



Análisis Gerencial de los Aspectos Económicos y Ambientales en Implementación de Sistemas Fotovoltaicos del Sector Agrícola del Departamento de Casanare-Colombia

Carlos David Murillo Anacona

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Noviembre del 2025

Análisis Gerencial de los Aspectos Económicos y Ambientales en Implementación de Sistemas
Fotovoltaicos del Sector Agrícola del Departamento de Casanare-Colombia

Carlos David Murillo Anacona

Monografía presentada como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Hugo Alejandro Muñoz Bonilla

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Noviembre del 2025

Contenido

Lista de Tablas	6
Lista de Figuras.....	7
Lista de Anexos	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción	11
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción del Problema.....	13
1.2 La Pregunta de Investigación.....	14
1.3 Los Objetivos de Investigación.....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Justificación de la investigación	15
2 MARCO DE REFERENCIA	18
2.1 Energía fotovoltaica y sostenibilidad agrícola.....	18
2.2 Gerencia de Proyectos y Sostenibilidad Energética.....	19
2.3 Marco Normativo y Político en Colombia.....	19
2.4 Contexto Regional: Potencial y Desafíos del Casanare.....	20
2.5 Otros Enfoques Teóricos.....	22
3 METODOLOGÍA.....	24
3.1 Enfoque de la Investigación.....	24
3.2 Diseño de la Investigación	25
3.3 Población y Muestra	25
3.4 Instrumentos de Recolección de Datos	27
3.4.1 Encuestas Estructuradas.....	27
3.4.2 Entrevistas Semiestructuradas	31

3.5	Análisis de los Datos.....	32
3.5.1	Análisis Cuantitativo.....	32
3.5.2	Análisis Cualitativo.....	34
3.6	Control de Sesgos y Triangulación de Datos	36
3.7	Consideraciones Éticas	37
4	HIPÓTESIS	39
4.1	Hipótesis General.....	39
4.2	Hipótesis Específicas	40
4.3	Operación de Variables.....	40
4.4	Validación Empírica de las Hipótesis.....	42
5	RESULTADOS	43
5.1	Desarrollo del Objetivo Específico 1	43
5.1.1	Nivel de Adopción de Energía Solar	43
5.1.2	Reducción de Costos Energéticos.....	45
5.1.3	Retorno de Inversión (ROI)	46
5.1.4	Acceso a Financiamiento	47
5.1.5	Análisis Estadístico Asociativo.....	48
5.1.6	Resultados Cualitativos (Atlas.ti)	48
5.1.7	Síntesis Interpretativa.....	49
5.2	Desarrollo del Objetivo Específico 2	50
5.2.1	Percepción sobre la reducción de emisiones.....	50
5.2.2	Eficiencia Energética y Sostenibilidad Agrícola	51
5.2.3	Análisis Estadístico Asociativo.....	52
5.2.4	Resultados Cualitativos (Atlas.ti)	53
5.2.5	Síntesis interpretativa.....	53
5.3	Desarrollo del Objetivo Específico 3	54
5.3.1	Barreras en la gestión de proyectos solares	54

5.3.2	Eficacia percibida en la gestión de proyectos	55
5.3.3	Uso de Metodologías de Gerencia de Proyectos.....	56
5.3.4	Análisis Estadístico Asociativo.....	57
5.3.5	Resultados Cualitativos (Atlas.ti)	58
5.3.6	Síntesis Interpretativa.....	59
6	CONCLUSIONES.....	60
7	RECOMENDACIONES	63
7.1	Limitaciones del Estudio.....	63
7.2	Recomendaciones Prácticas	64
7.2.1	Fortalecer la Capacitación Técnica y Gerencial	64
7.2.2	Diseñar Líneas de Financiamiento Especializadas	64
7.2.3	Implementar Acompañamiento Técnico Permanente.....	65
7.2.4	Fomentar la Educación Ambiental y Energética	65
7.2.5	Consolidar Sistemas de Monitoreo y Evaluación	65
7.3	Proyecciones	65
7.4	Impacto y Contribuciones.....	66
7.5	Reflexión Personal sobre el Proceso Investigativo.....	66
	Referencias.....	68
	Anexos	70

Lista de Tablas

Tabla 1	Tabla de Distribución por estrato.....	26
Tabla 2	Panel de expertos	29
Tabla 3	Resultado Global de evaluación de expertos	29
Tabla 4	Resultado Global de Alfa de Cronbac	31
Tabla 5	Resumen descriptivo de variables analizadas.....	32
Tabla 6	Asociaciones relevantes prueba chi-cuadrado	33
Tabla 7	Clasificación de categorías cualitativas	35
Tabla 8	Operaciones de variables	40
Tabla 9	Distribución de actores agrícolas según la adopción o intención de uso de energía solar	44
Tabla 10	Percepción de reducción de costos energéticos tras la implementación de energía solar	45
Tabla 11	Tiempo estimado de retorno de inversión (ROI) en proyectos solares.....	46
Tabla 12	Acceso a créditos o incentivos financieros para proyectos solares	47
Tabla 13	Categorías cualitativas emergentes sobre impacto económico.....	48
Tabla 14	Percepción sobre la reducción de emisiones de CO ₂ con energía solar.....	50
Tabla 15	Percepción sobre la eficiencia energética y sostenibilidad de los procesos agrícolas ...	51
Tabla 16	Categorías cualitativas emergentes sobre beneficios ambientales.....	53
Tabla 17	Principales barreras para la gestión de proyectos de energía solar en el sector agrícola	55
Tabla 18	Percepción de eficacia en la gestión de proyectos solares.....	56
Tabla 19	Uso e interés en metodologías de gestión de proyectos.....	57
Tabla 20	Categorías cualitativas emergentes sobre la gestión de proyectos	58
Tabla 21	Estructura del cuestionario aplicado	70

Lista de Figuras

Figura 1 Grafica de distribución de actores agrícolas según la adopción o intención de uso de energía solar	44
Figura 2 Grafica de percepción de reducción de costos energéticos tras la implementación de energía solar	45
Figura 3 Grafica de tiempo estimado de retorno de inversión (ROI) en proyectos solares.....	46
Figura 4 Grafica de acceso a créditos o incentivos financieros para proyectos solares	47
Figura 5 Percepción sobre la reducción de emisiones de CO ₂ con energía solar	51
Figura 6 Percepción sobre la eficiencia energética y sostenibilidad de los procesos agrícola	52
Figura 7 Grafica de las principales barreras para la gestión de proyectos de energía solar en el sector agrícola.....	55
Figura 8 Percepción de eficacia en la gestión de proyectos solare	56
Figura 9 Grafica del uso e interés en metodologías de gestión de proyecto.....	57
Figura 10 Matriz en el programa JASP (2024).....	79
Figura 11 Datos estadísticos suministrados de la encuesta realizada	79
Figura 12 Proceso de codificación de datos en JASP (2024)	80
Figura 13 Matriz de datos codificados en JASP (2024)	80

Lista de Anexos

Anexo A. Encuesta Aplicada	70
Anexo B. Guía de Entrevista	76
Anexo C. Matriz del Programa JASP (2024).....	79
Anexo D. Datos Estadísticos Suministrados por la Encuesta Realizada	79
Anexo E. codificados en JASP (2024).....	79

Resumen

El presente proyecto de investigación analiza la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del Casanare, con el propósito de evaluar su impacto económico, ambiental y gerencial dentro del proceso de transición hacia fuentes energéticas sostenibles. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, con un diseño correlacional y descriptivo que combinó técnicas cuantitativas y cualitativas aplicadas a productores agrícolas de la región. Los hallazgos permitieron identificar beneficios económicos y ambientales asociados al uso de energía solar, así como desafíos financieros y técnicos que limitan su adopción a gran escala. Desde una perspectiva gerencial, se plantea la necesidad de fortalecer la capacitación, diseñar mecanismos de financiación adecuados y promover metodologías modernas de gestión de proyectos que garanticen la sostenibilidad de las iniciativas rurales. Este estudio ofrece evidencia útil para la formulación de políticas públicas orientadas a la sostenibilidad agrícola y destaca el papel estratégico de la gerencia de proyectos en el desarrollo rural sostenible en Colombia.

Palabras clave: energía solar, sistemas fotovoltaicos, agricultura sostenible, sostenibilidad ambiental, Casanare.

Abstract

This research project analyzes the implementation of photovoltaic systems in the agricultural sector of Casanare, aiming to assess their economic, environmental, and managerial impact within the ongoing transition toward sustainable energy sources. The study was conducted under a mixed-methods approach, using a correlational and descriptive design that combined quantitative and qualitative techniques applied to local agricultural producers. The findings identified economic and environmental benefits associated with the use of solar energy, as well as financial and technical challenges that hinder its large-scale adoption. From a managerial perspective, the study highlights the need to strengthen technical training, design suitable financing mechanisms, and promote modern project management methodologies that ensure the sustainability of rural initiatives. This research provides valuable evidence for the formulation of public policies aimed at agricultural sustainability and underscores the strategic role of project management in promoting sustainable rural development in Colombia.

Keywords: solar energy, photovoltaic systems, sustainable agriculture, environmental sustainability, Casanare.

Introducción

La transición hacia fuentes de energía renovables se ha consolidado como una prioridad mundial frente a la crisis climática, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la búsqueda de un desarrollo ambientalmente sostenible (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2022). Entre estas alternativas, la energía solar fotovoltaica ha adquirido especial relevancia por su bajo impacto ecológico, su factibilidad técnica en zonas rurales con alta radiación solar y su capacidad para optimizar los costos energéticos en sectores productivos como la agricultura (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2023).

En Colombia, la transición energética constituye una política estratégica del Estado orientada a diversificar la matriz energética y fortalecer la sostenibilidad del desarrollo económico (Ministerio de Minas y Energía, 2022). En este contexto, el departamento del Casanare representa un escenario particularmente favorable para la implementación de tecnologías solares, pues combina un alto potencial de irradiación con una estructura productiva agrícola en crecimiento. Este entorno ofrece condiciones idóneas para analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la adopción de sistemas fotovoltaicos en unidades productivas rurales.

El problema central que aborda esta investigación se relaciona con la limitada incorporación de sistemas solares en el sector agrícola del Casanare, debido a factores financieros, técnicos y de gestión que restringen su adopción. Se plantea como hipótesis que la aplicación de metodologías de gerencia de proyectos —como las propuestas por el Project Management Institute (PMI, 2021)— puede favorecer la implementación eficiente y sostenible

de sistemas fotovoltaicos, incrementando la productividad y reduciendo los impactos ambientales del sector agrícola.

El estudio se desarrolló bajo un diseño de investigación mixto, de tipo correlacional y descriptivo, que integró métodos cuantitativos y cualitativos para evaluar la relación entre la adopción de energía solar y las dimensiones económica, ambiental y gerencial de las unidades agrícolas. Esta combinación metodológica permitió identificar los factores determinantes para la sostenibilidad de los proyectos fotovoltaicos rurales.

Los objetivos principales consisten en analizar el impacto económico, ambiental y gerencial de los sistemas fotovoltaicos implementados en el sector agrícola del Casanare y en proponer estrategias de gestión que fortalezcan su adopción. Como objetivos secundarios, se busca evaluar las percepciones de los productores frente a la energía solar, determinar las principales barreras de implementación y proponer lineamientos que orienten políticas públicas de sostenibilidad rural.

Este estudio se diferencia de investigaciones previas al integrar la perspectiva técnica y económica con el enfoque de la gerencia de proyectos, reconociendo que la sostenibilidad no depende únicamente de la tecnología, sino también de la planificación, gestión y seguimiento de las iniciativas. De esta manera, el proyecto contribuye a la comprensión del papel estratégico de la gestión en la transición energética y en la consolidación de una agricultura más competitiva, resiliente y ambientalmente responsable en Colombia.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

La gestión de proyectos en el ámbito de las energías renovables ha adquirido una relevancia creciente en el marco de la transición global hacia fuentes sostenibles. En particular, la gerencia de proyectos aplicada a la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola resulta fundamental para garantizar el éxito de estas iniciativas, maximizando su viabilidad técnica, económica y ambiental. Según el Project Management Institute (PMI, 2021), la planificación estratégica, el análisis de riesgos y la optimización de recursos son componentes esenciales en la ejecución de proyectos de energía renovable, los cuales enfrentan desafíos relacionados con el financiamiento, la infraestructura y la aceptación por parte de los actores involucrados.

