Colombia	Reglamentar el uso racional y eficiente de la energía, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad del mercado energético colombiano, la protección al consumidor y la promoción de fuentes no convencionales de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. Se reglamenta la ley 697 de 2001 y se crea una comisión intersectorial para el uso racional y eficiente de la energía y fuentes no convencionales de energía, CIURE.
Decreto	257 de 2004	28 enero de 2004	Congreso de Colombia	Se modifica la estructura del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas, IPSE; denominándose Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las ZNI, IPSE, y se definen sus funciones
Decreto	2469 de 2014	02 diciembre de 2014	Ministerio de Minas y Energía	Definir los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración.
Decreto	2492 de 2014	03 diciembre de 2014	Ministerio de Minas y Energía	Se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta a la demanda, con el fin de promover la gestión eficiente de la energía y planes de expansión.
Decreto	1623 de 2015	11 agosto de 2015	Ministerio de Minas y Energía	Modificar y adicionar el decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional y en las zonas no interconectadas.

Decreto	2143 de 2015	4 noviembre de 2015	Ministerio de Minas y Energía	Se adiciona el decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el capítulo III de la ley 1715 de 2014.
Decreto	570 de 2018	23 marzo de 2018	Ministerio de Minas y Energía	Por medio del cual se adiciona el decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones
Resolución	40807 de 2018	02 agosto de 2018	Ministerio de Minas y Energía	Adopta el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el sector minero energético PIGCC, con la finalidad de reducir la “vulnerabilidad ante el cambio climático y la promoción de un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial”
Resolución	038 de 2018	09 abril de 2018	Ministerio de Minas y Energía	Se regula la actividad de autogeneración en las Zonas No Interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las ZNI.
Resolución	1283 del 2016	25 agosto de 2016	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Tiene por objeto establecer el procedimiento y los requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables y gestión eficiente de la energía, con la cual se podrá acceder a los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la ley 1715 de 2014.
Resolución	1303 de 2018	13 julio de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifican algunos artículos de la resolución 1283 de 2016, ajustando los requisitos establecidos, para obtener la certificación de beneficios ambientales para la deducción especial de renta y complementarios por inversiones en gestión eficiente de energía.
Resolución	703 de 2018	14 diciembre de 2018	Unidad de Planeación Minero-Energética-UPME	Establece el procedimiento y los requisitos para obtener el beneficio de la exclusión del IVA en la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados. así como la exención de gravamen arancelario en la importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con fuentes no convencionales de energía.
Documento CONPES	3700	14 julio de 2011	Departamento Nacional de Planeación	Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia.
Ley	1844 de 2017	12 diciembre de 2015	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se aprobó el Acuerdo de París, el cual establece un marco global para evitar un cambio climático peligroso manteniendo el calentamiento global muy por debajo de los 2 °c y prosiguiendo los esfuerzos para limitarlo a 1,5 °c. refuerza la capacidad de los países firmantes para hacer frente a los efectos del cambio climático y a apoyarlos en sus esfuerzos.
Política Pública	Política Nacional de Cambio Climático	2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio

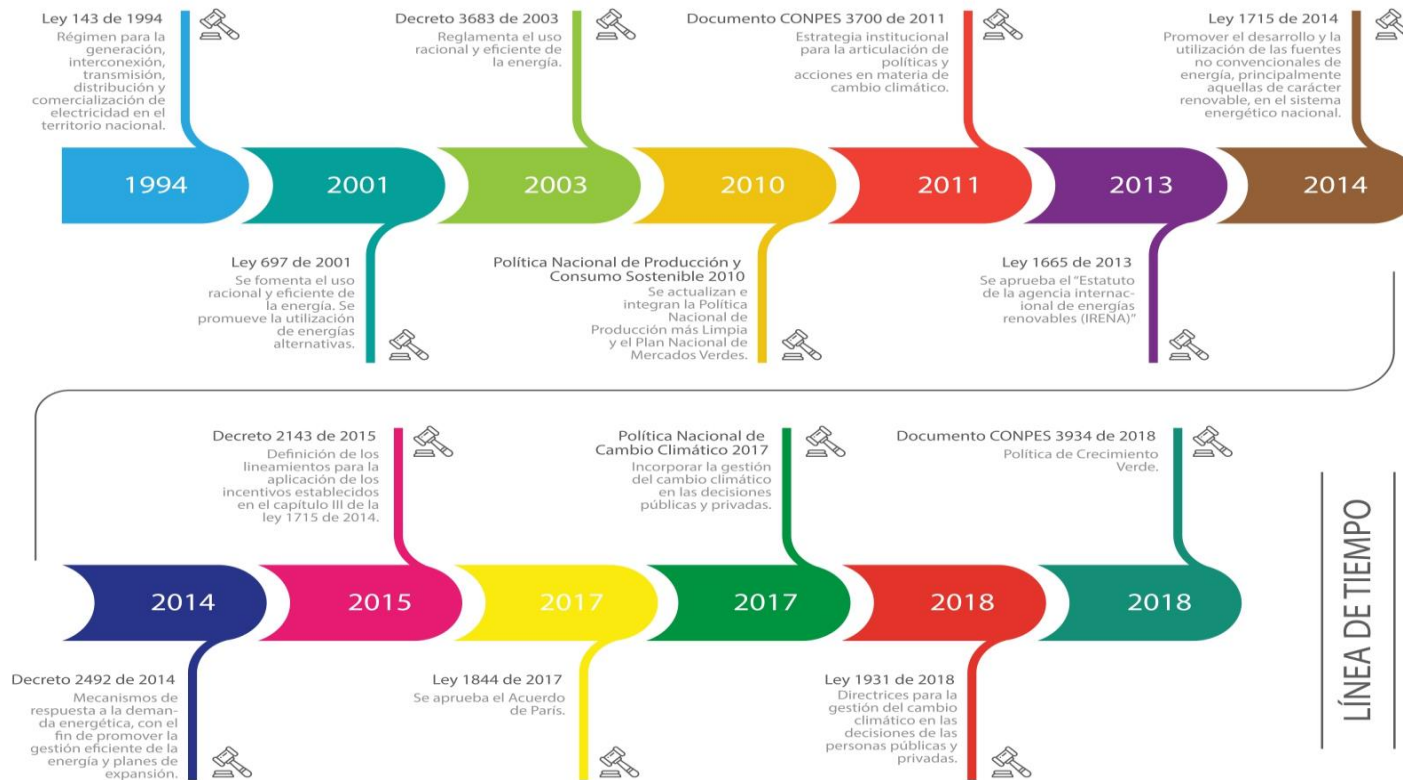
				climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera.
Documento CONPES	3934	2018	Departamento Nacional de Planeación	Política de Crecimiento Verde. Conducir al país a una transición hacia un modelo económico más sostenible, competitivo e inclusivo, con una Política de Crecimiento Verde.
Política Pública	Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se actualizan e integran la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del Estado Colombiano que promueven y enlazan el mejoramiento ambiental y la transformación productiva a la competitividad empresarial.

Fuente: Elaboración propia con información de normatividad vigente en materia de ER

La normatividad en Colombia refleja un avance significativo del país para promover las energías renovables, donde, además, se fundamentan las bases de las políticas públicas en materia minero-energética y de gestión del cambio climático. Esto ha permitido que en todo el territorio nacional se avance con la ampliación de la matriz energética, principalmente en ZNI.

En la figura 52 se presenta la línea de tiempo de la normatividad que ha regido en Colombia en materia de energías renovables con los hitos más destacados.

Figura 513. Línea de tiempo de la normatividad que rige en Colombia en materia de energías renovables con los hitos más destacados



Fuente: Elaboración propia

10.3.3 Incentivos

En materia de incentivos se encuentran, tributarios y no tributarios, la mayoría determinados por el Gobierno Nacional y conciernen principalmente a incentivos tributarios. En cuanto a los entes territoriales, se observa que no hay incentivos tributarios, todos corresponden a no tributarios, orientados al financiamiento para el establecimiento de unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica. A continuación, en la tabla 14 se observan los resultados encontrados.

Tabla 14. *Descripción de incentivos para la promoción de energías renovables*

Tipo de incentivo	Descripción del incentivo	Norma o instrumento que lo dispone	Entidad que lo otorga	Nivel de gobierno
Reducción de impuestos (Incentivo tributario)	Deducción en impuesto de renta. Como fomento a la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción de energía eléctrica con FNCE (Fuentes no convencionales de energía) y la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a deducir de su renta, en un período no mayor de 15 años, contados a partir del año gravable siguiente en el que haya entrado en operación la inversión, el 50% del total de la inversión realizada. El valor para deducir por este concepto en ningún caso podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente, determinada antes de restar el valor de la inversión.	Ley 1715 de 2014	Gobierno de Colombia	Nacional
Reducción de impuestos (Incentivo tributario)	Exención de IVA. Para fomentar el uso de la energía procedente de FNCE, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA.	Ley 1715 de 2014	Gobierno de Colombia	Nacional
Reducción de impuestos (Incentivo tributario)	Exención de gravamen arancelario. Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de estos.	Ley 1715 de 2014	Gobierno de Colombia	Nacional

Financiamiento (Incentivo no tributario)	<p>Apoyo financiero.</p> <p>Se creó el fondo de energías no convencionales y gestión eficiente de la energía para financiar programas de FNCE y gestión eficiente de la energía, con el cual se podrán financiar parcial o totalmente, entre otros, programas y proyectos dirigidos al sector residencial de estratos 1, 2 y 3, tanto para la implementación de soluciones de autogeneración a pequeña escala, como para la mejora de eficiencia energética mediante la promoción de buenas prácticas, equipos de uso final de energía, adecuación de instalaciones internas y remodelaciones arquitectónicas.</p> <p>Se podrán financiar los estudios, auditorías energéticas, adecuaciones locativas, disposición final de equipos sustituidos y costos de administración e interventoría de los programas y/o proyectos.</p>	Ley 1715 de 2014	Gobierno de Colombia	Nacional
Depreciación acelerada (Incentivo tributario)	<p>Incentivo contable depreciación acelerada de activos.</p> <p>La actividad de generación a partir de FNCE, gozará del régimen de depreciación acelerada.</p> <p>La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la preinversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para ese fin, a partir de la vigencia de la presente ley. Para estos efectos, la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual. la tasa podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en este artículo, excepto en los casos en que la ley autorice porcentajes globales mayores.</p>	Ley 1715 de 2014	Gobierno de Colombia	Nacional
Reducción de impuestos (Incentivo tributario)	<p>Deducción en impuesto de renta.</p> <p>Descuento para inversiones realizadas en control, conservación y mejoramiento del medio ambiente.</p> <p>Las personas jurídicas que realicen directamente inversiones en control, conservación y mejoramiento del medio ambiente, tendrán derecho a descontar de su impuesto sobre la renta a cargo el 25% de las inversiones que hayan realizado en el respectivo año gravable, previa acreditación que efectúe la autoridad ambiental respectiva, en la cual deberá tenerse en cuenta los beneficios ambientales directos asociados a dichas inversiones.</p>	ley 1819 de 2016	Gobierno de Colombia	Nacional
Reducción de impuestos (Incentivo tributario)	<p>Rentas exentas a partir del año gravable 2018.</p> <p>Venta de energía eléctrica generada con base en energía eólica, biomasa o residuos agrícolas, solar, geotérmica o de los mares, según las definiciones de la ley 1715 de 2014 y el decreto 2755 de 2003, realizada únicamente por parte de empresas generadoras, por un término de quince (15) años, a partir del año 2017, siempre que se cumplan con ciertos requisitos establecidos en esta ley.</p>	Ley 1819 de 2016	Gobierno de Colombia	Nacional