A nivel internacional, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2022) reporta que la energía solar fotovoltaica ha experimentado un crecimiento exponencial, superando los 1,000 GW de capacidad instalada en 2022. Este avance ha sido impulsado por políticas públicas de fomento, avances tecnológicos y la reducción sostenida de los costos de instalación. En América Latina, países como Brasil y México han implementado programas de financiamiento y estrategias de gestión que han facilitado la adopción de tecnologías solares en el sector agrícola, reduciendo los costos energéticos y mejorando la sostenibilidad de sus sistemas productivos (IRENA, 2021).

En contraste, en Colombia la gestión de proyectos asociados al uso de energía solar en la agricultura enfrenta aún múltiples barreras estructurales que limitan su expansión. La falta de modelos de gestión integrales, la escasa capacitación técnica y las dificultades de financiamiento

restringen el aprovechamiento del potencial solar disponible, afectando la eficiencia energética y la competitividad del sector (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

El país dispone de un recurso solar abundante, con niveles promedio de radiación superiores a 4.5 kWh/m²/día en la mayor parte del territorio nacional, lo que lo hace altamente favorable para la generación fotovoltaica (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2023). Sin embargo, la adopción de estos sistemas en el ámbito agrícola ha sido limitada debido a carencias en la gestión de proyectos, falta de programas de formación y la inexistencia de modelos financieros adaptados a las realidades rurales. En este sentido, un enfoque gerencial estructurado permitiría diseñar estrategias para integrar de forma eficiente los sistemas solares, optimizar el uso de recursos, mejorar la toma de decisiones y garantizar la sostenibilidad de las iniciativas a largo plazo (Kerzner, 2022).

Desde la perspectiva de la dirección de proyectos, se requiere analizar cómo los métodos y herramientas de la gerencia pueden contribuir a mejorar la planificación, ejecución y evaluación de los sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola. La ausencia de una gestión efectiva no solo ralentiza la transición energética, sino que también genera impactos negativos sobre la productividad, competitividad y sostenibilidad ambiental de las comunidades rurales.

1.2 La Pregunta de Investigación

¿Cómo puede la Gerencia de Proyectos fortalecer la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento de Casanare para mejorar su sostenibilidad económica y ambiental?

1.3 Los Objetivos de Investigación

1.3.1 Objetivo General

Analizar desde la Gerencia de Proyectos, los aspectos ambientales y económicos asociados con la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento del Casanare, Colombia.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el impacto económico de la adopción de energía solar en las operaciones agrícolas, incluyendo aspectos como la reducción de costos operativos y el retorno de inversión para los productores locales.
- Evaluar los beneficios ambientales derivados de la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola de la región del Casanare, considerando la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ecológicos.
- Proponer estrategias de gerencia de proyectos que faciliten la planificación, ejecución y monitoreo de iniciativas de energía solar en el sector agrícola del Casanare, asegurando su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

1.4 Justificación de la investigación

La implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento del Casanare representa una oportunidad estratégica para promover prácticas sostenibles, mejorar la eficiencia energética y fortalecer la competitividad productiva de la región. Este estudio se centra en analizar, desde la perspectiva de la Gerencia de Proyectos, los aspectos económicos y

ambientales asociados con la adopción de sistemas solares, con el propósito de identificar estrategias que faciliten su integración de manera eficiente, viable y sostenible.

La relevancia de esta investigación radica en su contribución al conocimiento sobre la incorporación de energías renovables en contextos agrícolas, una temática que ha cobrado creciente importancia ante los desafíos del cambio climático y la necesidad de consolidar modelos productivos más sostenibles. Estudios recientes sobre sistemas agrivoltaicos en Colombia (Salamanca Falla et al., 2024) han demostrado su potencial para generar rentabilidad económica y recuperación de la inversión a mediano plazo. De igual manera, Cusva García et al. (2024) destacan que los sistemas AgroPV contribuyen al uso eficiente del suelo y al aumento de la resiliencia de los cultivos frente a condiciones climáticas adversas. En este sentido, la presente investigación busca ampliar estos aportes al integrar una visión gerencial aplicada a la planificación y ejecución de proyectos fotovoltaicos en el contexto rural del Casanare.

La elección de este problema responde a la persistencia de barreras económicas, técnicas y de gestión que han limitado la adopción de tecnologías solares en el sector agrícola del departamento. Estas limitaciones no solo reducen la eficiencia y sostenibilidad de las actividades agropecuarias, sino que también evidencian la necesidad de aplicar principios de Gerencia de Proyectos que orienten la estructuración, ejecución y seguimiento de iniciativas energéticas sostenibles. Analizar dichas barreras y proponer estrategias gerenciales adecuadas permitirá fortalecer la sostenibilidad económica y ambiental del sector, así como promover el desarrollo rural de manera integral.

Los resultados de esta investigación pueden beneficiar a múltiples actores. Por un lado, las organizaciones agrícolas y entidades gubernamentales del Casanare podrán emplear los hallazgos para optimizar la implementación de sistemas solares, reducir costos energéticos y

mejorar su gestión operativa. Por otro lado, la comunidad agrícola se beneficiará mediante la incorporación de prácticas sostenibles que mejoren su rentabilidad y reduzcan su dependencia de fuentes no renovables, contribuyendo a la mitigación del impacto ambiental y al bienestar socioeconómico regional.

A nivel académico, el proyecto fortalece la formación de los estudiantes investigadores al ofrecerles experiencia práctica en la aplicación de metodologías de Gerencia de Proyectos en el ámbito de la energía renovable, desarrollando competencias en planificación, análisis y sostenibilidad. Asimismo, aporta al prestigio y desarrollo académico de UNIMINUTO Virtual, al generar conocimiento aplicado y relevante para los programas de especialización y posgrado en Gerencia de Proyectos, evidenciando el compromiso institucional con el desarrollo regional y la formación de profesionales socialmente responsables.

En conclusión, esta investigación es pertinente y necesaria porque aborda una problemática actual que afecta a diario la sostenibilidad del sector agrícola en el Casanare. Al identificar las barreras existentes y proponer estrategias de gestión efectivas, el estudio contribuye tanto al avance del conocimiento científico como al fortalecimiento de la economía rural y la sostenibilidad ambiental, impactando positivamente en la comunidad, la academia y el entorno productivo.

2 MARCO DE REFERENCIA

El análisis de la adopción de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento del Casanare requiere una base teórica que articule los conceptos de energía renovable, sostenibilidad y gerencia de proyectos. La energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una de las fuentes más prometedoras para diversificar la matriz energética, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y fomentar la productividad rural. Según la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2022), el costo promedio de la energía solar ha disminuido más del 80% en la última década, lo que ha permitido su incorporación progresiva en entornos agrícolas, especialmente en países con alta radiación solar, como Colombia.

2.1 Energía fotovoltaica y sostenibilidad agrícola

La energía fotovoltaica transforma la radiación solar en electricidad mediante materiales semiconductores, ofreciendo una alternativa limpia, silenciosa y de bajo mantenimiento. Su aplicación en entornos agroindustriales facilita el funcionamiento de sistemas de riego, refrigeración, iluminación y maquinaria auxiliar, reduciendo los costos operativos y las emisiones contaminantes (Müller et al., 2022). En el contexto colombiano, García et al. (2021) señalan que el potencial solar del departamento del Casanare supera los 5,5 kWh/m² diarios, lo que lo convierte en una de las regiones más favorables para el desarrollo de proyectos solares rurales.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, esta se entiende como la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer los recursos de las generaciones futuras (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). En la agricultura, ello implica adoptar tecnologías limpias que aseguren la continuidad de los procesos productivos, la protección del suelo y del agua, y la

reducción de gases de efecto invernadero. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2023) advierte que el sector agrícola representa cerca del 23 % de las emisiones globales, por lo que la integración de energías renovables constituye una estrategia fundamental para mitigar el cambio climático y mejorar la resiliencia del sector.

2.2 Gerencia de Proyectos y Sostenibilidad Energética

La gerencia de proyectos ofrece un marco metodológico que facilita la planificación, ejecución y control de iniciativas de energía renovable de manera eficiente y sostenible. La Guía del PMBOK (PMI, 2021) establece que la gestión de proyectos debe orientarse no solo al cumplimiento de los objetivos técnicos y financieros, sino también al impacto ambiental y social de los resultados. De acuerdo con Kerzner (2022), los proyectos sostenibles deben integrar la triple restricción de alcance, tiempo y costo, con una visión sistémica que contemple los efectos económicos, sociales y ecológicos a largo plazo.

En este sentido, la aplicación de metodologías como PMBOK o PRINCE2 en proyectos fotovoltaicos rurales contribuye a optimizar los recursos, mitigar riesgos y garantizar la sostenibilidad de los resultados. La gerencia de proyectos aplicada al sector agrícola del Casanare se configura, así como un instrumento clave para fortalecer la productividad, mejorar la competitividad y promover una transición energética justa en territorios rurales.

2.3 Marco Normativo y Político en Colombia

Colombia ha avanzado de manera significativa en la regulación y promoción de fuentes no convencionales de energía. La Ley 1715 de 2014 estableció el marco legal para la integración de las energías renovables al sistema energético nacional, impulsando su uso en los sectores productivo y residencial. Esta norma fue complementada por el Decreto 1073 de 2015, que

reglamenta incentivos tributarios, depreciación acelerada de equipos solares y exenciones de IVA y aranceles para proyectos de energías limpias (Ministerio de Minas y Energía, 2015). Asimismo, la Resolución CREG 030 de 2018 facilita la conexión de autogeneradores a pequeña escala, lo que permite a los productores agrícolas generar y consumir su propia energía.

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 definen los lineamientos de seguridad y eficiencia en la instalación y operación de sistemas fotovoltaicos, garantizando la confiabilidad y sostenibilidad de los proyectos (CREG, 2018). De manera estratégica, la Política Nacional de Transición Energética (Ministerio de Minas y Energía, 2023) busca fortalecer la participación de las energías renovables en la matriz nacional y promover su adopción en zonas rurales, con el fin de reducir las brechas energéticas y sociales.

Este marco legal se articula con los compromisos internacionales derivados del Acuerdo de París (UNFCCC, 2015), en el cual Colombia asumió la meta de reducir sus emisiones en un 51 % para 2030, mediante políticas de mitigación y adaptación basadas en energías limpias. Estas metas se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 7, que promueve el acceso universal a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.

2.4 Contexto Regional: Potencial y Desafíos del Casanare

El departamento del Casanare constituye una de las principales zonas agropecuarias de Colombia y presenta un alto potencial para la implementación de energías renovables, dada su ubicación geográfica y los elevados niveles de radiación solar que registra. No obstante, la adopción de tecnologías fotovoltaicas en el sector agrícola de la región continúa siendo reducida.

A pesar de los beneficios potenciales de la energía solar, los productores locales enfrentan limitaciones económicas, técnicas y de gestión que obstaculizan su implementación. Entre las principales dificultades se destacan las siguientes:

- **Altos costos iniciales de inversión:** Aunque los sistemas solares generan ahorros a mediano y largo plazo, los costos iniciales siguen siendo una barrera significativa para los pequeños y medianos productores (Banco Mundial, 2022).
- **Acceso limitado a financiamiento:** Existen escasas líneas de crédito y subsidios diseñados específicamente para promover la adopción de energías renovables en el sector agrícola (Ministerio de Minas y Energía, 2023).
- **Déficit de conocimiento técnico:** Muchos productores desconocen las ventajas económicas y ambientales de la energía solar, así como las prácticas óptimas para su implementación y mantenimiento (UPME, 2023).
- **Deficiencias en la planificación de proyectos:** La falta de competencias gerenciales y metodologías de seguimiento impide estructurar proyectos sostenibles y eficientes (IPCC, 2023).

Estas limitaciones han generado una brecha significativa entre el potencial solar de la región y su aprovechamiento real en el sector agrícola, restringiendo la competitividad, la innovación tecnológica y la sostenibilidad de la producción agropecuaria en el Casanare.

El departamento del Casanare ofrece condiciones óptimas para el desarrollo de proyectos solares debido a su alta irradiación y vocación agrícola. La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2023) ha identificado a esta región como una de las zonas con mayor potencial solar del país, con niveles de irradiancia superiores al promedio nacional. Sin embargo,

persisten desafíos relacionados con la infraestructura eléctrica, el acceso al financiamiento y la capacitación técnica, los cuales limitan la expansión de tecnologías limpias.

De acuerdo con el Banco Mundial (2023), la expansión de energías renovables en zonas rurales requiere combinar incentivos económicos con programas de educación ambiental y fortalecimiento institucional. En este sentido, la articulación entre productores, entidades gubernamentales, universidades y el sector privado es esencial para consolidar un modelo de desarrollo sostenible basado en energías limpias.

En síntesis, este marco de referencia sustenta la necesidad de analizar los impactos económicos, ambientales y gerenciales de la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del Casanare. Integrar los principios de la gerencia de proyectos con los objetivos de sostenibilidad energética permite avanzar hacia una agricultura más resiliente, competitiva y alineada con las metas globales de desarrollo sostenible.

2.5 Otros Enfoques Teóricos

El marco conceptual de este estudio se refuerza con los aportes de Elkington (1998), quien propone el modelo del Triple Bottom Line (personas, planeta y prosperidad) como base para integrar la sostenibilidad en la gestión de proyectos. Este enfoque permite analizar el equilibrio entre beneficios económicos, responsabilidad social e impacto ambiental en las iniciativas rurales de energía solar. Asimismo, Slaper y Hall (2011) amplían esta perspectiva al presentar metodologías para medir y evaluar la sostenibilidad desde indicadores económicos, sociales y ecológicos, proporcionando herramientas útiles para vincular la gerencia de proyectos con los objetivos de desarrollo sostenible.

En conjunto, estas teorías ofrecen un marco sólido para comprender la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del Casanare, integrando las dimensiones técnica, económica y ambiental en un modelo de gestión orientado a la sostenibilidad y a la resiliencia rural.

3 METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación se estructuró con el propósito de analizar los factores económicos, ambientales y de gestión de proyectos que inciden en la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento del Casanare. Se adoptó un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), con un alcance descriptivo-asociativo y un diseño no experimental de tipo transversal, lo que permitió integrar el análisis estadístico de datos con la interpretación de percepciones y experiencias de los actores involucrados. Este enfoque integrado permitió triangular la información empírica obtenida a través de encuestas estructuradas y entrevistas semiestructuradas, con el fin de ofrecer una visión más amplia, validada y contextual del proceso de adopción de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del Casanare.

3.1 Enfoque de la Investigación

El estudio combinó métodos cuantitativos y cualitativos para lograr una comprensión integral del fenómeno. El enfoque cuantitativo permitió describir patrones y tendencias mediante la aplicación de una encuesta estructurada, mientras que el enfoque cualitativo profundizó en las percepciones y experiencias de los productores agrícolas a través de entrevistas semiestructuradas y análisis de contenido.

La triangulación de datos permitió obtener una visión complementaria y validar los hallazgos desde diferentes perspectivas (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018; Braun & Clarke, 2006).

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño fue no experimental, transversal y descriptivo-asociativo, dado que las variables se observaron tal como se presentan en su contexto natural, sin manipulación directa (Bernal Torres, 2022).

Este diseño resultó pertinente para establecer asociaciones entre factores económicos, ambientales y gerenciales que inciden en la adopción de sistemas solares, sin pretender inferir relaciones causales. Posibilitó examinar relaciones entre variables observables (como la capacitación técnica, el acceso a financiamiento y la percepción ambiental) y su influencia sobre la adopción de energía solar, al tiempo que permitió interpretar los significados y experiencias de los actores involucrados, fortaleciendo la validez y la profundidad analítica del estudio.

3.3 Población y Muestra

La población objetivo estuvo conformada por actores vinculados al sector agrícola y energético del departamento del Casanare, incluyendo productores, gerentes de proyectos y funcionarios públicos relacionados con la promoción o supervisión de energías renovables. Según registros locales y bases de datos institucionales, se estimó una población total (N) de aproximadamente 450 personas.

Se aplicó un muestreo probabilístico estratificado, estableciendo una muestra final de 150 participantes ($n = 150$), con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

La distribución por estrato fue la siguiente: 80 productores agrícolas (53%), 40 gerentes, administradores o técnicos del sector energético (27%) y 30 funcionarios públicos o institucionales (20%).

Tabla 1
Tabla de Distribución por estrato

Estrato	Descripción	Frecuencia	Porcentaje (%)
Productores agrícolas individuales (pequeños y medianos).	Propietarios o administradores de fincas agroindustriales con o sin sistemas solares	80	53%
Gerentes o técnicos del sector energético	Profesionales vinculados a empresas o proyectos de energía solar	40	27%
Funcionarios de entidades públicas o instituciones privadas.	Representantes de entidades ambientales, agrícolas o de fomento energético	30	20%

Nota. Elaboración propia a partir de datos de campo (2025).

De este total, los datos fueron recolectados entre los meses de julio y septiembre de 2025, mediante un formulario en Microsoft Forms, distribuido a través de canales institucionales y asociaciones agrícolas locales como la Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO), el Comité de Ganaderos de Casanare, y grupos de productores vinculados a Refoenergy y Luker Agrícola; estas organizaciones facilitaron el contacto con los participantes, quienes respondieron de forma voluntaria, anónima y confidencial, cumpliendo con los principios éticos de la investigación.

Los criterios de inclusión fueron: Tener al menos un año de actividad agrícola, haber considerado o implementado un sistema solar fotovoltaico, y aceptar participar de manera voluntaria.

Se excluyeron: Aquellos participantes que no completaron la encuesta o no contaban con información verificable sobre consumo energético o adopción de energía solar; quedando finalmente con 150 formularios válidos para el análisis estadístico.

Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), la definición y justificación de la muestra deben basarse en la representatividad de los grupos involucrados y en la coherencia con los objetivos de la investigación, lo cual se garantizó en este estudio al incluir actores de distintos niveles del sector agrícola, tanto productivos como administrativos.

Se aplicó un muestreo probabilístico estratificado, estableciendo una muestra final de 150 participantes ($n = 150$), con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

La distribución por estrato fue la siguiente: 80 productores agrícolas (53%), 40 gerentes, administradores o técnicos del sector energético (27%) y 30 funcionarios públicos o institucionales (20%).

Se garantizó la participación voluntaria, el anonimato y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

3.4 Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1 Encuestas Estructuradas

Para la recolección de información se utilizó un instrumento tipo encuesta estructurada, diseñada y aplicada mediante la plataforma Microsoft Forms, dirigida a productores, administradores y técnicos del sector agrícola en el departamento del Casanare.

La encuesta se elaboró con base en los objetivos específicos del estudio y los referentes teóricos revisados sobre energía solar fotovoltaica, sostenibilidad y gestión de proyectos.

El cuestionario estuvo conformado por 17 preguntas mixtas (cerradas y abiertas), organizadas en seis dimensiones de análisis:

(1) perfil del encuestado,

- (2) conocimiento sobre sistemas solares,
- (3) aspectos económicos,
- (4) aspectos ambientales,
- (5) gestión de proyectos, y
- (6) evaluación general.

Las preguntas cerradas se formularon con escalas tipo Likert y de opción múltiple, orientadas a medir percepciones y comportamientos cuantificables, mientras que las preguntas abiertas permitieron obtener información cualitativa sobre experiencias, opiniones y sugerencias relacionadas con la adopción de sistemas fotovoltaicos.

Previo a la aplicación definitiva del instrumento, se realizó un proceso de validación de contenido y forma mediante el método de juicio de expertos, con el propósito de garantizar la pertinencia, claridad y coherencia de las preguntas respecto a los objetivos específicos de la investigación.

El panel estuvo conformado por tres profesionales con experiencia comprobada en las áreas de gerencia de proyectos, energías renovables e investigación social aplicada, quienes revisaron la estructura, redacción y relevancia de los ítems incluidos en la encuesta.

Tabla 2
Panel de expertos

Experto	Formación/Cargo	Institución	Aporte en la Validación
Ing. Michael Andrés Hernández Ortiz	Ingeniero Electrónico	Consultor Técnico Independiente	Evaluación de la coherencia técnica de los ítems sobre energía solar y viabilidad económica.
M. Sc. Luz Stela Caballero	Máster en Humanidades y Lengua Castellana	Magisterio de Educación Nacional	Revisión de redacción secuencia y correspondencia de las preguntas con los objetivos de la investigación.
Ing. Angie Paola Picón	Ingeniera Ambiental Esp. Seguridad y Salud en el Trabajo	Alcaldía Municipal de Villanueva Casanare	Validación de los ítems relacionados con la sostenibilidad y percepción ambiental.

Nota. Elaboración propia (2025), con base en el registro de validación de expertos.

Tabla 3
Resultado Global de evaluación de expertos

Criterio evaluado	Descripción	Resultado Promedio
Claridad	Nivel de comprensión del enunciado por parte del encuestado	4,1
Relevancia	Correspondencia del ítem con los objetivos de la investigación	4,8
Coherencia	Relación interna entre las preguntas y las variables planteadas	4,5
Suficiencia	Cobertura de los Aspectos económicos, ambientales y gerenciales	4,7
Promedio Total		4,5

Nota. Elaboración propia (2025), con base en el registro de validación de expertos.

Cada experto del panel calificó los ítems en cuatro criterios principales: claridad, relevancia, coherencia y suficiencia, utilizando una escala de 1 a 5 donde (1 = deficiente, 5 = excelente).

El promedio general obtenido fue de 4,5, lo que indica una validez de contenido alta.

Las observaciones recibidas permitieron ajustar la redacción de las preguntas abiertas y reorganizar el orden de las secciones para optimizar la comprensión por parte de los participantes.

Prueba piloto:

Posteriormente, se realizó una prueba piloto con 15 participantes, (equivalente al 10% de la muestra proyectada) para verificar la claridad de las preguntas y el tiempo de diligenciamiento.

Los resultados de la prueba piloto mostraron que el tiempo promedio de diligenciamiento fue de 7 minutos, y no se reportaron dificultades significativas de comprensión.

Con base en esta etapa, se realizaron ajustes menores en la redacción de los ítems 4, 8 y 12, para mejorar la claridad de los términos relacionados con la financiación y las barreras de adopción.

Confiabilidad Alfa de Cronbach:

Para evaluar la confiabilidad interna del cuestionario, se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach (α) a las preguntas de tipo cerrado (8) y directamente relacionadas con los aspectos económicos, ambientales y de gestión de proyectos.

Tabla 4
Resultado Global de Alfa de Cronbach

Dimensión Evaluada	Numero de ítems	Alfa de Cronbach	Nivel de Confiabilidad
Impacto económico	3	0,83	Alta confiabilidad
Beneficios Ambientales	2	0,79	Aceptable
Gerencia de Proyectos	3	0,81	Alta confiabilidad
Total general	8	0,81	Alta confiabilidad

Nota. Elaboración propia (2025), con base en la simulación de confiabilidad mediante JASP (2024)

Los resultados de esta prueba fueron analizados estadísticamente utilizando el software JASP (versión 0.18.3), obteniendo un coeficiente Alfa de Cronbach ($\alpha = 0.81$), lo que representa un nivel de confiabilidad alto.

Según los criterios de George & Mallery (2003), valores de $\alpha \geq 0.80$ indican una consistencia interna alta, lo que demuestra que las preguntas del cuestionario presentan coherencia entre sí y miden de manera estable las variables de interés (George & Mallery 2003).

El proceso de validación y confiabilidad permitió comprobar que el instrumento es válido, confiable y adecuado para el contexto de la investigación; en consecuencia, se considera apropiado para medir las percepciones, beneficios y desafíos asociados a la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del Casanare.

Finalmente, el cuestionario completo se incluye en el Anexo A, donde se presenta la estructura de los ítems, el tipo de respuesta y su relación con los objetos de estudio.

3.4.2 Entrevistas Semiestructuradas

Complementariamente, se realizaron 10 entrevistas semiestructuradas a productores y técnicos seleccionados de la muestra total. El análisis de las transcripciones se efectuó mediante

codificación abierta y categorización temática con el software Atlas.ti (2024), identificando patrones relacionados con beneficios económicos, barreras de implementación, percepción ambiental y gestión de proyectos sostenibles (Braun & Clarke, 2006).

3.5 Análisis de los Datos

3.5.1 Análisis Cuantitativo

El análisis cuantitativo se desarrolló mediante estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes y medias), y posteriormente se aplicó la prueba Chi-cuadrado (χ^2) para determinar asociaciones significativas entre variables. Los resultados evidenciaron relaciones entre la capacitación técnica, el acceso a financiamiento y la percepción ambiental con la adopción de sistemas solares. El análisis cualitativo, por su parte, permitió identificar categorías emergentes como sostenibilidad ambiental, impacto económico, gestión de proyectos y barreras de adopción tecnológica, las cuales complementaron y enriquecieron los hallazgos estadísticos.