Incentivo económico (Incentivo no tributario)	Se creó el programa nacional de cupos transables de emisión de gases de efecto invernadero (PNCTE), en virtud del cual se establecen y subastan cupos transables de emisión de GEI de manera eventual. Este programa otorga de manera directa cupos transables de emisión a agentes regulados que cumplan los requisitos que establezca el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, otorga un cupo transable de emisión por cada tonelada de CO2 equivalente que sea reducida o removida, y que esté debidamente verificada, certificada y registrada en el registro nacional de reducción de las emisiones de GEI para, entre otros propósitos, evitar una doble contabilización.	Ley 1931 de 2018	Gobierno de Colombia	Nacional
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	El ICETEX implementará el otorgamiento de préstamos a estudiantes de carreras o especializaciones relacionadas con el tema de uso racional y eficiente de la energía y/o fuentes no convencionales de energía. así mismo, contará con un sistema de información que contiene la oferta de programas de posgrados nacionales e internacionales en relación con el uso eficiente y racional de la energía y/o fuentes no convencionales de energía.	Decreto 3683 de 2003	Gobierno de Colombia	Nacional
Reconocimiento social (Incentivo no tributario)	Se crea la condecoración al uso racional y eficiente de la energía y fuentes no convencionales, para distinguir y estimular por "Orden al mérito URE", a quienes se destaquen por el uso racional y eficiente de la energía y fuentes no convencionales. otorgadas a personas jurídicas que se destaquen en el ámbito nacional en la aplicación del URE, a personas naturales y jurídicas que se dediquen a la investigación sobre uso racional y eficiente de la energía y fuentes no convencionales de energía, y a las instituciones de educación formal desde la educación primaria, secundaria, pregrado, posgrado, a nivel de especialización o maestría en las que se incluyan asignaturas dedicadas a la enseñanza y divulgación del uso racional y eficiente de la energía y fuentes no convencionales de energía.	Decreto 3683 de 2003	Gobierno de Colombia	Nacional
Reducción de impuestos (Incentivo tributario)	Deducción especial sobre el impuesto de renta y complementarios. Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta y complementarios que realicen directamente nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir FNCE o gestión eficiente de la energía, tendrán derecho a deducir hasta el cincuenta por ciento (50%) del valor de las inversiones, en concordancia con los porcentajes establecidos en el artículo 11 de la Ley 1715 de 2014.	Decreto 2143 de 2015	Gobierno de Colombia	Nacional
Reducción de impuestos (Incentivo tributario)	Aplicable a inversiones realizadas a través de leasing financiero. La deducción especial prevista en el artículo 11 de la ley 1715 de 2014, procederá igualmente cuando las nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de FNCE o gestión eficiente de la energía se	Decreto 2143 de 2015	Gobierno de Colombia	Nacional

	efectúen por medio de contratos de leasing financiero con opción irrevocable de compra, en cuyo caso se aplicará el beneficio tributario en comento a partir del año siguiente en el que se suscriba el contrato, siempre y cuando el locatario ejerza la opción de compra al final del mismo.			
Reducción de impuestos (Incentivo tributario)	Exclusión del IVA. Estarán excluidos del IVA la compra de equipos, elementos y maquinaria, nacionales o importados, o la adquisición de servicios dentro o fuera del territorio nacional que se destinen a nuevas inversiones y preinversiones para la producción y utilización de energía a partir FNCE, así como aquellos destinados a la medición y evaluación de los potenciales recursos, de conformidad con la certificación emitida por la autoridad nacional de licencias ambientales de equipos y servicios excluidos del impuesto, para lo cual se basará en el listado elaborado por la UPME y sus actualizaciones.	Decreto 2143 de 2015	Gobierno de Colombia	Nacional
Depreciación acelerada (Incentivo tributario)	Incentivo de depreciación acelerada de activos. Aquellos generadores de energía a partir de FNCE que realicen nuevas inversiones en maquinaria, equipos y obras civiles adquiridos y/o construidos con posterioridad a la vigencia de la ley 1715 de 2014, exclusivamente para las etapas de preinversión, inversión y operación de proyectos de generación a partir de FNCE, podrán aplicar el incentivo de depreciación fiscal acelerada, de acuerdo con la técnica contable, hasta una tasa anual global del veinte por ciento (20%). El beneficiario de este incentivo definirá una tasa de depreciación igual para cada año gravable, la cual podrá modificar en cualquier año, siempre y cuando le informe a la dirección seccional de impuestos de su jurisdicción, hasta antes de presentar la declaración del impuesto sobre renta y complementarios del año gravable en el cual se realizó el cambio.	Decreto 2143 de 2015	Gobierno de Colombia	Nacional
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 1.108 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica para instalar en instituciones oficiales (colegios y centros de salud, otros) y en viviendas rurales dispersas.	Plan de Desarrollo Departamental del Caquetá "Pacto social por el desarrollo de nuestra región" 2020-2023	Gobernación del Caquetá	Departamental
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para la construcción de una central de generación fotovoltaica (en caseríos o centro poblado).	Plan de Desarrollo Departamental del Caquetá "Pacto social por el desarrollo de nuestra región" 2020-2023	Gobernación del Caquetá	Departamental
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 400 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica.	Plan de Desarrollo 2020 – 2023 "Florenia biodiversidad para todos"	Alcaldía de Florenia	Municipal
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 100 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica, y mantenimiento de 6 sistemas previamente instalados.	Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 "Juntos por	Alcaldía de La Montañita	Municipal

		una Montañita líder"		
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 200 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica.	Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 "Por un San José del Fragua próspero, turístico y educado"	Alcaldía de San José del Fragua	Municipal
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 20 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica.	Plan de Desarrollo Municipal "Morelia, ambiental y turística" 2020-2023	Alcaldía de Morelia	Municipal
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 1456 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica.	Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 "El cambio es ahora, el cambio lo hacemos todos"	Alcaldía de Cartagena del Chairá	Municipal
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 50 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica.	Plan de Desarrollo Municipal "Belén sigue avanzando" 2020-2023	Alcaldía de Belén de los Andaquíes	Municipal
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 50 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica.	Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 "Hagamos de Valparaíso un paraíso"	Alcaldía de Valparaíso	Municipal
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 115 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica.	Plan de Desarrollo "Por un Solano más humano, productivo, sostenible y en paz" 2020-2023, del municipio de Solano"	Alcaldía de Solano	Municipal
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 200 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica	Plan de Desarrollo Municipal "por El Doncello que todos queremos" 2020-2023	Alcaldía de El Doncello	Municipal
Incentivo financiero (Incentivo no tributario)	Financiamiento para el establecimiento de 8 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica.	Plan de Desarrollo Municipal "Gestión y desarrollo para el cambio" Solita 2020-2023	Alcaldía de Solita	Municipal

Fuente: Elaboración propia con información de normatividad vigente y Planes de Desarrollo

Este abanico de incentivos en Colombia brinda una oferta disponible para usuarios e inversionistas en la generación de energía solar fotovoltaica en Caquetá, lo que ha permitido que en este territorio sigan creciendo el número instalaciones fotovoltaicas. Sin embargo, todavía hace falta más difusión de este tipo de incentivos nacionales y

territoriales para que los ciudadanos puedan mejorar sus posibilidades de acceso a estas tecnologías.

10.3.4 Políticas Públicas

A través de consultas realizadas ante las 16 alcaldías del Departamento y la Gobernación de Caquetá, así como, el estudio de los Planes de Desarrollo Territorial para el periodo constitucional 2020-2023 y el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, se analizaron las acciones institucionalizadas de estas entidades de los tres niveles de gobierno para promover el uso de la energía solar.

Tabla 15. Acciones para promover las ER en Planes de Desarrollo y Políticas Públicas

Entidad	Nivel de Gobierno	Plan de Desarrollo	Políticas Públicas sobre ER	Líneas Estratégica / Programas / Proyectos, sobre ER en Planes de Desarrollo	Indicadores, Metas o Productos
Gobierno de Colombia	Nacional	Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, pacto por la equidad"	- Política Nacional de Cambio Climático.	Pacto por los recursos minero-energéticos para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades en los territorios	Aumentar la capacidad de generación energética con energías limpias (eólica, solar, otras) de 22,4 MW a 1.500 MW.
			- Política de Crecimiento Verde.	Región Caribe: Transformación para la igualdad de oportunidades y la equidad	Ampliación de la red de energía eléctrica integrando energías no convencionales
			- Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible.	Seaflower región: Por una región próspera, segura y sostenible	Promover una matriz diversa de energía basada en energías limpias que promuevan la seguridad energética del Archipiélago
				Región Llanos - Orinoquía: Conectar y potenciar la despensa sostenible de la región con el país y el mundo	Desarrollo de infraestructura energética (Gasificación masiva, energías no convencionales Y mercados descentralizados de energía)

Gobernación del Caquetá	Departamental	Plan de Desarrollo Departamental del Caquetá "Pacto social por el desarrollo de nuestra región" 2020-2023	No tiene	Energía eléctrica al campo	- 1.108 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas en instituciones oficiales (colegios y centros de salud, otros) y en viviendas rurales dispersas - 1 central de generación fotovoltaica (en caseríos o centro poblado) construida
Alcaldía de Florencia	Municipal	Plan de Desarrollo 2020 – 2023 “Florencia biodiversidad para todos”	No tiene	Minería y producción de energía sostenible - “Armadillo minero energético amigable”	- 400 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas
Alcaldía de Puerto Rico	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal 2020- 2023 “Unidos por Puerto Rico para que vuelva el progreso”	No tiene	Desarrollo ambiental sostenible del sector minero energético	- 4 proyectos formulados para gestión de recursos para implementar la electrificación del municipio, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales renovables
Alcaldía de La Montañita	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal 2020- 2023 "Juntos por una Montañita líder"	No tiene	Energía eléctrica para todos los ciudadanos	- 6 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica con mantenimiento - 100 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas
Alcaldía de San José del Fragua	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal 2020- 2023 "Por un San José del Fragua próspero, turístico y educado"	No tiene	Infraestructura estratégica	- 200 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas
Alcaldía de Morelia	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal "Morelia, ambiental y turística" 2020-2023	No tiene	Consolidación productiva del sector de energía eléctrica	- 20 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas
Alcaldía de Cartagena del Chairá	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal 2020- 2023 “El cambio es ahora, el cambio lo hacemos todos”	No tiene	Consolidación productiva del sector de energía eléctrica	- 1456 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas

Alcaldía de Belén de los Andaquíes	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal "Belén sigue avanzando" 2020-2023	No tiene	Energía para la vida	- 50 instalaciones de unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica o soluciones alternativas de producción de energía limpia para las familias rurales dispersas, puestos de salud, instituciones o sedes educativas rurales
Alcaldía de Valparaíso	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal 2020- 2023 "Hagamos de Valparaíso un paraíso"	No tiene	Pacto por la infraestructura social Vivienda digna para todos	- 50 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas
Alcaldía de Solano	Municipal	Plan de Desarrollo "Por un Solano más humano, productivo, sostenible y en paz" 2020-2023, del municipio de Solano"	No tiene	Consolidación productiva del sector de energía eléctrica	- 5 unidades de generación de energías renovables - 100 unidades de generación fotovoltaicas de energía eléctrica instaladas - 10 unidades de generación fotovoltaicas de energía eléctrica instaladas en comunidades NARP (negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras)
Alcaldía de El Doncello	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal "por El Doncello que todos queremos" 2020-2023	No tiene	Consolidación productiva del sector de energía eléctrica	- 200 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas
Alcaldía de Solita	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal "Gestión y desarrollo para el cambio" Solita 2020-2023	No tiene	Iniciativas PDET de nivel municipal	- 1 proyecto implementado para la dotación e instalación de sistema de energía solar para 8 viviendas y sede educativa de la comunidad Inga del resguardo Agua Blanca Cuzumbe
Alcaldía de San Vicente del Caguán	Municipal	Plan de Desarrollo Territorial "Juntos marcamos la diferencia" 2020-2023	No tiene	Consolidación productiva del sector de energía eléctrica	- 4 estrategias para la ampliación, modernización y mantenimiento del alumbrado público municipal. Incluye el uso de energías alternativas - 4 estrategias para ofertar la energía eléctrica a las zonas rurales desconectadas. Incluye el uso de energías alternativas
Alcaldía de Curillo	Municipal	Plan de Desarrollo Territorial 2020-2023 "Por el progreso y	No tiene	No tiene	No tiene

		desarrollo de Curillo con enfoque territorial, le apostamos a la paz"			
Alcaldía de Milán	Municipal	Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 "Con las manos limpias, vivimos para servir"	No tiene	No tiene	No tiene
Alcaldía de Albania	Municipal	Plan de Desarrollo Territorial 2020-2023 "Con humildad, experiencia y gestión, haremos más por Albania"	No tiene	No tiene	No tiene
Alcaldía de El Paujil	Municipal	Plan de Desarrollo Territorial 2020 - 2023 "Pacto por la sostenibilidad de El Paujil"	No tiene	No tiene	No tiene

Fuente: Elaboración propia con información de Planes de Desarrollo

Se encontró que ninguna de las 17 entidades de gobierno territorial (16 Alcaldías y Gobernación) cuentan con políticas públicas orientadas a promover e incentivar el uso y adopción de las energías renovables. Sin embargo, la Gobernación y 12 municipios (Florencia, Puerto Rico, La Montañita, San José del Fragua, Morelia, Cartagena del Chairá, Belén de los Andaquíes, Valparaíso, Solano, El Doncello, Solita y San Vicente del Caguán) cuentan con algún programa o proyecto en su Plan de Desarrollo Territorial que promueven las energías renovables. En 10 de estas entidades territoriales se tiene establecido financiamiento para la instalación de unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica para familias rurales dispersas, puestos de salud, instituciones o sedes educativas rurales, con una meta total en el departamento de 3699 sistemas instalados y el mantenimiento de solo 6.

Con relación al Gobierno Nacional, se encontró la Política Nacional de Cambio Climático, en donde se incorpora la disposición de que el país debe aprovechar de manera eficiente, el potencial de las energías renovables no convencionales. De una parte, para promover una matriz energética resiliente al clima, y de otra, para ser exportador de energías limpias. De igual manera, se encuentra en el Plan Nacional de Desarrollo que el gobierno nacional se ha trazado dos pactos en materia de energías limpias; uno por los recursos minero-energéticos, para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades en los territorios del país, y el otro por las regiones, en los cuales establece como meta primordial aumentar la capacidad de generación energética con energías limpias, y expedir la regulación técnica y ambiental faltante para el desarrollo de fuentes no convencionales de energía. Además de, ampliar la red de energía eléctrica integrando energías no convencionales, promover la seguridad energética limpia del archipiélago de San Andrés y Providencia y desarrollar la infraestructura energética necesaria. La tabla 15 refleja una matriz en donde se resume la información encontrada en los 3 niveles de gobierno.

10.3.5 Aspectos Sociales, Económicos Y Ambientales

Con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación del instrumento de caracterización y el estudio de variables climatológicas, se analizaron los aspectos sociales, económicos y ambientales, a partir de los cuales se logró identificar las condiciones, existentes del territorio que contribuyen a la factibilidad de proyectos de energía solar en el Caquetá. Así mismo, la información recolectada permite hacer un análisis de aspectos claves que se deben considerar en el Departamento del Caquetá, no solo para la factibilidad de los proyectos de sistemas solares fotovoltaicos, sino también para la sostenibilidad de estos, en términos de continuidad y durabilidad de los sistemas.

Condiciones sociales existentes en el territorio.

- Dificultad de acceso a la energía eléctrica en zona rural: Es un aspecto que hace factible la instalación de sistemas solares fotovoltaicos, pues los costos

de instalación y operación son más bajos que los proyectos en ampliación de interconexión eléctrica.

- Dispersión poblacional en el área rural: La distribución de los habitantes en el área rural en Caquetá es muy atomizada. De una vivienda rural a otra puede haber distancias mínimas de 1000 metros en algunos casos, pero la mayoría es un distanciamiento mayor de 10000 metros. Por tanto, la ampliación de la interconexión eléctrica es altamente costosa y la relación costo-beneficio no es favorable en el análisis financiero de estos proyectos. Esta característica social del territorio hace factible los proyectos de SSF en Caquetá.
- Organización comunitaria y asociatividad: En el Departamento del Caquetá existe una base organizativa a nivel comunitario, principalmente en el área rural. Todas las veredas tienen Junta de Acción Comunal - JAC, estas a su vez, se agrupan y conforman Asociaciones de Juntas de Acción por microrregiones en los municipios. Las JAC tienen comités, tales como: convivencia, trabajo, educación, servicios públicos, etc. Asimismo, en el territorio se han constituido otros tipos de organizaciones comunitarias. Por ejemplo: Comités Procarreteras, Asociaciones Defensoras de Derechos Humanos, entre otras. También, se encuentran asociaciones de productores donde se agrupan agricultores de diferentes cadenas de valor, tales como: Cacao, café, caucho, lácteos, ganadería, frutales amazónicos, caña panelera, entre otros. Esta cohesión social del territorio puede favorecer la comunicación con las comunidades para transferir información y conocimiento sobre las energías renovables para desarrollar una estrategia de masificación de su adopción. Sobre todo, esta organización comunitaria puede contribuir a la sostenibilidad de los SSF creando comités de trabajo para mantenimiento de los sistemas instalados.
- Concientización pública: Existe un aumento de la conciencia comunitaria e institucional en el Caquetá sobre las amenazas del cambio climático y la afectación a la riqueza de biodiversidad del territorio. Se encontró con la

aplicación de la encuesta de caracterización de los SSF, que la mayoría de las comunidades conocen los beneficios ambientales de las energías renovables. De hecho, el 68% indicó que lleva más de año y medio usando SSF, de estas personas el 89% refirió un alto nivel de satisfacción. Esto para indicar, que en todos los municipios del Caquetá ya hay un conocimiento y referencia social positiva de los SSF, donde las comunidades indican que son eficientes, inagotables y de buen desempeño. Esta referencia social, es bastante importante, pues denota la aceptación de esta tecnología, lo que contribuye enormemente a la factibilidad de los SSF en el Departamento del Caquetá.

- Infraestructura educativa rural: A pesar de las condiciones de vida difíciles en muchas zonas rurales del Caquetá, existen Instituciones Educativas Rurales con infraestructura que puede ser útil como lugares de capacitación y difusión de los beneficios y ventajas de los SSF, así como la enseñanza para su instalación, mantenimiento y operación. En complemento, los jóvenes rurales, que están normalmente dispuestos al aprendizaje de diversas tecnologías, pueden facilitar procesos de adopción social de los SSF.
- Organismos públicos: La investigación encontró 2 Municipios en cuyas Alcaldías (Belén de los Andaquíes y Morelia) han sido ejemplo de adopción de los SSF en parques y escenarios públicos, lo que genera confianza en las comunidades para usar este tipo de fuente de energía, además, invita a otras entidades del territorio a seguir el ejemplo.
- Baja difusión de los SSF: Un aspecto a mejorar en el territorio, es que a nivel comunitario e institucional hace falta una mayor difusión de los SSF para que más población pueda adoptarlos. La difusión debería considerar medios como la radio, prensa local, revistas, redes sociales, voz a voz, intercambio de experiencias comunitarias, etc. La información para difundir debería considerar aspectos básicos de los SSF, tales como: costos de inversión y operación, incentivos tributarios y no tributarios de las entidades

de gobierno, ventajas, usos y aplicaciones, proveedores de los equipos y servicio técnico, entre otros.

- Bajo conocimiento técnico en SSF: La gran mayoría de comunidades donde se encuentran instalados los SSF carecen de conocimientos para hacer mantenimiento a los SSF, los proyectos implementados no han incluido capacitación para los usuarios, ni planes de mantenimiento preventivo, lo que disminuye la eficiencia y vida útil de los SSF. Se necesita procesos de formación-capacitación dirigido a los usuarios que ya tienen estas tecnologías y los que las adquieran, para que adquieran conocimientos sobre:
 - Mantenimiento preventivo y correctivo
 - Operación y capacidad del sistema para no sobrecargarlo ni subutilizarlo
 - Escogencia del sitio de instalación
 - Angulo de inclinación de los paneles
 - Aislamiento de los elementos del sistema (paneles, baterías, cables, etc) para evitar daños y accidentes.
 - Otros
- Inexistente oferta de formación técnica y tecnológica en SSF: Se hace necesario que el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Universidades en la región, Institutos de Educación No Formal y las Instituciones Educativas Rurales diseñen y oferten cursos y programas de formación para que en las diferentes zonas del Departamento haya personal calificado. Esto ayuda, no solo en la ampliación de los SSF que se lograría con una mayor capacidad técnica local, sino también, en la generación de nuevos empleos.
- Poco interés de la población urbana: La población urbana y los establecimientos de comercio, generalmente no se muestran interesados en los SSF. Esto debido a que consideran de mayor estabilidad de servicio la energía convencional por interconexión eléctrica. Además, hay un amplio desconocimiento de los módulos fotovoltaicos, su contribución al ambiente, sus bajos costos operativos y sus niveles de eficiencia. Se debe entonces,

realizar campañas en zonas urbanas para mostrar las ventajas y beneficios de los SSF y los ejemplos de comerciantes que ya adoptan esta tecnología.