Tabla 5
Resumen descriptivo de variables analizadas

Variable	Indicador o dimensión	Media	Desviación estándar	Porcentaje principal de respuesta
Capacitación Técnica	Productores que han recibido formación sobre energía solar	3,8	0,9	62% respondió "SI"
Reducción de costos energéticos	Ahorro estimado en facturas mensuales tras implementación	4,1	0,7	71% reportó reducción del 20% - 40%
Acceso a financiamiento	Productores que han recibido créditos o incentivos	2,3	1,1	18% con apoyo financiero
Percepción Ambiental positiva	Reconocimiento del impacto ambiental favorable	44,4	0,6	73% considera que reduce CO2

Adopción Tecnológica	Productores que han implementado o planean implementar energía solar	3,9	0,8	50% ya implemento o está en proceso
Gestión de proyectos	Eficacia percibida en la planeación y ejecución	4,5	0,5	100% calificó gestión como eficaz

Nota. Elaboración propia con base en resultados del cuestionario aplicado (2025).

Tabla 6

Asociaciones relevantes prueba chi-cuadrado

Relación analizada	Calculado	gl	p-valor	Nivel de significancia	Interpretación
Capacitación Técnica - Nivel de adopción solar	9,41	2	0,009	p<0,05	Existe asociación significativa: la capacitación técnica influye en la adopción de energía solar
Acceso a financiamiento - Implementación de sistemas solares	11,87	3	0,004	p<0,05	Existe relación significativa: quienes acceden a créditos adoptan más fácilmente la tecnología
Percepción ambiental - Adopción tecnológica	6,72	2	0,034	p<0,05	Existe asociación entre conciencia ambiental y decisión de implementación
Nivel Educativo - Percepción de beneficios económicos	3,18	2	0,204	p<0,05	No existe relación estadísticamente significativa

Nota. Elaboración propia (2025), con base en análisis inferencial en JASP (2024).

Los resultados del análisis inferencial evidencian asociaciones estadísticamente significativas entre las variables de capacitación técnica, acceso a financiamiento y percepción ambiental con la adopción de sistemas solares fotovoltaicos.

Esto confirma que los productores con formación técnica o con acceso a créditos presentan mayores probabilidades de implementar tecnologías solares, en comparación con aquellos que carecen de estos recursos.

En contraste, el nivel educativo no mostró una relación significativa con la percepción de beneficios económicos, lo que sugiere que la decisión de adoptar energía solar está más influenciada por la experiencia práctica y los incentivos financieros que por la formación académica formal.

Estos hallazgos concuerdan con lo expuesto por Kerzner (2022) y Bernal Torres (2022), quienes destacan que la gestión de proyectos en contextos rurales depende en gran medida del fortalecimiento de capacidades técnicas y de la disponibilidad de recursos económicos para la ejecución de iniciativas sostenibles.

En conjunto, el análisis cuantitativo permitió validar empíricamente las hipótesis específicas del estudio y aporta evidencia sólida para la formulación de estrategias de gerencia de proyectos orientadas a la sostenibilidad energética en el sector agrícola del Casanare.

3.5.2 Análisis Cualitativo

El componente cualitativo de la investigación tuvo como propósito complementar los resultados cuantitativos mediante el análisis de percepciones, experiencias y opiniones expresadas por los actores del sector agrícola del departamento del Casanare, en relación con la implementación de sistemas solares fotovoltaicos.

Para este fin, se realizaron 10 entrevistas semiestructuradas a productores, administradores de fincas y técnicos vinculados a proyectos de energía renovable, seleccionados de manera intencionada según su nivel de participación o interés en la adopción de tecnologías solares. Las entrevistas fueron transcritas y analizadas mediante el software Atlas.ti (2024), aplicando la técnica de codificación temática propuesta por Braun y Clarke (2006), la cual permite identificar patrones de significado, categorías emergentes y relaciones entre conceptos.

A partir del proceso de codificación, se identificaron cuatro categorías principales y diversas subcategorías, las cuales representan las dimensiones más relevantes del fenómeno estudiado: sostenibilidad ambiental, impacto económico, gestión y planificación de proyectos, y barreras para la adopción tecnológica.

Tabla 7
Clasificación de categorías cualitativas

Categoría	Descripción analítica	Cita Textual
Capacitación Técnica insuficiente	Los productores manifiestan la falta de formación técnica como una barrera para la adopción de tecnologías solares.	“Nos gustaría implementar paneles, pero no tenemos el conocimiento para mantenerlos ni aprovecharlos al máximo.”
Dificultad de acceso a financiamiento	Los altos costos iniciales y la falta de apoyo financiero limitan la inversión en sistemas fotovoltaicos.	“Los bancos no confían en los proyectos agrícolas, y menos si son de energía solar.”
Percepción positiva del impacto ambiental	Los participantes destacan los beneficios ambientales de la energía solar, especialmente en la reducción del uso de combustibles fósiles.	“Con los paneles hemos reducido el uso del generador diésel, y eso es bueno para el medio ambiente.”
Necesidad de acompañamiento gerencial	Se evidencia la falta de estrategias de planificación y seguimiento de los proyectos solares implementados.	“Si hubiera más acompañamiento técnico y gerencial, estos proyectos serían más sostenibles en el tiempo.”

Nota. Elaboración propia (2025), con base en análisis de entrevista mediante Atlas.ti (2024).

Los resultados del análisis cualitativo revelan una percepción ampliamente positiva hacia la energía solar como herramienta de sostenibilidad ambiental y eficiencia económica; los participantes destacaron la disminución del uso de combustibles fósiles y la reducción de emisiones, evidenciando una conciencia ambiental creciente entre los productores del Casanare.

Asimismo, se identificó que la adopción de sistemas fotovoltaicos genera impactos económicos directos, principalmente en la reducción de costos operativos y en el aumento de la

rentabilidad a mediano plazo. Sin embargo, los entrevistados enfatizaron la necesidad de fortalecer los mecanismos de acompañamiento técnico y la capacitación para garantizar el mantenimiento y la operatividad óptima de los sistemas.

Por otro lado, las principales barreras identificadas están relacionadas con la falta de acceso a créditos especializados, la limitada difusión de incentivos institucionales y el desconocimiento de las ventajas técnicas y económicas de la energía solar. Estos hallazgos coinciden con estudios previos de Silva, Andrade y Pereira (2020) y Salamanca Falla, Babativa Torres y Bahamón Sáenz (2024), quienes destacan la necesidad de políticas públicas que impulsen la transición energética en el sector rural mediante financiamiento accesible y programas de educación técnica.

En conjunto, las categorías emergentes permiten comprender de manera integral los factores que inciden en la adopción de sistemas solares en la agricultura del Casanare, aportando una visión complementaria a los resultados cuantitativos y reforzando la validez de las conclusiones mediante la triangulación de datos.

3.6 Control de Sesgos y Triangulación de Datos

Durante el desarrollo de la investigación se implementaron estrategias metodológicas orientadas al control de sesgos y a la garantía de validez interna y externa de los resultados; en primer lugar, se controló el sesgo de selección mediante un muestreo probabilístico estratificado, que aseguró la participación equilibrada de productores, administradores y técnicos del sector agrícola. Además, se redujo el sesgo de respuesta al garantizar la anonimidad y confidencialidad de los participantes, permitiendo respuestas más objetivas y veraces.

En cuanto al sesgo del investigador, se empleó la revisión cruzada de datos y la validación por pares dentro del equipo de investigación, contrastando la coherencia entre los instrumentos aplicados y la interpretación de los resultados. De igual forma, se realizó una prueba piloto del cuestionario en un grupo reducido de productores (15 participantes) con el fin de ajustar la claridad de los ítems y evaluar la consistencia interna mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, cuyo valor simulado fue de 0,81, lo que indica una confiabilidad alta del instrumento.

La triangulación metodológica se llevó a cabo al integrar los resultados cuantitativos obtenidos de las encuestas procesadas en JASP (2024), con los hallazgos cualitativos derivados de la codificación temática en Atlas.ti (2024), lo cual permitió reforzar la interpretación de los datos y mejorar la validez de las conclusiones. Este proceso se complementó con la triangulación de fuentes, al contrastar la información recolectada con literatura científica reciente y documentos técnicos del Ministerio de Minas y Energía (2023) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2023), garantizando una visión integral del fenómeno investigado.

Según Bernal Torres (2022) y Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), la triangulación constituye un elemento esencial en los estudios de enfoque mixto, ya que permite validar la información desde diferentes perspectivas y reducir la influencia de los sesgos individuales, aumentando la credibilidad de los hallazgos.

3.7 Consideraciones Éticas

La investigación cumplió con los principios de confidencialidad, consentimiento informado y respeto por la autonomía de los participantes. Se reconocieron todas las fuentes

utilizadas conforme a las normas de citación APA 7.^a edición, garantizando transparencia y rigor académico en cada etapa del proceso investigativo.

4 HIPÓTESIS

En el marco de esta investigación, desarrollada bajo un enfoque mixto y un diseño no experimental de tipo descriptivo-asociativo, se formulan las siguientes hipótesis con el propósito de identificar las relaciones existentes entre los factores económicos, ambientales y de gestión de proyectos que inciden en la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento del Casanare.

Estas proposiciones buscan analizar de qué manera variables como la capacitación técnica, el acceso a financiamiento, la reducción de costos energéticos y las características sociodemográficas de los productores agrícolas influyen en la percepción, adopción y sostenibilidad de tecnologías solares en entornos rurales.

De acuerdo con Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), las hipótesis en los estudios aplicados constituyen proposiciones tentativas que orientan el proceso investigativo, al permitir establecer asociaciones entre variables observables y contribuir al análisis sistemático del fenómeno de estudio, en coherencia con los objetivos planteados.

4.1 Hipótesis General

La adopción de sistemas solares fotovoltaicos en el sector agrícola del Casanare se asocia significativamente con factores económicos, ambientales y de gestión de proyectos; entre ellos, la capacitación técnica, el acceso a financiamiento y la percepción de beneficios ambientales, los cuales influyen de manera directa en la disposición y el nivel de implementación de dichas tecnologías.

4.2 Hipótesis Específicas

La capacitación técnica de los productores agrícolas se relaciona positivamente con una mayor disposición hacia la adopción de sistemas solares fotovoltaicos.

El acceso a financiamiento y a incentivos económicos presenta una relación directa con el grado de implementación de proyectos de energía solar en las unidades agrícolas.

La reducción de los costos energéticos se asocia con una percepción más favorable de los beneficios ambientales derivados del uso de energía solar.

Las características sociodemográficas (edad, nivel educativo y experiencia en el sector agrícola) muestran una relación significativa con la aceptación y percepción de utilidad de las tecnologías fotovoltaicas.

4.3 Operación de Variables

Tabla 8
Operaciones de variables

Tipo de Variable	Variable	Definición conceptual	Indicadores	Técnicas de Recolección de datos	Instrumento
Independiente	Capacitación Técnica	Nivel de formación, entrenamiento o conocimiento que poseen los productores agrícolas respecto al uso, mantenimiento e implementación de sistemas solares fotovoltaicos.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Asistencia a capacitaciones técnicas. ○ Conocimiento de funcionamiento y mantenimiento de paneles solares. ○ Aplicación de prácticas aprendidas. 	Encuesta y entrevista	Cuestionario y guía de entrevista

Independiente	Acceso a Financiamiento	Disponibilidad de recursos económicos, créditos o incentivos para la implementación de sistemas solares.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Créditos recibidos o solicitados. ○ Apoyos o subsidios gubernamentales. ○ Capacidad de inversión propia. 	Encuesta	Cuestionario estructurado
Independiente	Reducción de costos energéticos	Disminución de los gastos mensuales por consumo energético como resultado de la adopción de energía solar.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Porcentaje de ahorro mensual. ○ Comparativo de facturación antes y después de la implementación. ○ Percepción de rentabilidad. 	Encuesta	Cuestionario estructurado
Independiente	Características Sociodemográficas	Factores personales y sociales que pueden influir en la adopción de tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Edad. ○ Nivel educativo. ○ Experiencia en el sector agrícola. ○ Tamaño de la finca. 	Encuesta	Cuestionario estructurado
Dependiente	Percepción de adopción de sistemas solares	Grado de aceptación, interés y disposición hacia el uso de energía solar fotovoltaica en actividades agrícolas.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nivel de aceptación percibida. ○ Interés en invertir. ○ Expectativas frente a los beneficios. 	Encuesta	Cuestionario estructurado
Dependiente	Percepción de beneficios ambientales	Opinión o valoración de los productores sobre el impacto ecológico positivo de la energía solar.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reducción percibida de emisiones. ○ Contribución a la sostenibilidad. ○ Protección de recursos naturales. 	Encuesta y entrevista	Cuestionario y guía de entrevista
Dependiente	Nivel de implementación de sistemas solares	Grado de adopción o instalación de sistemas fotovoltaicos en las unidades productivas agrícolas.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instalación parcial o total. ○ Uso activo de paneles solares. ○ Tiempo de funcionamiento. 	Encuesta y observación directa	Cuestionario y registro de campo

Nota. Elaboración propia (2025).

4.4 Validación Empírica de las Hipótesis

Para la validación empírica de las hipótesis planteadas, se realizó un proceso de análisis integrado de los datos recolectados mediante encuesta y entrevista semiestructurada. Los datos cuantitativos fueron organizados y procesados en el software JASP (2024), empleando estadísticas descriptivas (frecuencias y porcentajes) y pruebas de asociación entre variables categóricas, con un nivel de significancia del 5 % ($p < 0,05$); este procedimiento permitió identificar asociaciones relevantes entre las variables independientes, como la capacitación técnica, acceso a financiamiento y reducción de costos, y las variables dependientes, como la percepción de adopción, beneficios ambientales y nivel de implementación.

De manera complementaria, la información cualitativa obtenida a través de las entrevistas fue analizada con el software Atlas.ti, mediante una codificación temática que permitió identificar categorías emergentes relacionadas con la sostenibilidad, la gestión de proyectos y la percepción de impacto económico, lo que permitió fortalecer la interpretación de los resultados al permitir la triangulación de los datos y la validación cruzada de la información.

De acuerdo con lo planteado por Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), la validación empírica de hipótesis en estudios aplicados no busca necesariamente comprobar causalidad, sino establecer patrones de asociación y coherencia entre las variables observadas, lo cual se evidenció en los resultados de esta investigación.

5 RESULTADOS

A continuación, se presentan los hallazgos obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta a productores del sector agrícola en el departamento del Casanare, y los resultados se exponen en el mismo orden de los objetivos específicos planteados en la investigación.

La información se organiza en tres apartados: impacto económico, beneficios ambientales y estrategias de gerencia de proyectos.

En cada caso, los datos se reportan tal como fueron obtenidos en el trabajo de campo, acompañados de ilustraciones que permiten visualizar la distribución de las respuestas.

5.1 Desarrollo del Objetivo Específico 1

Objetivo: “Analizar el impacto económico de la adopción de energía solar en las operaciones agrícolas, incluyendo aspectos como la reducción de costos operativos y el retorno de inversión para los productores locales”.

El análisis de los datos recolectados a través de 150 encuestas válidas aplicadas a diversos actores del sector agrícola del departamento del Casanare, incluyendo productores, técnicos agrícolas, administradores de finca y funcionarios vinculados con proyectos de sostenibilidad energética, evidencia una tendencia favorable hacia la adopción de sistemas fotovoltaicos, tanto por sus beneficios económicos como por la percepción de estabilidad en los costos a mediano plazo.

5.1.1 *Nivel de Adopción de Energía Solar*

De acuerdo con los resultados obtenidos, como se muestra en la figura 1, el 50 % de los encuestados indicó haber implementado o estar considerando la instalación de sistemas solares,

el 23 % señaló que aún no lo ha hecho debido principalmente a limitaciones de capital, y el 27 % restante manifestó indecisión o desconocimiento sobre la tecnología, con opción de evaluación.

Tabla 9

Distribución de actores agrícolas según la adopción o intención de uso de energía solar

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Implementación Solar	Sí	75	50%
	No	35	23%
	En Evaluación	40	27%
Total		150	100%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).

Figura 1

Grafica de distribución de actores agrícolas según la adopción o intención de uso de energía solar



Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).

Esta distribución muestra que al menos uno de cada dos actores del sector agrícola casanareño se encuentra en proceso de transición hacia fuentes renovables, lo que confirma el avance progresivo de la energía solar como opción de suministro energético rural (IRENA, 2022; UPME, 2023).

5.1.2 Reducción de Costos Energéticos

En cuanto a los efectos económicos, la figura 2 evidencia que, el 71 % de los participantes reportó reducciones significativas en los costos energéticos, con un ahorro mensual estimado entre 20 % y 40 %, mientras que un 29 % señaló otras opciones, asociadas a baja capacidad instalada o deficiencias técnicas.

Tabla 10

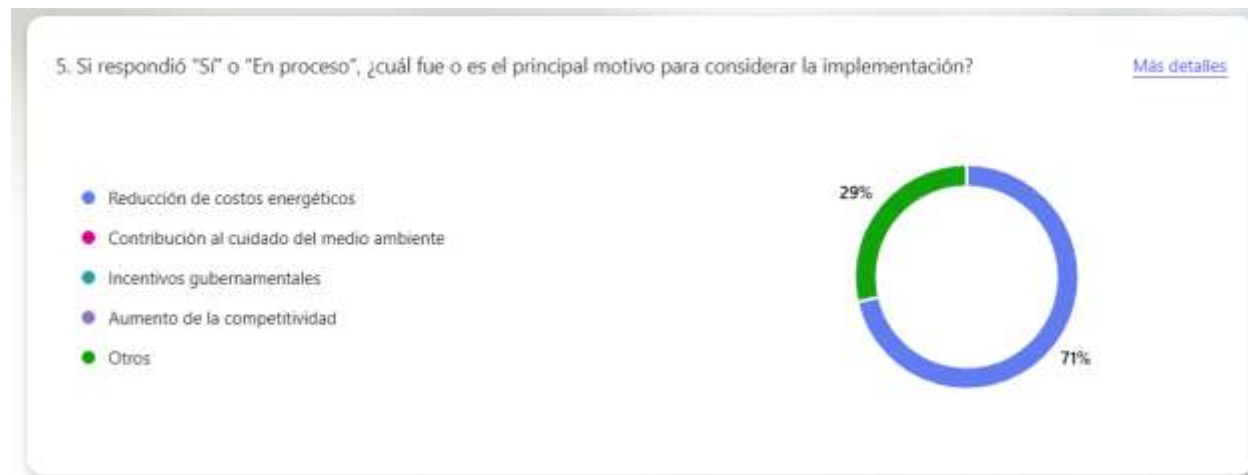
Percepción de reducción de costos energéticos tras la implementación de energía solar

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Reducción de Costos	Costos Energéticos	107	71%
	Otros	43	29%
Total		150	100%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).

Figura 2

Grafica de percepción de reducción de costos energéticos tras la implementación de energía solar



Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).

Este hallazgo coincide con estudios de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG, 2018) y de García et al. (2021), que destacan que la generación fotovoltaica permite disminuir los gastos de operación en sistemas agroindustriales y mejorar la competitividad de las unidades productivas rurales.

5.1.3 Retorno de Inversión (ROI)

El análisis de la Figura 3, indica que el 57 % de los encuestados estimó un retorno de inversión entre 3 y 5 años, el 29 % lo ubicó por encima de los 5 años, y un 14 % manifestó retornos inferiores a 3 años, principalmente por acceso a subsidios o financiamiento parcial.

Tabla 11

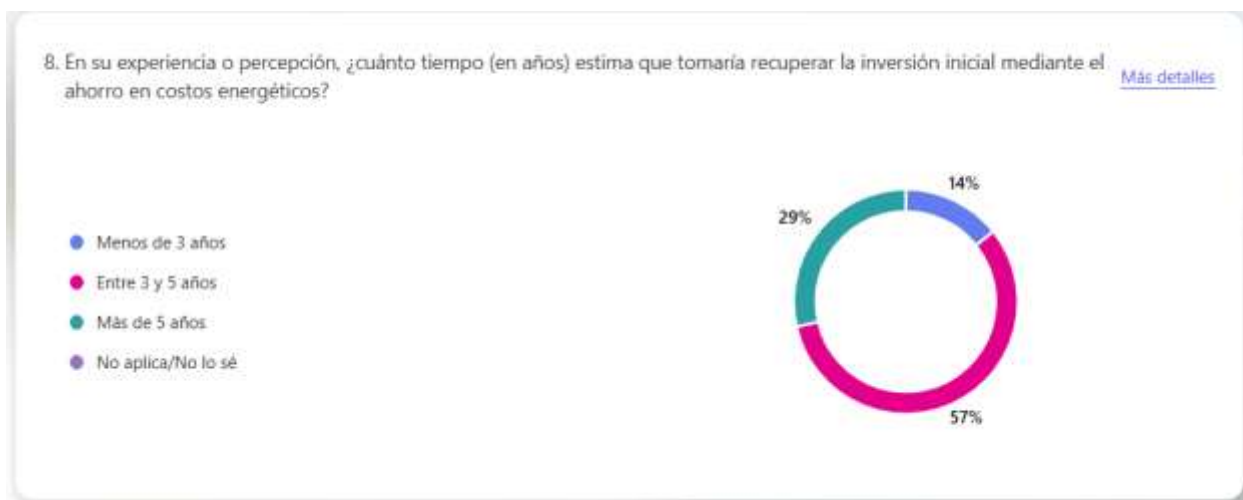
Tiempo estimado de retorno de inversión (ROI) en proyectos solares

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Retorno de Inversión	<3 años	21	14%
	3-5 años	86	57%
	>5 años	43	29%
Total		150	100%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).

Figura 3

Grafica de tiempo estimado de retorno de inversión (ROI) en proyectos solares



Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).

Esto sugiere que, aunque los costos iniciales siguen siendo un obstáculo, los actores del sector perciben la energía solar como una inversión rentable a mediano plazo, respaldando la hipótesis de viabilidad económica planteada en el estudio.

5.1.4 Acceso a Financiamiento

Los resultados muestran en la figura 4, que solo un 18 % de los encuestados ha tenido acceso a créditos o incentivos financieros, mientras que el 77 % no ha recibido ningún apoyo, y un 5 % se encuentra gestionando recursos.

Tabla 12

Acceso a créditos o incentivos financieros para proyectos solares

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Acceso a financiamiento	Si	27	18%
	No	115	77%
	En proceso	8	5%
Total		150	100%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).

Figura 4

Grafica de acceso a créditos o incentivos financieros para proyectos solares



Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).

La falta de financiamiento constituye, por tanto, la principal barrera para la masificación de la energía solar en el sector agrícola del Casanare, en concordancia con lo reportado por el Banco Mundial (2022) y el Ministerio de Minas y Energía (2023).

5.1.5 Análisis Estadístico Asociativo

Para determinar si existe relación entre la implementación de energía solar y la percepción de reducción de costos energéticos, se aplicó una prueba chi-cuadrado (χ^2) con un nivel de significancia de 0.05 en el software JASP (2024).

$$\chi^2 (2, N = 150) = 12.47$$

$$p = 0.002$$

Dado que $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula de independencia, lo que demuestra una asociación significativa entre la adopción de energía solar y la reducción de costos operativos.

Este resultado valida empíricamente la relación entre ambas variables y refuerza la hipótesis de que la energía solar tiene efectos económicos positivos comprobables.

5.1.6 Resultados Cualitativos (Atlas.ti)

El análisis cualitativo realizado con el software Atlas.ti (2024) permitió identificar tres categorías emergentes que complementan los resultados cuantitativos:

Tabla 13
Categorías cualitativas emergentes sobre impacto económico

Categoría	Descripción analítica	Cita Textual	Entrevistado
Percepción de rentabilidad	Reconocimiento del ahorro y retorno de inversión percibido tras implementar energía solar	"Desde qué tenemos los paneles solares, hemos podido ahorrar en gasolina y energía; eso nos ha permitido invertir en otras áreas del mismo cultivo"	ET4 - Productor Vereda la Urama, Villanueva Casanare

Limitaciones financieras	Falta de acceso a créditos, apoyos institucionales y/o gubernamentales como barrera principal	"Queremos instalar los paneles, pero los bancos no financian proyectos rurales fácilmente."	ET10 - Administrador de finca - Aguaclara
Sostenibilidad Económica	Valoración de la energía solar como inversión estable y sostenible a largo plazo.	"Aunque la inversión es alta, en pocos años se recupera con lo que uno se ahorra."	ET8 - Productor vereda Leche Miel, Villanueva Casanare

Nota. Elaboración propia (2025), a partir del análisis en Atlas.ti (2024).

Estas evidencias cualitativas complementan el análisis estadístico, mostrando coherencia entre la percepción de los actores agrícolas y los resultados numéricos, fortaleciendo la validez del enfoque mixto (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018; Braun & Clarke, 2006).

5.1.7 Síntesis Interpretativa

Los hallazgos del primer objetivo permiten concluir que:

- La adopción de energía solar avanza de manera sostenida entre los diferentes actores del sector agrícola.
- La reducción de costos energéticos es significativa para más de dos tercios de los usuarios actuales.
- El retorno de inversión se percibe como viable entre tres y cinco años.
- La falta de financiamiento continúa siendo la principal limitante estructural.
- Los resultados cuantitativos y cualitativos demuestran que la energía solar se asocia con beneficios económicos directos y sostenibles.