Condiciones económicas existentes en el territorio.

- Actividad productiva rural en crecimiento: El Caquetá es un Departamento con amplia vocación e historia agropecuaria, a pesar de la afectación del conflicto, la violencia y los cultivos ilícitos. En la última década se ha incrementado la inversión del Estado colombiano en el departamento, principalmente para mejorar la competitividad rural y combatir la ilegalidad. Bajo este propósito, el Estado ha contado con el apoyo de la cooperación internacional, lo cual sumado al Acuerdo de Paz firmado en noviembre de 2016, ha significado un incremento importante en la inversión pública en las áreas rurales del Caquetá. Como resultado se ha dado un incremento de los niveles de producción, las ventas e ingresos de los agricultores y ganaderos, mayor participación del sector privado e incremento en la generación de empleo, entre otros.
- Incorporación de los SSF en actividades agropecuarias: Según la encuesta de caracterización la mayoría de los SSF son utilizados para el manejo rotacional del ganado a partir de cercas eléctricas alimentadas por paneles fotovoltaicos. En complemento, hay que mencionar, que la ganadería caqueteña se está transformando, desde una ganadería históricamente extensiva hacia una ganadería amigable con el ambiente, y para ello, el cercado eléctrico con paneles fotovoltaicos se convierte en una solución eficiente. Sin embargo, hace falta que los SSF sean incorporados para más actividades de las cadenas de valor agropecuarias, ampliando los sistemas existentes o instalando nuevos para, por ejemplo, energizar: redes de enfriamiento de leche, plantas de procesamiento, sistemas de riego, centros de acopio, etc.

- Inversión en SSF con recursos propios de las comunidades: Un aspecto importante del territorio, es que las comunidades no necesariamente esperan las ayudas del gobierno para energizar sus zonas, sino que en la mayoría de los casos las comunidades han invertido en SSF con sus propios recursos económicos, provenientes de sus ingresos, ahorros y crédito financiero. Los diferentes usos que se le puede dar a los SSF en el sector agropecuario, los cuales son favorables para la economía familiar del agricultor.
- Vías terciarias mejoradas: El incremento de la inversión pública y de cooperación internacional en el territorio, no solo ha estado dirigida a los temas agropecuarios, también, en infraestructura vial. Lo que genera condiciones mejoradas de movilidad para el acceso a la zona rural, principalmente en aquellas que están muy marginadas. Esto disminuye costos de transporte y hace más accesible para los campesinos la introducción de los SSF, no solo por el ingreso de los materiales para su instalación, sino del personal especializado para instalación y mantenimiento.
- Incentivos económicos: En la tabla 14, se observan los incentivos tributarios y no tributarios en el Departamento del Caquetá que ayudan a que la población, principalmente rural puedan acceder a beneficios económicos para la instalación de los SSF. Además, la cooperación internacional en Caquetá también brinda apoyos económicos para la incorporación de energías renovables. No obstante, hace falta una mayor difusión de todos estos incentivos y apoyos económicos para que las comunidades puedan acceder a ellos.
- Desarrollo tecnológico en SSF: La evolución y desarrollo de la tecnología solar fotovoltaica ha generado que los elementos, materiales y equipos cada vez sean más económicos, lo que hace que sean más accesibles para las comunidades. Además, los costos de mantenimiento y operación son muy bajos y altamente competitivos frente a la energía generada por combustibles fósiles.

- Retorno de la inversión: La investigación arroja que el 86% de los usuarios recuperan la inversión de los SSF en un periodo menor de 6 años, lo cual hace financieramente factible este tipo de inversiones.
- Promoción de los SSF para todas las actividades económicas: Los diferentes sectores económicos, no solo del sector rural, deberían incorporar las energías renovables para contribuir en mayor proporción con la conservación ambiental, además de transitar hacia una energización más económica en términos de gastos mensuales.
- Faltan mecanismos financieros a través de crédito: La oferta de productos de crédito, tanto a nivel de la banca (pública y privada) y de los proveedores de módulos fotovoltaicos es muy baja, lo que dificulta el acceso a estas tecnologías para familias y comerciantes que no pueden pagar la inversión inicial con sus recursos propios, o aquellos que desean ampliar sus sistemas ya instalados. Por ello, es necesario que la institucionalidad promueva mayores mecanismos de crédito, tanto de la banca como de los proveedores de los SSF, incluso considerando sistemas de garantías complementarias.
- Proyectos de generación de ingresos: Los programas y proyectos en el territorio caqueteño dirigidos a la generación de ingresos de las familias rurales, generalmente, no consideran las energías renovables en las actividades económicas de las familias. Por tanto, es necesario que el fomento de la actividad agropecuaria a través de programas y proyectos se implemente bajo una lógica de la sostenibilidad, donde la incorporación de SSF sea tomada en cuenta para la reducción de emisión de GEI y para la adopción de prácticas que mejoran la productividad en la producción y un manejo más eficiente de los recursos naturales.

Condiciones ambientales existentes en el territorio.

- Radiación solar favorable en Caquetá: Los datos obtenidos por la investigación muestran que, en términos generales, en todo el Departamento del Caquetá es factible la implementación de los SSF. No obstante, el

régimen de lluvias en algunas zonas, durante los meses de abril, mayo, junio, julio y octubre, reducen la radiación solar y por tanto la eficiencia de los módulos fotovoltaicos, incluso en fallas temporales en el servicio.

- Nivel de precipitación favorable en Caquetá: La precipitación durante el año en Caquetá no impide el funcionamiento de los SSF, sin embargo, en los meses de abril, mayo, junio, julio y octubre donde incrementa el nivel de precipitación, tal como se explicó en el punto anterior, se reduce la radiación solar y por tanto la eficiencia de los módulos fotovoltaicos. Se deben considerar acciones de contingencia. En complemento, la investigación arrojó que algunos usuarios han tenido daños en los módulos, ocasionados por descargas eléctricas de los rayos que en ocasiones caen en las zonas. También, hay que referir que en las áreas rurales cercanas a la cordillera oriental la temperatura es menor y esto incide no favorablemente en la eficiencia de los módulos fotovoltaicos.
- Aprovechamiento responsable de los recursos naturales: Hay mayor concientización que antes, por parte de las comunidades sobre el aprovechamiento responsable de los recursos naturales. Esto se debe a que han visto los impactos negativos del cambio climático en el territorio, donde se observa una reducción de las fuentes hídricas y áreas de bosque. A pesar de que hoy día hay más conciencia pública, deben los organismos públicos seguir siendo más pedagógicos en la materia, y motivar el reemplazo más acelerado de las plantas diésel con sistemas solares fotovoltaicos.
- Reducción y mitigación de impactos ambientales en proceso de instalación de SSF: En el proceso de instalación de módulos fotovoltaicos se debe determinar zonas con baja arborización para capturar el máximo de brillo solar durante el día, siempre que se evite la tala de árboles. En Caquetá, se observó que los módulos instalados son de pequeña escala lo que significa que las instalaciones no han ocasionado alteraciones significativas al paisaje, ni procesos de desertificación, ni limitaciones significativas a la movilidad

de especies que representen una migración que afecte sensiblemente la biodiversidad.

- Residuos líquidos y sólidos durante el mantenimiento o desmantelamiento de módulos fotovoltaicos: No se están considerando planes de manejo de los residuos líquidos y sólidos cuando se realicen los mantenimientos o cuando se desmonten los módulos al final de su vida útil. Actualmente, no son volúmenes significativos, pero en la medida que se masifica la instalación de estas tecnologías, pueden generar daños ambientales. Por tanto, es necesarios los planes de manejo ambiental a nivel comunitario.

11 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La utilización de la energía solar a través de generación por módulos fotovoltaicos en Caquetá es observada principalmente en las áreas rurales de los 16 Municipios del Departamento del Caquetá, muy pocos casos de SSF instalados en zonas urbanas. Esto obedece a que en las zonas rurales hay baja cobertura de energía eléctrica porque el sistema interconectada nacional no logra llegar a las zonas rurales apartadas de un Departamento con más de 88.000 kilómetros cuadrados. De hecho, la investigación da cuenta de 5 Municipios con una cobertura de energía eléctrica por debajo del 50%, estos son: La Montañita, Milán, Solano, Solita y Valparaíso. Asimismo, se observa que 7 Municipios, Albania, Belén de los Andaquíes, Cartagena del Chairá, Curillo, El Paujil, Puerto Rico y San José del Fragua, tienen una cobertura entre el 50 y 80% de energía eléctrica en su jurisdicción. Solamente 4 Municipios, El Doncello, Florencia, Morelia y San Vicente del Caguán cuentan con una cobertura mayor al 80%. Sin embargo, ninguna localidad del Departamento tiene 100% de cobertura.

Lo anterior coincide, y puede explicar, el incremento en la adopción de sistemas solares fotovoltaicos en Caquetá de la última década. Esta investigación caracterizó sistemas instalados en los diferentes Municipios y se presenta la discusión de dichos resultados en el punto 11.1.

Con este antecedente del territorio, se analizaron las proyecciones para la integración de la energía solar, donde se encontraron dos aspectos claves que permiten prever una ampliación de la capacidad de generación de energía solar fotovoltaica en Caquetá, son: Primero. Existe un amplia base normativa, incentivos tributarios y no tributarios definidos por el Gobierno Nacional en su Política Minero-Energética, y financiamiento local para la instalación de 3.699 en por lo menos 9 Municipios dispuestos en los Planes de Desarrollo Territorial para el cuatrienio 2020-2023. Segundo. Existen condiciones sociales, económicas y ambientales propicias para la factibilidad de proyectos de energía solar fotovoltaica en Caquetá. En ambas consideraciones, se ampliará la discusión en los puntos siguientes.

11.1 CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR

FOTOVOLTAICA EN CAQUETÁ

La investigación refleja que la energía solar fotovoltaica tiene mayor penetración en el área rural, debido a que la cobertura de energía eléctrica en Caquetá en zonas rurales de la mayoría de los Municipios es baja, y los habitantes se han visto obligados durante muchos años a generar energía a partir de plantas eléctricas diésel. Sin embargo, los avances tecnológicos en materia de energía solar fotovoltaica, mayor difusión de información en las comunidades y el apoyo institucional, han permitido que los campesinos, poco a poco, reemplacen la energía generada de combustibles fósiles por la que se produce de los SSF.

La adopción de la energía solar fotovoltaica en Caquetá ha logrado que las comunidades de ZNI puedan mejorar su nivel de acceso a los servicios básicos, y con ello disminuir las limitaciones del desarrollo de territorios rurales, pues con el acceso a la energía se logran disminuir las condiciones de pobreza, a razón de que los habitantes impulsan la productividad de sus actividades agropecuarias, a través de la adopción de equipos y herramientas que trabajan con energía eléctrica, como es el caso de las cercas eléctricas para el manejo eficiente del suelo a través de la rotación del ganado en las pasturas, y la iluminación para las áreas de producción.