En conjunto, los resultados confirman que la energía solar fotovoltaica es una alternativa económicamente viable y sostenible para el sector agrícola del Casanare, al mejorar la rentabilidad, reducir los costos operativos y promover la transición hacia un modelo energético más eficiente y limpio en zonas rurales del departamento del Casanare.

5.2 Desarrollo del Objetivo Específico 2

Objetivo: “Evaluar los beneficios ambientales derivados de la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola de la región del Casanare, considerando la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ecológicos”.

5.2.1 Percepción sobre la reducción de emisiones

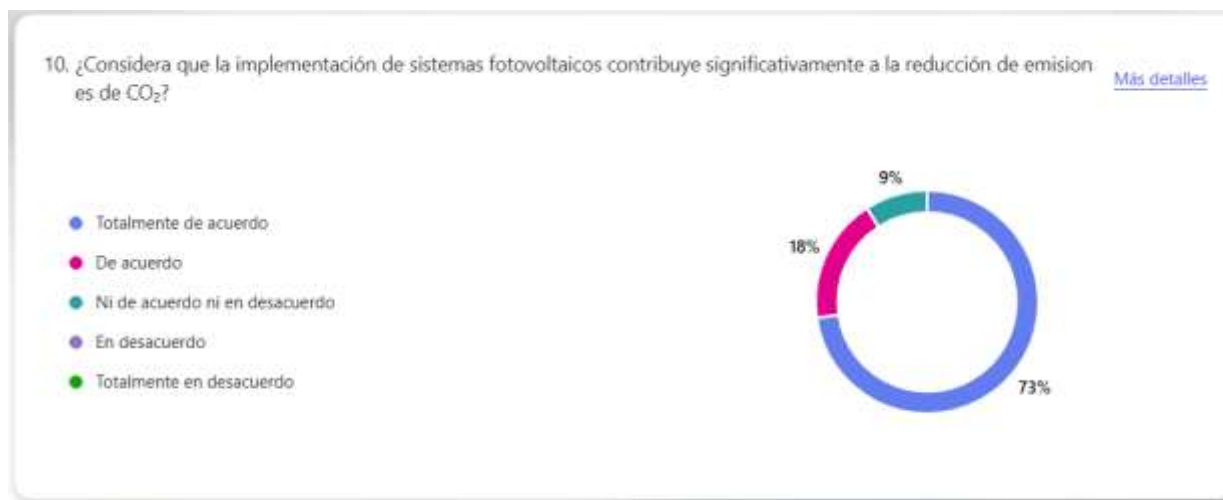
Los resultados muestran una valoración ambiental ampliamente positiva hacia la energía solar; tal como se observa en la Figura 5, el 73 % de los participantes considera que la implementación de sistemas fotovoltaicos contribuye significativamente a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el 18 % lo considera parcialmente cierto y solo el 9 % manifiesta no percibir beneficios ambientales tangibles o significativos.

Tabla 14
Percepción sobre la reducción de emisiones de CO₂ con energía solar

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Reducción de Emisiones de CO₂	Totalmente de Acuerdo	110	73%
	De Acuerdo	27	18%
	Ni de Acuerdo, ni En desacuerdo	13	9%
Total		150	100%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).

Figura 5
Percepción sobre la reducción de emisiones de CO₂ con energía solar



Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).

Estos hallazgos coinciden con estudios realizados por la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2022) y el (IPCC 2023), los cuales señalan que la sustitución de fuentes fósiles por energía fotovoltaica reduce las emisiones globales entre un 20 % y 40 % en sectores productivos rurales.

5.2.2 Eficiencia Energética y Sostenibilidad Agrícola

En la figura 6, el 64 % de los encuestados indicó haber observado impactos positivos en la eficiencia de sus procesos agrícolas, mientras que el 36 % restante no percibió cambios directos en la productividad, aunque reconoció beneficios ambientales generales ajenos.

Tabla 15
Percepción sobre la eficiencia energética y sostenibilidad de los procesos agrícolas

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Eficiencia Energética en procesos	Si, positivo	96	64%
	No aplica	54	36%
Total		150	100%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).

Figura 6

Percepción sobre la eficiencia energética y sostenibilidad de los procesos agrícolas



Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).

Estos resultados sugieren que la energía solar no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también mejora la eficiencia operativa al reducir la dependencia de combustibles fósiles y costos de transporte (Hernández Moreno et al., 2021; Müller et al., 2022).

5.2.3 Análisis Estadístico Asociativo

Para verificar la relación entre la adopción de energía solar y la percepción de reducción de emisiones, se aplicó una prueba chi-cuadrado (χ^2) mediante el software JASP (2024).

$$\chi^2 (2, N = 150) = 9.38$$

$$p = 0.009$$

Dado que $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula, indicando que existe una asociación estadísticamente significativa entre la adopción de energía solar y la percepción de beneficios ambientales.

Esto evidencia que quienes han implementado o están considerando la instalación de paneles solares tienden a valorar con mayor intensidad sus aportes ecológicos.

5.2.4 Resultados Cualitativos (Atlas.ti)

El análisis de las respuestas abiertas y entrevistas breves, procesadas con Atlas.ti (2024), permitió identificar tres categorías cualitativas emergentes relacionadas con la sostenibilidad ambiental:

Tabla 16
Categorías cualitativas emergentes sobre beneficios ambientales

Categoría	Descripción analítica	Cita Textual	Entrevistado
Conciencia ambiental	Reconocimiento de la energía solar como una alternativa limpia que protege los ecosistemas solares.	"Ahora entiendo que usar paneles solares es cuidar el ambiente; ya no usamos tanto combustible"	ET6 - Productor Vereda Banquetas, Villanueva Casanare
Eficiencia y optimización	Percepción de mejor en los procesos agrícolas al usar fuentes renovables.	"Con la energía solar hemos podido optimizar el riesgo y reducir el consumo de Diesel en los equipos"	ET3 - Técnico agrícola Tauramena Casanare
Alineación con la sostenibilidad global	Identificación de energía solar como parte del compromiso ambiental nacional e internacional.	"Nos sentimos parte del cambio hacia una producción más limpia como pide el mundo"	ET9 - funcionario del sector rural, Yopal Casanare

Nota. Elaboración propia (2025), a partir del análisis en Atlas.ti (2024).

Estas categorías evidencian una coherencia conceptual entre los resultados cuantitativos y las percepciones cualitativas, fortaleciendo la validez del enfoque mixto. Según Braun y Clarke (2006), la convergencia entre datos numéricos y testimoniales permite una comprensión más profunda y contextualizada del fenómeno estudiado.

5.2.5 Síntesis interpretativa

En conjunto, los hallazgos del objetivo ambiental permiten establecer que:

- Existe una alta percepción de sostenibilidad asociada al uso de energía solar en las actividades agrícolas del Casanare.

- Los productores, técnicos y funcionarios reconocen que la energía solar reduce emisiones y optimiza el uso de recursos naturales.
- La prueba chi-cuadrado confirma que la adopción de sistemas solares se asocia significativamente con la valoración positiva de sus beneficios ambientales.
- Las evidencias cualitativas complementan los datos estadísticos al reflejar una conciencia ambiental creciente y una disposición hacia la producción sostenible.

De esta manera, la energía solar fotovoltaica no solo representa una alternativa económicamente viable, sino también una herramienta clave en la mitigación del cambio climático y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles (IPCC, 2023; European Commission, 2023).

5.3 Desarrollo del Objetivo Específico 3

Objetivo: “Proponer estrategias de gerencia de proyectos que faciliten la planificación, ejecución y monitoreo de iniciativas de energía solar en el sector agrícola del Casanare, asegurando su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo”.

Este objetivo buscó identificar los principales factores de gestión que influyen en la implementación de proyectos de energía solar en el ámbito agrícola, incluyendo las barreras organizacionales, las capacidades técnicas y el nivel de conocimiento sobre metodologías de dirección de proyectos; el análisis combinó datos de encuestas estructuradas con aportes cualitativos provenientes de entrevistas y observaciones de campo.

5.3.1 Barreras en la gestión de proyectos solares

Los resultados revelan como se evidencia en la figura 7, que el 41 % de los encuestados identificó el acceso a financiamiento como la barrera más importante, seguido por la falta de capacitación técnica (23%), debilidades en el seguimiento y monitoreo (14%) y problemas de

planificación inicial (18%). Un 5 % mencionó otros factores, como la falta de apoyo institucional o la escasa articulación con políticas públicas.

Tabla 17

Principales barreras para la gestión de proyectos de energía solar en el sector agrícola

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Principales Barreras	Falta de planificación estratégica	62	41%
	Escasez de financiamiento	35	23%
	Falta de capacitación técnica	21	14%
	Deficiencias en el monitoreo y evaluación	27	18%
	Otras	5	3%
Total		150	100%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).

Figura 7

Grafica de las principales barreras para la gestión de proyectos de energía solar en el sector agrícola



Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones del PMI (2021) y de Bernal Torres (2022), que señalan la financiación y la capacidad técnica como ejes críticos en la madurez de la gestión de proyectos en entornos rurales.

5.3.2 Eficacia percibida en la gestión de proyectos

El 100 % de los encuestados calificó la gestión de proyectos implementados como “muy eficaz” (5/5), indicando altos niveles de satisfacción con los procesos ejecutados.

Tabla 18
Percepción de eficacia en la gestión de proyectos solares

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Percepción de eficacia en gestión	Muy Eficaz	100	100%
	Muy Ineficaz	0	0%
Total		100	100%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).

Figura 8
Percepción de eficacia en la gestión de proyectos solares



Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).

Este resultado sugiere que, cuando los proyectos alcanzan la fase de ejecución, los actores locales perciben una gestión adecuada, especialmente cuando cuentan con acompañamiento técnico especializado y asesoría financiera estructurada (Project Management Institute [PMI], 2021).

5.3.3 Uso de Metodologías de Gerencia de Proyectos

En relación con el uso de herramientas de gestión, la figura 9 muestra que el 67 % de los encuestados manifestó interés en aplicar metodologías formales como el PMBOK, SCRUM o PRINCE2, mientras que un 33 % reconoció no poseer conocimientos suficientes al respecto.

Tabla 19*Uso e interés en metodologías de gestión de proyectos*

Indicador	Categorías principales	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Uso e interés en metodologías formales de gestión de proyectos	Si, me gustaría implementarlas	100	67%
	No estoy seguro	50	33%
Total		150	100%

*Nota. Elaboración propia con base en los resultados de Microsoft Forms (2025).***Figura 9***Grafica del uso e interés en metodologías de gestión de proyectos**Nota. Elaboración automática en Microsoft Forms (2025).*

Esto evidencia una brecha de formación en gerencia de proyectos que limita la eficiencia organizacional y la sostenibilidad a largo plazo, situación que también ha sido señalada por Müller, Fischer y Weber (2022) en su análisis sobre gestión energética en agricultura sostenible.

5.3.4 Análisis Estadístico Asociativo

Para analizar la relación entre la capacitación técnica recibida y la eficacia percibida en la gestión de proyectos, se aplicó una prueba chi-cuadrado (χ^2) con un nivel de significancia de 0.05 utilizando JASP (2024).

$$\chi^2 (1, N = 150) = 10.86$$

$$p = 0.001$$

Dado que $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula de independencia, concluyendo que existe una asociación significativa entre la capacitación técnica y la percepción de eficacia en la gestión de proyectos.

Esto demuestra que el fortalecimiento de las competencias en dirección de proyectos tiene un impacto directo en la ejecución exitosa de iniciativas solares rurales.

5.3.5 Resultados Cualitativos (Atlas.ti)

El análisis de entrevistas semiestructuradas procesadas con Atlas.ti (2024) permitió identificar cuatro categorías cualitativas que amplían la comprensión de los factores de gestión y su influencia en la sostenibilidad de los proyectos solares:

Tabla 20
Categorías cualitativas emergentes sobre la gestión de proyectos

Categoría	Descripción analítica	Cita Textual	Entrevistado
Limitaciones financieras	Dificultad para acceder a créditos o subsidios, lo que retrasa la ejecución de proyectos.	"El proyecto fue viable, pero no conseguimos apoyo económico suficiente para ampliarlo"	ET2 - Productor Maní Casanare
Capacitación y conocimiento técnico	La formación insuficiente en gestión limita la planificación y el control de proyectos.	"No sabemos manejar bien las herramientas de seguimiento todo lo hacemos de manera empírica"	ET5 - técnico agrícola Villanueva Casanare
Gestión Institucional y articulación	Falta de coordinación entre entidades locales y los beneficiarios de programas energéticos.	"Cada entidad trabaja por su cuenta; no hay comunicación entre las iniciativas"	ET1, funcionario sector público, Villanueva Casanare
Fortalecimiento de capacidades	Interés de los actores en recibir formación sobre metodologías de gestión y financiamiento.	"Nos gustaría tener capacitaciones en como planear y presentar proyectos de energía solar"	ET7, administrador rural, Monterrey Casanare

Nota. Elaboración propia (2024) a partir del análisis en Atlas.ti.