La investigación arrojó que el 98% de los usuarios ven satisfechas sus expectativas con los SSF, y con las diferentes respuestas al instrumento aplicado se puede inferir que estas tecnologías contribuyen a mejorar el nivel de bienestar de la población rural en 3 aspectos:

1. Incremento de los ingresos de los hogares. El cual se da por la reducción de los costos de electricidad al reemplazar la generación de energía diésel por la solar fotovoltaica, así como el aumento de la productividad de la actividad agropecuaria por la tecnificación de las actividades mediante el uso de equipos y herramientas como las cercas eléctricas, picapastos, etc. También, logran los productores agropecuarios la conservación de sus productos (leche, queso,

pulpas de frutas, etc.) mediante la refrigeración, al igual que la conservación en frío de pajillas en programas de mejoramiento genético bovino.

2. Mayor calidad de educación para la población escolar. Que se logra a partir del acceso a las tecnologías de información y comunicación gracias a que la energía generada por los módulos fotovoltaicos permite el uso de computadores y su conexión a internet para los procesos formativos de los niños, niñas, jóvenes y adolescentes del área rural. También, se mejoran las condiciones de almacenamiento y refrigeración de los alimentos para los estudiantes, por el uso de neveras y enfriadores útiles en el marco del Programa de Alimentación Escolar que implementa el Ministerio de Educación Nacional a través de los entes territoriales.
3. Mayor acceso a la información y entretenimiento familiar. El uso de electrodomésticos y dispositivos como el televisor, la radio y el celular, les permite a las familias acceder a información emitida por medios de comunicación, útil para estar informados, no solo en los aspectos sociales, culturales y políticos, propios de cada territorio, sino también de la vida nacional, internacional y las condiciones de los mercados necesarios para las actividades económicas de la vida rural. Y en complemento, a la utilidad del acceso a la información, estos aparatos permiten también el entretenimiento familiar para el aprovechamiento del espacio de descanso y ocio en los hogares.

De acuerdo con lo anterior, se evidencia que la energía solar fotovoltaica, en términos de desarrollo rural, no solo contribuye al acceso del servicio básico de la energía eléctrica, sino que también, por la generación de esta, el territorio experimenta procesos de transformación productiva e institucional que aportan a la reducción de la pobreza rural.

Desde la perspectiva del desarrollo sostenible hay dos aspectos claves revelados por los resultados de la investigación. El primero tiene que ver con el reconocimiento de los usuarios sobre los impactos positivos generados con la implementación de los SSF, principalmente por la disminución de contaminación que se emitía con plantas de generación diésel. En segundo lugar, porque en la actividad ganadera se logra incrementar la capacidad

de carga de animales por hectárea con el manejo rotacional del ganado por el uso de las cercas eléctricas, esto significa que los ganaderos pueden tener más animales por hectárea porque se incrementa, con la técnica rotacional, la disponibilidad de alimento para los bovinos, y por tanto se reduce la necesidad de los productores de talar bosque, ampliando frontera agrícola por deforestación, para disponer de más pasturas.

Así las cosas, se logra destacar que la energía solar fotovoltaica es determinante en el desarrollo sostenible en zonas rurales sin acceso a la energía eléctrica convencional, debido a que logra impactar positivamente en los tres factores de la sostenibilidad. La conservación ambiental, por la disminución de emisiones de GEI y la reducción de la deforestación que se evita por la tecnificación ganadera para el incremento de la productividad, que conduce a que se aprovechen los recursos naturales sin ponerlos en riesgo para el aprovechamiento de las generaciones futuras. El crecimiento económico, porque se logran aumentar los ingresos de la población rural e incrementar la dinámica económica en las localidades. Y, la equidad social, porque se mejora la calidad educativa, el acceso a la información, y se mejoran las condiciones de vida en los hogares rurales.

Además de la discusión frente a cómo la energía solar fotovoltaica contribuye al desarrollo rural y sostenible de los territorios, principalmente de aquellos en ZNI, es necesario abordar los factores que contribuyen al aumento de la generación de energía renovable mediante los SSF a partir de los resultados encontrados, en lo cual se destacan dos variables de análisis, costos y funcionamiento.

Costos: El 77% de los sistemas evaluados presentaron costos globales de instalación por debajo de 8 millones de pesos, lo cual es muy bajo en términos comparativos con los costos de inversión que las entidades públicas deberían asumir para llevar el sistema interconectado a las zonas rurales apartadas en el Departamento del Caquetá. También, se destaca que el 86% de los entrevistados proyecta el retorno de la inversión en menos de 6 años. Por otra parte, se encontró que el 26% de los sistemas instalados contaron con algún tipo de subsidio de las entidades territoriales o de cooperación internacional, lo que también representa un alivio financiero para los pobladores rurales. Sobre estos costos operacionales

se encontró que el 92% de los sistemas instalados tienen costos inferiores a \$250.000 por año, lo cual es muy bajo comparando la cifra con los costos de la generación de energía por plantas diésel que históricamente han tenido que usar las comunidades rurales apartadas.

Funcionamiento: La investigación arroja que el 97% de los sistemas instalados están en funcionamiento, el 98% de los usuarios está satisfecho o muy satisfecho con la generación de energía de los módulos solares fotovoltaicos, y en esa misma proporción indican que el sistema cumplió con sus expectativas. No obstante, se encontró que el 37% no realiza ningún tipo de mantenimiento, lo cual puede en algún momento poner en riesgo el funcionamiento del sistema. De hecho, el 40% de los entrevistados indican que en algún momento han tenido suspensión temporal del servicio, atribuible a falta de mantenimiento o sobre carga del sistema. También es importante resaltar que el 48% de los sistemas han tenido alguna suspensión transitoria cuando se presentan días constantes de lluvias.

11.2 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR

Según los datos de las estaciones meteorológicas investigadas, los meses de mayor precipitación durante el año son abril, mayo, junio, julio y octubre. Son las épocas en donde los SSF disminuyen su rendimiento a causa de menor brillo solar, también encontrado en los datos climatológicos obtenidos, y que coincide con la información en la caracterización de SSF instalados en Caquetá en relación con las causas por las cuales estos sistemas han tenido alguna falla temporal. En síntesis, la precipitación se relaciona con la nubosidad que se genera en las zonas con altas precipitaciones, esto no quiere decir que los paneles fotovoltaicos dejen de funcionar completamente, solo que la eficiencia del panel disminuye en estas condiciones.

En complemento, la temperatura y la precipitación tienen una influencia en los paneles solares, a mayor temperatura menor tensión de salida y viceversa, por ende, se tiene que calcular la temperatura a la cual trabaja el panel solar.

La variable (ángulo de inclinación, puntos de reflexión, nubosidad, suciedad, fabricación y temperatura) que más influye en valores de eficiencia y durabilidad es el incremento de la temperatura del panel, lo que podría causar una saturación de corriente

que impide una óptima salida de potencia y pueden ocasionar daños en la célula (Cepeda & Sierra, 2017).

Debido al resultado en la ecuación para la temperatura óptima para un panel fotovoltaico, el Departamento del Caquetá presenta una temperatura y radiación óptima para la instalación de los paneles solares a lo largo de su territorio.

11.3 CONDICIONES DE FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE ENERGÍA

SOLAR FOTOVOLTAICA

En el Departamento del Caquetá no hay políticas públicas territoriales que promuevan el uso de la energía solar fotovoltaica como fuente renovable de energía. Esto refleja poca capacidad institucional para la promoción de los SSF. No obstante, en materia de incentivos, 9 Alcaldías y la Gobernación de Caquetá tienen en su Plan Territorial de Desarrollo metas y recursos para instalación de 3699 SSF, lo que significa una importante ampliación de cobertura eléctrica con energías renovables durante el cuatrienio 2020-2023.

Los Planes de Desarrollo de los municipios de Curillo, Milán, Albania y El Paujil, no consideraron el artículo 12 de Ley 1931 de 2018 donde se dispone que “La Nación, los departamentos, distritos y municipios tendrán en cuenta en la formulación de sus planes de desarrollo nacional, departamentales, distritales y municipales las disposiciones para la promoción de las fuentes no convencionales de energía renovable y de eficiencia energética, incluidas en la ley 1715 de 2014 como una de las herramientas para la mitigación de gases de efecto invernadero en la gestión del cambio climático” (Congreso de Colombia, 2018).

Las diferentes investigaciones que se han aproximado a determinar la factibilidad de los proyectos de sistemas solares fotovoltaicos y/o sus impactos sociales, económicos y ambientales, dan cuenta de la viabilidad de estas tecnologías, principalmente en áreas rurales consideradas como ZNI, donde la inversión para la ampliación de la cobertura eléctrica con el sistema interconectada nacional es bastante alta y la relación costo-

beneficio es negativa. Así pues, los SSF son factibles para la ampliación de la matriz energética en Colombia, con especial impacto en ZNI.

De otra parte, la investigación indagó sobre los aspectos sociales, económicos y ambientales que determinan o contribuyen a la factibilidad de proyectos de sistemas solares fotovoltaicos en Caquetá. En materia social hay dos aspectos que hacen factible los SSF. Primero, existe demanda de servicio de energía en zonas rural que históricamente han tenido dificultad de acceso a la interconexión eléctrica, por tratarse de zonas marginadas con localización espacial dispersa. Segundo, hay un alto desarrollo organizacional a nivel de las comunidades rurales, representado, principalmente, en las Juntas de Acción Comunal y Asociaciones de Productores, hecho que puede permitir trabajo colectivo en las comunidades para la implementación de los SSF y la creación de esquemas comunitarios para la instalación y mantenimiento de los mismos, sin depender de proveedores de servicio de asistencia técnica. En el orden social, también se debe mencionar un riesgo, aunque puede ser considerada como una oportunidad. Es el bajo conocimiento técnico sobre la operatividad de los SSF que ha ocasionado que los usuarios sobrecarguen el sistema o reduzcan su eficiencia por falta de mantenimiento preventivo. Para ello, debe plantearse en cada proyecto, proceso de formación y capacitación a los usuarios, más aún cuando la financiación es 100% a través de donación de los organismos públicos o de cooperación internacional.

En cuanto al factor económico, se encuentran 3 variables claves que asignan la factibilidad de los SSF. Primero, retorno de la inversión, la cual se logra, generalmente, en menos de 6 años, lo que significa que es altamente competitiva la tecnología frente a los altos costos de la interconexión eléctrica para zonas marginadas rurales y, también los costos de los combustibles fósiles. Segundo, los incentivos económicos del gobierno nacional, y los apoyos financieros de gobiernos territoriales, hacen factible los proyectos de SSF en el territorio, principalmente para comunidades rurales de bajos ingresos económicos, que de otra manera no pudieran acceder a estas tecnologías. Tercero, financiamiento de las mismas comunidades. Este factor, principalmente en comunidades de ingresos medios y altos en las zonas rurales, facilita la coinversión para el cierre financiero

de proyectos de SSF, dado que algunos cooperantes internacionales exigen contrapartidas en los proyectos.

En la dimensión ambiental, son determinantes las variables climáticas radiación solar y precipitación para la factibilidad de proyectos de SSF. La investigación encontró en Caquetá, que, gracias a su ubicación geográfica, estas 2 variables son óptimas para la instalación de módulos fotovoltaicos, a pesar del incremento de lluvias en algunos meses del año, hay radiación solar durante varias horas del día y, en términos generales, durante el año la radiación solar es alta. Lo que significa que el Caquetá cuenta con un potencial positivo de energía solar. También, se encontró que hay una amenaza para los proyectos de SSF, en cuanto al deterioro ambiental que se puede ocasionar en el montaje, mantenimiento y desmantelamiento de los SSF, por ello se hace necesario determinar en cada proyecto medidas de reducción, mitigación y/ compensación de los impactos ambientales que se puedan generar.

11.4 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON INVESTIGACIONES SIMILARES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES PARA LOS DEPARTAMENTOS DE CALDAS Y PUTUMAYO

Resulta muy útil comparar algunos resultados importantes de las investigaciones “Diagnóstico, perspectivas y desempeño de la energía solar fotovoltaica en el Departamento de Caldas” (Echeverry, 2018) y “Potencial de energías renovables no convencionales para generar electricidad en el Departamento del Putumayo” (Luna, 2019), dado que contiene información reciente, del año 2018 y 2019, respectivamente.

En primer lugar, hay que precisar que el trabajo en Caldas coincide con esta investigación en los objetivos de caracterizar los sistemas de energía solar fotovoltaica instalados y en el de la estimación del potencial de radiación solar. El trabajo en Putumayo coincide únicamente en la estimación del potencial solar. La investigación en Caquetá incluyó la definición de condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas que contribuyen a determinan la factibilidad de proyectos de energía solar, dado que se realiza

en el marco de la Maestría en Desarrollo Regional y Planificación del Territorio, mientras que, las investigaciones en Caldas y Putumayo se orientaron más hacia los aspectos técnicos de los SSF por que se enmarcaban en la Maestría en Ingeniería.

A continuación, se destacan los principales aspectos coincidentes y divergentes de las investigaciones:

- La energía solar fotovoltaica es una solución efectiva para el acceso a la energía de las comunidades en zonas apartadas sin posibilidades de acceder al servicio por vía del sistema interconectado nacional.
- Los SSF instalados han tenido buen desempeño, hay una buena percepción de los usuarios, dado que permite, además de la energía, mejorar el acceso a la satisfacción de otras necesidades básicas como la salud y la educación.
- En términos generales, las comunidades que han adoptado estas tecnologías se encuentran satisfechas con el servicio y esto ha generado que cada vez más, crezca el número de usuarios con SSF, principalmente en ZNI.
- La mayoría de los sistemas encontrados son aislados y de pequeña escala por debajo de potencia pico de 600W, con inversiones de instalación de menos de 15 millones de pesos.
- En Caldas los usos son principalmente a nivel institucional y residencial, mayoritariamente urbano, mientras que en Caquetá el uso predominante es el agropecuario y en el sector rural. Esto obedece a las diferencias socioculturales y económicas de estos dos departamentos, sumado a la localización geográfica, donde Caldas está más conectado con el interior del país, en la región Andina, en tanto que Caquetá está en el sur de Colombia, en la región Amazónica.
- Los tres departamentos cuentan con condiciones climáticas ideales para la generación de energía solar fotovoltaica. Sumado esto al buen desempeño de los SSF y las políticas nacionales del Gobierno en materia minero energético y de gestión del cambio climático, se reflejan proyecciones y perspectivas favorables para masificar el acceso a este tipo de energías limpias. Sin

embargo, la concurrencia de las entidades territoriales debe ser más decidida y estratégica para impulsar de una manera más organizada, articulada e interinstitucional las fuentes no convencionales de energía.

- Las investigaciones recomiendan mejorar los diseños en términos de considerar las características específicas de los lugares donde se vayan a instalar los SSF, incluyendo el grado de inclinación para que su performance ratio sea el más alto posible. Además, considerar planes de manejo ambiental en cuestiones de mantenimiento y, desmonte de los módulos fotovoltaicos al final de su vida útil, para evitar el menor daño posible al ambiente.
- Tanto en la investigación en Caldas como en Caquetá, resulta como recomendación para las entidades territoriales, establecer mecanismos de difusión y comunicación para dar a conocer las fuentes no convencionales de energía, donde se ilustre sobre sus ventajas y desventajas, costos de inversión y funcionamiento, la facilidad de su operación, los resultados e impactos, y, sobre todo, los incentivos tributarios y no tributarios de los gobiernos, Nacional, Departamental y Municipal.

12 CONCLUSIONES

- Los sistemas solares fotovoltaicos, sus usos y aplicaciones, representan una solución energética para las zonas rurales no interconectadas en Caquetá, con lo que se promueve el desarrollo regional a partir de: condiciones sociales mejoradas en términos de acceso a mejor educación y servicios de salud; una mayor productividad y generación de ingresos de las comunidades rurales con lo que se combate la pobreza; y una mayor conservación ambiental por el reemplazo de los combustibles fósiles y por el uso más eficiente del suelo y el agua en las actividades agropecuarias.
- El nivel de satisfacción de los usuarios, la alta demanda de energía en las zonas no interconectadas, el potencial positivo de radiación solar, los incentivos nacionales y territoriales, y las condiciones sociales, económicas y ambientales, determinaron en la investigación que existe un potencial favorable que proyecta al Caquetá como un Departamento que puede contribuir rápidamente a la integración de la energía solar.
- Las proyecciones para la integración de la energía solar en el Caquetá son muy positivas. A nivel regional está dispuesto en instrumentos de planificación territorio como los Planes de Desarrollo Territorial para el cuatrienio 2020-2023, la instalación de 3.699 sistemas de energía solar fotovoltaica de pequeña escala en por lo menos 9 municipios. Lo que se complementa con los incentivos tributarios y no tributarios definidos por el Gobierno Nacional.
- La energía solar fotovoltaica es una tecnología que permite la ampliación de la matriz energética en el Departamento y representa una solución a la necesidad de energía eléctrica de poblaciones rurales apartadas en todos los municipios de Caquetá, que impacta positivamente también, en la conservación ambiental, el bienestar social y el crecimiento económico a partir del aumento de la productividad agropecuaria.

- Se determina que la radiación solar en el Departamento del Caquetá es de 4,18 kWh/m², lo cual concuerda con lo establecido en las bases de datos y atlas de radiación solar del IDEAM para el Caquetá y por la UPME para la región amazónica. Esta variable, así como la temperatura, humedad relativa y precipitación, son favorables para la instalación y masificación de uso de la energía solar fotovoltaica en Caquetá.
- En los meses de mayor precipitación en el año, abril, mayo, junio, julio y octubre, por tanto, de menor brillo solar y temperatura, por tratarse de una variable inversamente proporcional a las demás, los paneles fotovoltaicos disminuyen su eficiencia. A pesar de que no genera una suspensión total o prolongada del servicio, si puede generar inconvenientes a usuarios que en su actividad productiva requieren constancia diaria de la energía, durante todo el año.
- En materia de normatividad vigente, el país tiene una amplia base legal a través de leyes, decretos y resoluciones que regulan las energías renovables, las promueven con fundamento en la política pública de cambio climático y las incentivan con beneficios tributarios y no tributarios. Sin embargo, a nivel territorial se encuentra un desconocimiento de toda esta normatividad, tanto a nivel de las comunidades, como de los organismos públicos en el territorio.
- La falta de acceso a la energía eléctrica proveniente del sistema interconectado nacional y la dispersión de los habitantes en localizaciones rurales, son aspectos determinantes, desde la dimensión social, que no solo aportan a la factibilidad de proyectos de SSF, sino que los convierten en la única solución sostenible para el acceso a la energía.
- El bajo conocimiento técnico de las comunidades para el mantenimiento preventivo de los SSF es una amenaza en la determinación de la factibilidad de proyectos, dado que se pone en riesgo la sostenibilidad operacional de los sistemas. Por ello, todo proyecto debe considerar entrenamiento a los usuarios para que realicen mantenimientos preventivos. Este factor es más

crítico en proyectos con 100% de financiamiento institucional, dado que, generalmente, las comunidades tienden a proteger, conservar y preocuparse menos, por los activos donados o subsidiados al 100%.

- El Caquetá carece de políticas públicas territoriales en materia de energías renovables que garanticen una planificación de largo plazo sobre el asunto. Sin embargo, en 12 de los 16 municipios, se consideraron en los Planes de Desarrollo Territorial acciones encaminadas a gestionar y financiar proyectos de generación fotovoltaica de energía eléctrica.
- El incremento de la concientización pública sobre los efectos del cambio climático representa una condición social y ambiental que favorecen el interés comunitario de reemplazar la energía generada por combustibles fósiles por sistemas solares fotovoltaicos.
- Antecedentes a esta investigación demuestran que se generan residuos líquidos y sólidos durante el mantenimiento y desmantelamiento de módulos fotovoltaicos que afectan negativamente el ambiente. A pesar de que en Caquetá los sistemas son de pequeña escala, deben considerarse planes de manejo ambiental en cada SSF instalado.

13 RECOMENDACIONES

13.1 A LOS ENTES TERRITORIALES

- Potenciar la adopción de la energía solar fotovoltaica a través de campañas comunicacionales liderada por los entes territoriales, para aprovechar el potencial de radiación solar del Departamento, donde se muestre los costos de inversión y funcionamiento, la facilidad de su operación, los resultados e impactos que se logran y experiencias de usuarios con sistemas instalados.
- Dar a conocer a la ciudadanía, las proyecciones para la integración de energía solar en la jurisdicción de cada entidad territorial, a partir de los incentivos locales definidos en el cuatrienio 2020-2023 y los del gobierno nacional definidos en la normatividad vigente y políticas públicas nacionales.
- Diseñar políticas públicas territoriales de mitigación y adaptabilidad al cambio climático donde se incluya y promueva el acceso a las energías renovables en todo el territorio caqueteño.
- Generar un programa de capacitación a los usuarios para la realización de mantenimientos preventivos y, correcto uso del sistema para no sobrecargarlo y evitar interrupciones temporales del servicio de los SSF.
- Encontrar en la diversidad de los objetivos misionales de los organismos públicos, privados, comunitarios y de cooperación internacional, mecanismos de articulación para promover el uso de energías renovables en comunidades rurales, que atienda el incremento de la actividad agrícola y la agroindustria para un desarrollo rural sostenible.
- Desarrollar, a partir de la formación y capacitación, capacidad técnica local en la asimilación y transferencia de tecnologías de energías renovables.
- Optimizar la asignación de recursos para la instalación de SSF a partir de un análisis previo particularizado de las posibles áreas y comunidades a beneficiar, considerando las condiciones sociales, económicas y ambientales

más favorables para la sostenibilidad operacional de los SSF, y con ello hacer una priorización transparente.