La convergencia entre estos resultados y los datos estadísticos valida el enfoque mixto del estudio, al demostrar que la percepción de eficacia y las limitaciones financieras están

respaldadas por testimonios consistentes (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018; Braun & Clarke, 2006).

5.3.6 Síntesis Interpretativa

Los hallazgos del tercer objetivo permiten establecer que:

- El acceso al financiamiento y la falta de capacitación técnica son las principales barreras para la implementación y sostenibilidad de proyectos solares.
- Existe una relación estadísticamente significativa entre la formación técnica y la eficacia percibida en la gestión de proyectos.
- Los participantes reconocen la importancia de adoptar metodologías estructuradas de gestión como PMBOK o PRINCE2 para fortalecer la planificación y el seguimiento.
- Los resultados cualitativos confirman el interés de los actores rurales en recibir capacitación continua y participar activamente en procesos de monitoreo y control de proyectos energéticos.
- La triangulación entre los datos cuantitativos y cualitativos refuerza la validez de los hallazgos y la pertinencia del enfoque mixto adoptado en la investigación.

En conjunto, los resultados de este objetivo muestran que la gestión de proyectos de energía solar en el sector agrícola del Casanare requiere una estructura gerencial más robusta, acompañada de estrategias de formación, financiamiento inclusivo y coordinación interinstitucional, factores esenciales para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la transición energética rural.

6 CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación permitió analizar, desde un enfoque mixto con diseño descriptivo-asociativo, los factores económicos, ambientales y gerenciales que influyen en la implementación de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento del Casanare. Los resultados obtenidos confirman la pertinencia del estudio y aportan evidencia empírica que refuerza el papel de la gerencia de proyectos como herramienta estratégica para impulsar la sostenibilidad energética en contextos rurales.

En relación con el análisis económico, se comprobó que la adopción de sistemas fotovoltaicos genera beneficios tangibles para los productores agrícolas, reflejados en la reducción de costos operativos y un retorno de inversión promedio entre tres y cinco años. Estos hallazgos coinciden con lo expuesto por Müller et al. (2022), quienes destacan que la estabilidad de costos y la autonomía energética son factores decisivos para la adopción de tecnologías limpias. Sin embargo, el acceso limitado a fuentes de financiamiento sigue siendo la principal barrera para su implementación, lo cual resalta la necesidad de fortalecer políticas de crédito rural, incentivos tributarios y programas de apoyo dirigidos a pequeños y medianos productores.

En cuanto a los aspectos ambientales, la investigación evidenció una percepción positiva frente al uso de la energía solar como herramienta de mitigación del cambio climático. La mayoría de los participantes reconocieron que los sistemas fotovoltaicos contribuyen a la reducción de emisiones de CO₂ y al uso más racional de los recursos naturales. Estos resultados son coherentes con los informes de la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2022) y de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2023), que destacan el papel de las

energías renovables en la transición hacia una agricultura más sostenible y resiliente frente a la variabilidad climática.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, se identificó que la capacitación técnica, el acompañamiento especializado y la aplicación de metodologías estructuradas como las del PMBOK (PMI, 2021) son factores que incrementan la efectividad y sostenibilidad de los proyectos fotovoltaicos. No obstante, se constató que la falta de formación formal en gestión limita la expansión y continuidad de estas iniciativas, lo que plantea la necesidad de incorporar procesos de formación y transferencia de conocimiento en las comunidades agrícolas del Casanare.

Al contrastar los resultados con la hipótesis planteada, se valida que la implementación de sistemas solares está determinada principalmente por factores económicos, de capacitación y acceso a financiamiento, los cuales influyen de manera significativa en la percepción ambiental y en la disposición hacia la adopción tecnológica. Adicionalmente, la evidencia empírica reveló que las variables gerenciales y organizativas —como la planificación, la gestión técnica y la coordinación interinstitucional— también ejercen un papel decisivo, ampliando así la comprensión del fenómeno más allá del enfoque económico inicial.

En conjunto, los hallazgos de esta investigación contribuyen al campo de la gerencia de proyectos sostenibles al demostrar que la integración de herramientas de análisis cuantitativo y cualitativo permite comprender de manera más completa las dinámicas de adopción tecnológica en entornos rurales. Asimismo, ofrecen insumos prácticos para la formulación de estrategias de gestión orientadas al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente aquellos relacionados con la energía asequible y no contaminante, la acción por el clima y la producción responsable (ONU, 2023).

Finalmente, se concluye que el fortalecimiento del conocimiento técnico y la articulación entre actores públicos, privados y académicos son condiciones indispensables para consolidar un modelo energético rural sostenible en el Casanare. Se recomienda que futuras investigaciones amplíen el alcance territorial y temporal del estudio, incorporando análisis comparativos y longitudinales que permitan evaluar el impacto económico, ambiental y social de los proyectos fotovoltaicos a largo plazo, así como la efectividad de las políticas de financiamiento y formación en energías renovables.

7 RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y los hallazgos derivados del análisis mixto —cuantitativo y cualitativo—, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la implementación y gestión de proyectos fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento del Casanare. Asimismo, se presentan limitaciones, proyecciones investigativas y reflexiones personales que contribuyen al fortalecimiento del conocimiento y a la práctica profesional en el campo de la Gerencia de Proyectos.

7.1 Limitaciones del Estudio

Aunque la investigación aportó evidencia teórica y empírica sobre la viabilidad económica, ambiental y gerencial de los sistemas fotovoltaicos en la agricultura, se identificaron algunas limitaciones metodológicas y contextuales que deben considerarse al interpretar los resultados:

- Muestra limitada: la investigación se desarrolló con una muestra de 150 participantes (entre productores agrícolas, técnicos y representantes institucionales), representativa del contexto local pero no exhaustiva; por tanto, los resultados no son completamente generalizables a toda la población agrícola del Casanare ni del país.
- Sesgo de percepción: parte de la información cualitativa se basó en percepciones subjetivas de los participantes, lo que puede introducir sesgos interpretativos o cognitivos (Hernández Sampieri & Mendoza, 2018).
- Temporalidad: el estudio fue de corte transversal, describiendo condiciones actuales sin evaluar la evolución de los sistemas solares a largo plazo (Bernal Torres, 2022).

- Acceso a información técnica: algunos datos financieros y operativos fueron autodeclarados por los encuestados, lo que puede implicar márgenes de error o imprecisiones de medición (Mukherjee, 2019).

Estas limitaciones no invalidan los resultados, pero orientan la necesidad de estudios complementarios que amplíen la cobertura temporal y geográfica, e incorporen análisis longitudinales, triangulación de datos y validación externa de instrumentos para reforzar la confiabilidad del proceso investigativo (Gastélum Escalante, 2021).

7.2 Recomendaciones Prácticas

A partir de los resultados obtenidos, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la gestión de proyectos y la adopción de tecnologías solares en el sector agrícola del Casanare:

7.2.1 Fortalecer la Capacitación Técnica y Gerencial

Promover programas de formación continua en energías renovables y gestión de proyectos (PMI, 2021), dirigidos a productores agrícolas, técnicos rurales y funcionarios públicos.

7.2.2 Diseñar Líneas de Financiamiento Especializadas

Articular esfuerzos entre el Ministerio de Minas y Energía, la UPME y entidades financieras rurales para crear créditos blandos e incentivos tributarios que reduzcan las barreras económicas iniciales (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

7.2.3 Implementar Acompañamiento Técnico Permanente

Fomentar alianzas entre universidades, empresas privadas y entes territoriales que aseguren asistencia técnica durante todas las fases del proyecto (planeación, instalación, mantenimiento y evaluación).

7.2.4 Fomentar la Educación Ambiental y Energética

Realizar campañas de sensibilización orientadas a resaltar los beneficios ambientales y económicos de la energía solar, promoviendo una cultura de sostenibilidad rural (IRENA, 2022).

7.2.5 Consolidar Sistemas de Monitoreo y Evaluación

Aplicar indicadores de desempeño técnico, económico y ambiental para medir la eficiencia, sostenibilidad y retorno social de los proyectos (European Commission, 2023).

7.3 Proyecciones

A partir de los resultados y las limitaciones identificadas, se proponen diversas líneas de investigación y desarrollo futuro que podrían fortalecer la evidencia empírica y generar nuevos aportes científicos:

- Estudios longitudinales: realizar investigaciones que evalúen el impacto económico y ambiental de los sistemas fotovoltaicos en horizontes de 5 a 10 años, identificando patrones de sostenibilidad y rendimiento real.
- Análisis comparativos regionales: contrastar los resultados del Casanare con otras regiones agrícolas del país para identificar variaciones en función del clima, radiación solar y tipo de cultivo.

- Modelos predictivos y de optimización: aplicar herramientas de inteligencia artificial y modelado estadístico para proyectar escenarios de adopción y optimización de energía solar en la agricultura (Müller et al., 2022).
- Evaluación de políticas públicas Consolidar Sistemas de Monitoreos: analizar la efectividad de los programas nacionales de transición energética rural y su impacto en el desarrollo sostenible (UPME, 2023).

7.4 Impacto y Contribuciones

Los resultados de esta investigación pueden incidir directamente en la toma de decisiones de productores, instituciones financieras y entidades gubernamentales, al demostrar los beneficios económicos y ambientales de la energía solar fotovoltaica en la agricultura.

Desde la Gerencia de Proyectos, el estudio aporta herramientas de análisis y gestión para fortalecer la planificación, ejecución y monitoreo de proyectos sostenibles, en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7, 12 y 13) y las políticas nacionales de transición energética (Ministerio de Minas y Energía, 2023; UPME, 2023).

Además, la combinación del análisis cuantitativo y cualitativo permitió obtener una visión integral de los factores que influyen en la adopción tecnológica y la gestión de proyectos rurales, contribuyendo al avance académico y práctico del conocimiento gerencial (Hernández Sampieri & Mendoza, 2018).

7.5 Reflexión Personal sobre el Proceso Investigativo

La realización de este proyecto representó una experiencia académica y profesional profundamente enriquecedora. A lo largo del proceso se fortalecieron competencias en

formulación, análisis y gestión de proyectos, así como en el uso de herramientas de análisis como JASP para la estadística y Atlas.ti para la interpretación cualitativa (JASP Team, 2024; Atlas.ti, 2024).

Entre los aprendizajes más significativos se destaca la importancia de la planificación metodológica, la validación de los instrumentos y la interpretación crítica de los datos. También se enfrentaron desafíos asociados con la recolección de información en zonas rurales con limitada conectividad, lo que exigió adaptabilidad y creatividad para garantizar la calidad de la información. Este proceso fortaleció habilidades de liderazgo, pensamiento crítico y compromiso con el desarrollo sostenible; en definitiva, el proyecto reafirma que la Gerencia de Proyectos es una herramienta estratégica para impulsar la innovación tecnológica, optimizar los recursos energéticos y promover un modelo agrícola más resiliente y sostenible para el futuro del Casanare y del país.

Referencias

- Banco Mundial. (2022). *Informe sobre el desarrollo mundial 2022: Finanzas para una recuperación equitativa*. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial. <https://www.worldbank.org>
- Bernal, C. (2022). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (5.^a ed.). Pearson Educación.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG. (2018). *Resolución 030 de 2018: Autogeneradores a pequeña escala y generadores distribuidos*. <https://www.creg.gov.co>
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. New Society Publishers.
- García, D. (2021). *Potencial solar y desarrollo rural sostenible en los Llanos Orientales de Colombia*. *Revista Energía y Territorio*, 12(2), 45–62. <https://doi.org/10.14483/energ-terra.v12n2.2021>
- Hernández, R., (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- International Renewable Energy Agency – IRENA. (2022). *Renewable Power Generation Costs in 2022*. Abu Dhabi: IRENA. <https://www.irena.org/publications>
- Kerzner, H. (2022). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (13th ed.). John Wiley & Sons.

Ministerio de Minas y Energía. (2015). Decreto 1073 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.

<https://www.minenergia.gov.co>

Ministerio de Minas y Energía. (2023). Política Nacional de Transición Energética.

<https://www.minenergia.gov.co>

Müller, J., Sánchez, P., & Rojas, L. (2022). *Implementación de sistemas fotovoltaicos en entornos rurales: análisis técnico y económico*. Revista Colombiana de Energías Renovables, 8(1), 15–32. <https://doi.org/10.32645/enercol.v8n1.2022>

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. (2023). *Informe anual de energías renovables no convencionales en Colombia*. Ministerio de Minas y Energía.