13.2 A PROVEEDORES DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS Y ASISTENCIA TÉCNICA

- Contar con equipos técnicos en los municipios para la respuesta oportuna ante la necesidad de asistencia técnica de las comunidades para reparación de los sistemas ante eventuales fallas.
- Proveer de capacitación y guías de operación de los SSF para evitar que los usuarios sobrecarguen el sistema o los subutilicen.
- Considerar el ángulo de inclinación necesario de los módulos fotovoltaicos en su instalación para optimizar la energía emitida por el sol, al estar en la línea ecuatorial no se define una ecuación exacta como en los hemisferios norte o sur, por ende, basados en bibliografía y un software RETSCREM se calcula un ángulo de inclinación necesario para el Caquetá de 30°.

13.3 A LAS COMUNIDADES Y USUARIOS ACTUALES Y POTENCIALES

- Definir acciones y medidas contingenciales a nivel de los usuarios, para las épocas del año de constante lluvias, donde los paneles fotovoltaicos disminuyen su eficiencia y pueden generar suspensiones temporales del servicio por algunas horas del día.
- Promover la ampliación de los SSF ya instaladas en las zonas rurales para ampliar la capacidad de generación que permita cubrir más actividades productivas y agroindustriales.
- Aprovechar su nivel organizacional para conformar comités de energías renovables en JAC y asociaciones de productores, para instalación, asesoría técnica, mantenimiento, etc.
- Incluir en sus planes de trabajo, planes de acción, planeación estratégica, entre otros, acciones y actividades para incorporar las energías renovables en

sus procesos de producción, acopio, transformación y comercialización de los productos agropecuarios.

13.4 A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES, UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN

- Ampliar su portafolio de oferta académica donde se incluya formación sobre energías renovables, en especial energía solar fotovoltaica, dado el potencial de radiación solar del país, a nivel de pregrado, posgrado y educación continuada
- Establecer medios y mecanismos que permitan visibilizar más los resultados de investigaciones realizadas a nivel de pregrados y posgrados para lograr una mayor aplicabilidad de los insumos resultantes en estas, a nivel de organismos públicos, sector privado y comunitario.
- Definir grupos de investigación con miembros interdisciplinarios e interinstitucionales para generar nuevas investigaciones en materia de energías renovables, que de la mano con organismos públicos, privados y comunitarios puedan lograr mayor ampliación de la capacidad de generación de energía solar fotovoltaica y acceso incrementado para los usuarios, tanto de áreas rurales como urbanas.

14 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y TRABAJOS FUTUROS

Se presentaron dificultades en el acceso a algunas zonas apartadas del Departamento del Caquetá para la aplicación del instrumento de caracterización, debido a la dispersión geográfica de los sistemas instalados, algunos sitios bastante alejados de las cabeceras municipales, el estado deteriorado de algunas vías rurales y algunos traslados tuvieron que hacerse por vía fluvial. Estas limitaciones encarecieron los costos del proyecto y evitaron que se hubiesen podido tomar más instalaciones fotovoltaicas en la investigación. No obstante, se logró una cobertura de 15 de los 16 municipios del Caquetá.

Se considera necesario un posterior estudio de mercado, para conocer más detalladamente información acerca de la oferta y la demanda en el subsector de las energías renovables en Caquetá, de tal manera que actores públicos y privados del Departamento, incluso del país, puedan incrementar las inversiones en este campo.

Posteriores investigaciones pueden orientarse en evaluar el desempeño energético de tecnologías en energía solar instaladas en el Departamento del Caquetá, para conocer sobre la temperatura de los paneles, temperatura del inversor, tensión de entrada y salida, corriente de entrada y salida, potencia de entrada y salida, y temperatura ambiente.

15 BIBLIOGRAFIA

- Beltrán-Telles, A., Morera-Hernández, M., López-Montegudo, F. E., & Villela-Varela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *CienciaUAT*, vol. 11, núm. 2, 105-117.
- Castillo, Y., Castrillón Gutiérrez, M., Vanegas-Chamorro, M., Valencia, G., & Villicaña, E. (2015). Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano. *Prospect*, vol. 13, núm. 1, 39-51.
- Castoriadis, C. (2002). *¿Qué democracia? En figura de lo pensable (Las encrucijadas del laberinto VI)*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Cepeda Juan, & Sierra Adriana. (s.f.). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus posibles soluciones*. Bogota : Universidad Santo Tomas.
- Congreso de Colombia. (11 de Julio de 1994). *Diario Oficial No. 41.433. LEY 142 DE 1994*.
Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html
- Congreso de Colombia. (12 de Julio de 1994). *Diario Oficial No. 41.434. LEY 143 DE 1994*.
Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0143_1994.html
- Congreso de Colombia. (5 de Octubre de 2001). *Diario Oficial No. 44.573. LEY 697 DE 2001*.
Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0697_2001.html
- Congreso de Colombia. (18 de Diciembre de 2003). *Diario Oficial No. 45.405. LEY 855 DE 2003*.
Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0855_2003.html
- Congreso de Colombia. (16 de Julio de 2013). *Diario Oficial No. 48.853. LEY 1665 DE 2003*.
Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1665_2013.html

Congreso de Colombia. (13 de Mayo de 2014). *Diario Oficial No. 49.150. LEY 1715 DE 2014.* Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

Congreso de Colombia. (29 de Diciembre de 2016). *Diario Oficial No. 50.101. LEY 1819 DE 2016.* Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1819_2016.html

Congreso de Colombia. (27 de Julio de 2018). Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1931_2018.html

Contreras, J. P. (1999). *La construcción social del subdesarrollo y el discurso del desarrollo.* Barcelona: Icaria.

Coomotor Florencia. (31 de Mayo de 2015). *www.coomotorflorencia.com.* Obtenido de <http://coomotorflorencia.com/web2/index.php/rutas/mapas-de-carreteras>

CORPOAMAZONIA. (2011). *Caracterización ambiental plan departamental de agua departamento de Caquetá.* Florencia.

CORPOAMAZONIA. (s.f.). *Caquetá-Municipios.* 2016.

Correa, E. P. (1998). Una visión del desarrollo rural en Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural,* (41). Obtenido de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/2371>

DANE-BANCO DE LA REPUBLICA. (2016). *INFORME DE COYUNTURA ECONÓMICA REGIONAL.* Bogotá.

del Gradiente, D. (s.f.). *MÉTODO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ECUACIÓN DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO MEDIO EN LOS PRIMEROS MIL METROS DE LA TROPOSFERA BAJA DE CHILE A PARTIR DE LOS DATOS DEL REANALYSIS (NCEP/NCAR).* Universidad Tecnológica Metropolitana, Universidad de Barcelona.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (6 de Abril de 2018). <https://www.dane.gov.co/>. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2017/Caqueta_Pobreza_2017.pdf
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (14 de Julio de 2011). www.dnp.gov.co. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3700.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (25 de Abril de 2019). <https://terridata.dnp.gov.co/#/>. Obtenido de <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles/18000>
- Echeverry-Cardona, L. F. (2018). *Diagnóstico, perspectivas y desempeño de la energía solar fotovoltaica en el departamento de Caldas*. Manizales.
- Elizalde, A. (2000). *Ecología, ética, epistemología y economía: relaciones difíciles pero necesarias*. Buenos Aires: Centro de ediciones gráficas y audiovisuales de Fundación UNIDA.
- ENERGIA SOLAR. (2016). <https://solar-energia.net>. Obtenido de <https://solar-energia.net/definiciones/temperatura.html>
- Escobar, A. (1996). *La invención del Tercer Mundo: construcción y deconstrucción del desarrollo*. Bogotá: Norma.
- Eslava R., J.A., V.A. López y G. Olaya. (1986). Los climas de Colombia, sistema de Caldas-Lang. *Atmósfera* 7, 41-77.
- Esteva, G. (1996). *Diccionario del Desarrollo. Una guía del conocimiento como poder*. Lima, Perú: Wolfgang Sachs.
- Farietta J., K. (2013). Políticas públicas en Colombia de generación distribuida en nuevas fuentes energéticas: el caso de la geotermia y las zonas no interconectadas. *Revista Via Inveniendi Et Iudicandi*, vol. 8, núm. 2, 150-182.

- Fotografía de COL Energy SAS. (2015). *Caquetá*. Tomado de <https://www.apccolombia.gov.co/pagina/luz-solar-llena-de-esperanza-ninos-del-caqueta>. Obtenido de <https://www.apccolombia.gov.co/pagina/luz-solar-llena-de-esperanza-ninos-del-caqueta>
- García Arbeláez, C., Barrera, X., & Gómez, R. y. (2015). El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21. 2 ed. *WWF-Colombia*, 31.
- Gobernación del Caquetá. (29 de Julio de 2017). *www.caqueta.gov.co*. Obtenido de <http://www.caqueta.gov.co/mapas/mapas-geograficos-656362>
- Gobernación del Caquetá. (30 de Agosto de 2017). *www.caqueta.gov.co*. Obtenido de <http://www.caqueta.gov.co/departamento/historia-del-caqueta>
- Gobernación del Caquetá. (19 de Febrero de 2018). <http://www.caqueta.gov.co/>. Obtenido de <http://www.caqueta.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-con-usted-hacemos-mas-por-el-caqueta>
- Gómez de Segura, R. B. (2014). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Bilbao, España: Hegoa.
- Gómez-Ramírez, J., Murcia-Murcia, J. D., & Cabeza-Rojas, I. (Agosto de 2017). La energía solar fotovoltaica en Colombia, potenciales, antecedentes y perspectivas. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/G%C3%B3mez2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez Garza, E. (2007). De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario. *Trayectorias*, vol. 9, núm. 25, 45-60.
- Hincapié Isaza, R. A., Mesa, J. D., & Escobar Mejía, A. (2009). Descripción y análisis del efecto fotovoltaico en la región. *Scientia Et Technica*, vol. 15, núm. 42, 327-332.

- IDEAM. (1994). *Manual de radiación solar en Colombia*. Bogotá: H. Rodríguez - F. González Editores.
- IDEAM. (2005). *Atlas de radiación solar de Colombia*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- IDEAM. (2014). <http://www.ideam.gov.co>. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>
- IDEAM. (s.f.). *ATLAS CLIMATOLOGICO RADIACION Y VIENTO*.
- IGAC. (2014). *ZONIFICACIÓN CLIMATICA*. BOGOTÁ.
- IRENA. (2020). *Renewable capacity statistics 2020*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA).
- López Torres, V. G., Alcalá Álvarez, M. C., & Moreno Moreno, L. R. (2012). La Cadena de Suministro de la Energía Solar. *Conciencia Tecnológica*, num. 43, 18-23.
- Luis Fernando Mulcué-Nieto, L. F.-C.-F.-G.-G.-L. (2020). Energy performance assessment of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic modules in the tropical mountain climate: The case for Manizales-Colombia. *Energy Reports*, 2828-2835.
- Luna-Carlosama, C. F. (2019). *Potencial de energías renovables no convencionales para generar electricidad en el Departamento del Putumayo*. Manizales.
- Machado Toranzo, N., Lussón Cervantes, A., Leysdian Oro Carralero, L., Bonzon Henríquez, J., & Escalona Costa, O. (2015). Seguidor Solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar. *Ingeniería Energética*, vol. 36, 2/2015., 190-199.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Política Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.: Puntoaparte.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (Abril de 2019). *www.mincit.gov.co*. Obtenido de <http://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=5f834ed5-8943-4317-897d-9b047844ceb2>

Ministerio de Minas y Energía. (19 de Diciembre de 2003). <http://www.funcionpublica.gov.co>. *DECRETO 3683 DE 2003*. Obtenido de <http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=11032>

Ministerio de Minas y Energía. (29 de Enero de 2004). *www.minenergia.gov.co*. *DECRETO 257 DE 2004*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/655199/Decreto-257-2004.pdf/2007c97e-4440-4d50-a279-fc213c409908>

Ministerio de Minas y Energía. (2 de Diciembre de 2014). *www.minenergia.gov.co*. *DECRETO 2469 DE 2014*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/36864-Decreto-2469-02Dic2014.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (3 de Diciembre de 2014). *www.minenergia.gov.co*. *DECRETO 2492 DE 2014*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/36863-Decreto-2492-03Dic2014.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (11 de Agosto de 2015). *www.minenergia.gov.co*. *DECRETO 1623 DE 2015*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/19764302/Decreto-1623-11Ago2015.pdf/bc8bc86f-9879-46d3-beee-f5586b0e7fc0>

Ministerio de Minas y Energía. (4 de Noviembre de 2015). *www.minenergia.gov.co*. *DECRETO 2143 DE 2015*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180//23517//36862-Decreto-2143-04Nov2015.pdf>

- Ministerio de Minas y Energía. (23 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/normatividad?idNorma=47726>
- Ministerio de Minas y Energía. (2 de Agosto de 2018). *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático / Sector Minero Energético*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/normatividad?idNorma=47915>
- Munera López, M. C., & Universidad Nacional de Colombia. (2007). *Resignificar El Desarrollo. Primera Edición*. Medellín, Colombia: Coordinación editorial: Luis Fernando González Escobar.
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: (LC/G.2681-P/Rev.3).
- Neef, M. M. (1986). *Desarrollo a escala humana*. Santiago de Chile: Cepaur.
- Nogales Naharro, M. d. (2006). Desarrollo rural y desarrollo sostenible. La sostenibilidad ética. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, núm. 55., 7-42.
- Ortiz, J. D. (2013). Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala. *Revista Visión Electrónica*, año 7, núm. 1, 103-117.
- Pasqualino, J., Cabrera, C., & Vanegas Chamorro, M. (2015). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. *Prospect*, vol 13, núm. 1, 68-75.
- Pérez, T. (2014). Colombia: de la educación en emergencia hacia una educación para el posconflicto y la paz. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, vol. 7, núm. 2, 287-311.
- Pinilla Sepúlveda, Á. (2016). Soluciones energéticas para zonas rurales (¿En el posconflicto?). *Revista de Ingeniería*, núm. 44, 36-39.

- Pinto Siabato, F. (2004). Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. El caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, núm. 53, segundo semestre, 103-132.
- Posso, F., Acevedo, J., & Hernández, J. (2014). El impacto económico de las energías renovables. *Revista de investigación en administración e ingeniería*, vol. 2, núm. 2, 49-54.
- Presidencia de la República. (Septiembre de 2011). www.presidencia.gov.co. *CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA*. Obtenido de <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Documents/Constitucion-Politica-Colombia.pdf>
- Rodríguez Borges, C. G., & Sarmiento Sera, A. (2011). Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural. *Ingeniería Mecánica*, vol. 14, núm. 1, 13-21.
- Rodríguez Gámez, M., Castro Fernández, M., Vázquez Pérez, A., & Vilaragut Llanes, M. (2013). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Ingeniería Energética*, vol. 34, núm. 3, 247-259.
- Rodríguez Murcia, H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, núm. 28, 83-89.
- Rodríguez-Borges, C., & Sarmiento-Sera, A. (2015). Competitividad de los sistemas híbridos eólicos - fotovoltaicos para la electrificación rural. *Ingeniería Mecánica*, vol. 18, núm. 1, 12-22.
- Schejtman, A., & Berdegué, J. A. (2003). Desarrollo Territorial Rural. *Borrador de trabajo*. Santiago de Chile.
- Serrano, M., Pérez, D., Galvis, J., Rodríguez, M., & Correa, S. (2017). Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia. *Investigación y Ciencia*, vol. 25, núm. 71, 85-93.

SINCHI. (s.f.). *REGIÓN DE LA SELVA AMAZONICA EN COLOMBIA*.

ST Group. (23 de Julio de 2015). <http://stgroup-uruguay.blogspot.com>. Obtenido de <http://stgroup-uruguay.blogspot.com/2015/07/como-funciona-la-energia-solar.html>

Sunkel, O., & Paz, P. (1971). *El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo*. México: Ed. Siglo XXI.

Tabios III, G.Q. y Salas, J.D. (1985). A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resources Bulletin. American Water Resources Association*, 365-380.

Thiessen, A. H. (s.f.). *Poligonos de Thiessen*.

Tribunal de Cuentas Europeo. (Mayo de 2018). *Informe Especial No. 5: Energía renovable para un desarrollo rural sostenible*. Obtenido de <http://publications.europa.eu>: <http://publications.europa.eu/webpub/eca/special-reports/renewable-energy-5-2018/es/>

Universidad Nacional de Colombia; Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas. (2011). *Centro de Innovación Tecnológica con Énfasis en Energía Solar*. Medellín.

UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*.

16 ANEXOS

Anexo 1. Encuesta SSF instalados en el Departamento del Caquetá

DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ	
I. Preguntas generales	
1. ¿Qué conoce sobre energías renovables?	
2. ¿Cómo adquirió tal información?	
3. ¿Qué tipo de energía renovables está empleando en este momento?	
Solar _____ Eólica _____ Biomasa _____ Otra _____	
Cuál? _____	
II. Información de la empresa que suministra la energía eléctrica (si aplica)	
1. ¿Cuál es la empresa que le provee el suministro de energía eléctrica	
2. ¿Cuál es el costo del Kwh?	
3. ¿Cuál es el tipo de contrato que tiene con esta empresa?	
4. ¿Cuál es la potencia del sistema (generado)?	
5. ¿Cuál es el nivel de Tensión del sistema?	
6. La planta es:	
Propia _____ Concesión _____ Comodato _____	
7. Cuál es su demanda de energía KWh/mes?	
8. En que horarios funciona su operador de red?	

III. Información del sistema solar en particular que está usando y sus características

1. ¿Qué tipo de sistema solar está empleando en este momento?

Instalación solar fotovoltaica _____ Instalación solar térmica _____

Otro. ¿Cuál? _____

2. ¿Cuál es el tipo de generación solar fotovoltaica con el que cuentan actualmente?

Generación solar fotovoltaica conectada a la red _____

Generación solar fotovoltaica aislada _____

Generación solar fotovoltaica híbrida _____

Otro. ¿Cuál? _____

3. ¿Qué característica tiene el sistema solar fotovoltaico instalado?

Área instalada _____

Número de paneles _____

Potencia pico instalada _____

Cantidad de CO₂ que se deja de emitir _____

Marca de los paneles solares instalados _____

Marca del inversor _____

Otros _____

IV. Usos dados a la energía solar fotovoltaica generada

1. ¿Qué tipo de uso tiene su instalación de generación de energía solar fotovoltaica?

Urbano _____ Rural _____

Residencial _____

Comercial _____

Institucional _____

Industrial _____

Agropecuario _____

2. ¿Cuáles son las aplicaciones en las que emplea la energía solar fotovoltaica generada por el sistema instalado?

Iluminación _____

Electrodomésticos _____

Cercas Eléctricas _____

Calentador de agua _____

Bombeo _____

Alumbrado Público _____

Riego de Plantaciones _____

Otro. ¿Cuál? _____

¿Ha realizado alguna ampliación al sistema? (¿número de paneles, potencia instalada etc?)

Sí _____ No _____

Explique: _____

3. ¿Ha aumentado los consumos del sistema desde su implementación?

Sí _____ No _____

Explique: _____

4. ¿Cuántas personas hacen uso de la energía solar fotovoltaica generada?

V. Costos del sistema instalado

1. ¿Cuánto tiempo tardó la instalación del sistema solar fotovoltaico con el que cuentan?

Desde la idea hasta la decisión _____

Desde la decisión hasta la implementación _____

Tiempo que lleva usándolo _____

2. ¿Cuál fue el costo global de la instalación del sistema de generación de energía solar instalado?

3. ¿Cuánto es el tiempo de retorno de inversión proyectado para el sistema de energía solar instalado?

4. Tiene usted documentación que den cuenta de los costos de la inversión del proyecto o instalación solar FV?

Sí _____ No _____

5. ¿Contó con algún subsidio o sistema especial de financiamiento para la construcción del sistema de generación de energía solar?

6. Realiza mantenimiento al sistema?	
Sí	_____
No	_____
7. ¿Qué tipo de mantenimiento realiza?	
8. ¿Cuál es la frecuencia con la que se realiza mantenimiento al sistema?	
9. ¿Cuál es el costo del mantenimiento y operación del sistema?	
Mantenimiento correctivo	_____
Mantenimiento preventivo	_____
Costo de operación	_____
Costo de reemplazo	_____
10. ¿Cuáles considera que son las principales fallas y problemas del sistema?	
11. ¿Qué personal maneja el sistema y que formación tiene y que dificultades encuentra en el manejo?	
VI. Grado de Satisfacción	
1. ¿Está en funcionamiento el sistema actualmente?	
Sí	_____
No	_____
Por qué?	_____
2. ¿Cuál es su percepción sobre las energías renovables ahora que usa una de ellas?	

3. ¿La instalación del sistema de generación de energía solar cumplió con las expectativas que tenía?

Sí _____

No _____

Por qué? _____

4. ¿Cuáles son los principales problemas que ha tenido con el sistema de energía solar fotovoltaica?

5. ¿Cuáles son los principales resultados e impactos positivos que le ha generado el sistema de energía solar fotovoltaica?

6. Indicadores de satisfacción

Número de nuevos empleos generados con el sistema _____

Porcentaje en la reducción de costos de la energía eléctrica, combustible y otros _____

Numero de actividades de difusión de su sistema con la comunidad _____

Otros beneficios obtenidos con la implementación del sistema _____

7. ¿Ampliaría usted la capacidad instalada del sistema actual?

Sí _____

No _____

Por qué? _____

8. ¿Complementaría el sistema actual con otro tipo de energía renovable?

Sí _____

No _____

Cuál? _____
Por qué? _____
9. En una escala de 1 a 5, siendo 5 muy satisfactorio y 1 insatisfactorio, como califica su grado de satisfacción con el sistema que tiene instalado?
OTRAS OBSERVACIONES GENERALES QUE CONSIDERE IMPORTANTES: _____ _____ _____
Fecha y Hora: _____ Municipio, barrio/vereda: _____
Coordenadas: _____ Altura: _____
Lugar: _____