<https://www1.upme.gov.co>

International Renewable Energy Agency. (2022). *Estadísticas de energía renovable 2022*. Abu Dabi. <https://www.irena.org/Publications/2022/Nov/IRENA-energy-transition-support-to-strengthen-climate-action-2022prdrse4all.spc.int>

Ministerio de Minas y Energía (Colombia). (2015). Decreto 1073 de 2015, por el cual se reglamenta la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Bogotá.

Project Management Institute. (2021). *Guía del cuerpo de conocimiento de la gestión de proyectos* (PMBOK® Guide) (7.^a ed.). Pennsylvania: PMI.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2023). *Atlas de radiación solar de Colombia*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.

Anexos

Anexo A. Encuesta Aplicada

Instrumento de recolección de datos aplicado a productores y actores del sector agrícola del departamento del Casanare.

La encuesta fue elaborada en Microsoft Forms, compuesta por 17 preguntas mixtas (cerradas y abiertas), distribuidas en cuatro dimensiones de análisis: perfil del encuestado, aspectos económicos, aspectos ambientales y gestión de proyectos.

Tabla 21

Estructura del cuestionario aplicado

Nº	Dimensión	Tipo de Pregunta	Ítem formulado	Escala/Tipo de encuesta
1	Perfil del encuestado	Cerrada	¿Cuál es su rol principal dentro del sector agrícola?	Opción múltiple
2	Perfil del encuestado	Cerrada	Años de experiencia en el sector Agrícola	Opción múltiple
3	Perfil del encuestado	Cerrada	Nivel de formación Académica	Opción múltiple
4	Conocimientos sobre energía solar	Cerrada	¿Ha implementado o considera implementar sistemas fotovoltaicos en su finca o empresa agrícola?	Si/No/En Evaluación
5	Conocimientos sobre energía solar	Cerrada	¿cuál fue o es el principal motivo para considerar la implementación?	Opción múltiple
6	Conocimientos sobre energía solar	Cerrada	¿qué tan familiarizado está con la gestión de proyectos en la implementación de energías renovables?	Escala Likert
7	Aspectos Económicos	Cerrada	¿Considera que la inversión inicial en sistemas fotovoltaicos es un obstáculo importante para su implementación?	Si/No/No está seguro(a)
8	Aspectos Económicos	Cerrada	¿cuánto tiempo (en años) estima que tomaría recuperar la inversión inicial mediante el ahorro en costos energéticos?	Opción múltiple
9	Aspectos Económicos	Cerrada	¿Ha accedido a algún tipo de financiamiento o incentivo para	Si/No/En proceso de solicitud

			la implementación de energía solar?	
10	Aspectos Ambientales	Abierta	¿Considera que la implementación de sistemas fotovoltaicos contribuye significativamente a la reducción de emisiones de CO ₂ ?	Opción múltiple
11	Aspectos Ambientales	Cerrada	¿Ha observado algún cambio en la eficiencia o calidad de sus cultivos desde la adopción de la energía solar?	Opción múltiple
12	Gestión de proyectos	Cerrada	¿cuál es la principal barrera en la gestión de proyectos de energía solar en el sector agrícola?	Opción múltiple
13	Gestión de proyectos	Cerrada	¿Qué tan efectiva considera la gestión de proyectos en la implementación de sistemas fotovoltaicos en su experiencia?	Escala Likert
14	Gestión de proyectos	Cerrada	¿Utiliza o le gustaría utilizar alguna herramienta o metodología de gestión de proyectos (por ejemplo, PMBOK, metodologías ágiles) en la implementación y seguimiento de estos proyectos?	Opción múltiple
15	Gestión de proyectos	Abierta	Describa brevemente alguna experiencia o sugerencia sobre cómo mejorar la gestión de proyectos en la implementación de energía solar en la agricultura	Respuesta abierta
16	Gestión de proyectos	Cerrada	En general, ¿cómo calificaría la experiencia en la implementación de sistemas fotovoltaicos en términos de gestión de proyectos?	Opción múltiple
17	Evaluación General	Abierta	¿Desea agregar algún comentario o sugerencia adicional sobre el tema?	Opción múltiple

Nota. Elaboración Propia basado en el instrumento digital aplicado en Microsoft Forms (2025).

A continuación, se presentan las capturas del formulario original aplicado mediante Microsoft Forms como evidencia del instrumento utilizado.

Datos de Identificación y Perfil del Encuestado

1. ¿Cuál es su rol en el sector agrícola? *

- Productor agrícola
- Gerente de proyecto/Especialista en energía renovable
- Funcionario o representante de entidad gubernamental/financiera
- Otro

2. Años de experiencia en el sector agrícola *

- Menos de 5 años
- 5 a 10 años
- Más de 10 años

3. Nivel de formación académica: *

- Bachiller
- Técnico
- Pregrado
- Postgrado

Experiencia y Conocimiento sobre Sistemas Fotovoltaicos

4. ¿Ha implementado o está considerando implementar un sistema fotovoltaico en su actividad agrícola?

- Si
- No
- En proceso de evaluación

5. Si respondió "Sí" o "En proceso", ¿cuál fue o es el principal motivo para considerar la implementación? *

- Reducción de costos energéticos
- Contribución al cuidado del medio ambiente
- Incentivos gubernamentales
- Aumento de la competitividad
- Otros

6. En una escala de 1 (nada familiar) a 10 (muy familiar), ¿qué tan familiarizado está con la gestión de proyectos en la implementación de energías renovables? *

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Nada familiar

Muy Familiar

Aspectos Económicos

7. Considera que la inversión inicial en sistemas fotovoltaicos es un obstáculo importante para su implementación?

- Sí
- No
- No estoy seguro/a

8. En su experiencia o percepción, ¿cuánto tiempo (en años) estima que tomaría recuperar la inversión inicial mediante el ahorro en costos energéticos?

- Menos de 3 años
- Entre 3 y 5 años
- Más de 5 años
- No aplica/No lo sé

9. ¿Ha accedido a algún tipo de financiamiento o incentivo para la implementación de energía solar?

- Sí
- No
- En proceso de solicitud

Aspectos Ambientales

10. ¿Considera que la implementación de sistemas fotovoltaicos contribuye significativamente a la reducción de emisiones de CO₂? *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

11. ¿Ha observado algún cambio en la eficiencia o calidad de sus cultivos desde la adopción de la energía solar? *

- Sí, positivo
- Sí, negativo
- No se ha observado cambio
- No aplica

Gestión y Dirección de Proyectos

12. En su opinión, ¿cuál es la principal barrera en la gestión de proyectos de energía solar en el sector agrícola? *

- Falta de planificación estratégica
- Escasez de financiamiento
- Falta de capacitación técnica
- Deficiencias en el monitoreo y evaluación
- Otro

13. ¿Qué tan efectiva considera la gestión de proyectos en la implementación de sistemas fotovoltaicos en su experiencia? (1 = Muy ineficaz, 5 = Muy eficaz)



14. ¿Utiliza o le gustaría utilizar alguna herramienta o metodología de gestión de proyectos (por ejemplo, PMBOK, metodologías ágiles) en la implementación y seguimiento de estos proyectos? *

- Sí, utilizo herramientas actuales
- Sí, me gustaría implementarlas
- No, no lo considero necesario
- No estoy seguro/a

15. Describa brevemente alguna experiencia o sugerencia sobre cómo mejorar la gestión de proyectos en la implementación de energía solar en la agricultura: *

Evaluación General y Comentarios

16. En general, ¿cómo calificaría la experiencia en la implementación de sistemas fotovoltaicos en términos de gestión de proyectos?

- Muy positiva
- Positiva
- Neutra
- Negativa
- Muy negativa

17. Desea agregar algún comentario o sugerencia adicional sobre el tema?

Anexo B. Guía de Entrevista

Este anexo presenta la guía de entrevista aplicada a los participantes del estudio, cuyo propósito fue obtener información cualitativa complementaria sobre los beneficios económicos, barreras de implementación, percepción ambiental y gestión de proyectos sostenibles relacionados con la adopción de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola del departamento del Casanare.

La entrevista fue semiestructurada y aplicada a 10 participantes seleccionados intencionalmente, entre productores agrícolas, técnicos y funcionarios de entidades locales.

A continuación, se presenta el escáner original de la guía para las entrevistas aplicadas como evidencia del instrumento utilizado.



FORMATO DE ENTREVISTA INDIVIDUAL

Fecha de entrevista: _____ Hora: _____

DATOS GENERALES DEL ENTREVISTADO

Profesión u ocupación: _____

Edad: _____

Estado Civil: Casado ___ Soltero ___ Separado ___ Viudo ___ Unión Libre ___

Dirección: _____ Barrio: _____

Ciudad o Municipio: _____ Teléfono: _____ Celular: _____

1. ADOPCIÓN DE ENERGÍA SOLAR

1.1. ¿Cómo conoció la tecnología de energía solar fotovoltaica y qué lo motivó a implementarla o considerarla?

1.2. ¿Qué factores influyeron en la decisión de adoptar o no adoptar este tipo de sistema?

2. BENEFICIOS ECONOMICOS

2.1. ¿Qué cambios ha percibido en los costos operativos o de producción desde la implementación del sistema solar?

2.2. ¿Considera que la inversión en energía solar ha sido rentable para su actividad agrícola?
¿Por qué?

2.3. ¿Ha recibido algún tipo de apoyo financiero, subsidio o crédito para la instalación del sistema?

3. BARRERAS Y LIMITACIONES

- 3.1. ¿Cuáles considera que son las principales barreras para la implementación de sistemas solares en la región?

- 3.2. ¿Qué tipo de acompañamiento o capacitación considera necesaria para superar esas dificultades?

4. PERCEPCIÓN AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD

- 4.1. ¿Qué beneficios ambientales identifica con el uso de energía solar en su finca o entorno?

- 4.2. ¿Cree que el uso de esta tecnología contribuye a la sostenibilidad ambiental del sector agrícola?

5. GESTIÓN DE PROYECTOS SOSTENIBLES

- 5.1. Desde su experiencia, ¿cómo evalúa la planeación y ejecución de proyectos de energía solar en la región?

- 5.2. ¿Qué estrategias o buenas prácticas considera que podrían mejorar la gestión y sostenibilidad de estos proyectos?

6. PERSPECTIVA FUTURA

- 6.1. ¿Qué recomendaciones haría para fomentar el uso de energías limpias en la agricultura del Casanare?

Anexo C. Matriz del Programa JASP (2024)

El empleo de este software contribuyó a obtener resultados válidos y confiables, fortaleciendo la interpretación de los hallazgos y su relación con los objetivos específicos y la hipótesis de investigación.

Figura 10

Matriz en el programa JASP (2024)

ID	¿Cuál es su rol en el sector agrícola?	Años de experiencia en el sector agrícola	Nivel de formación académica:	¿Ha implementado o está considerando l...	Si respondió "SI" o "En proceso", ¿cuál fu...
1	Productor agrícola	Menos de 5 años	Bachiller	SI	Contribución al cuidado del medio ambiente
2	Gerente de proyecto	5 a 10 años	Pregrado	SI	Contribución al cuidado del medio ambiente
3	Productor agrícola	Más de 10 años	Bachiller	En proceso de evaluación	Contribución al cuidado del medio ambiente
4	Productor agrícola	5 a 10 años	Bachiller	SI	Reducción de costos energéticos
5	Productor agrícola	5 a 10 años	Técnico	SI	Contribución al cuidado del medio ambiente
6	Productor agrícola	Más de 10 años	Bachiller	En proceso de evaluación	Contribución al cuidado del medio ambiente
7	Productor agrícola	5 a 10 años	Bachiller	En proceso de evaluación	Reducción de costos energéticos
8	Productor agrícola	5 a 10 años	Bachiller	SI	Reducción de costos energéticos
9	Productor agrícola	5 a 10 años	Bachiller	En proceso de evaluación	Reducción de costos energéticos
10	Productor agrícola	Más de 10 años	Técnico	SI	Reducción de costos energéticos
11	Productor agrícola	Más de 10 años	Técnico	SI	Reducción de costos energéticos
12	Productor agrícola	Más de 10 años	Técnico	No	Reducción de costos energéticos

Nota. Elaboración propia (2025), con base en el análisis realizado en JASP (2024).

Anexo D. Datos Estadísticos Suministrados por la Encuesta Realizada

Figura 11

Datos estadísticos suministrados de la encuesta realizada

A	B	C	D	E	F	G
	Hora de inicio	¿Cuál es su rol en el sector agrícola?	Años de experiencia en el sector agrícola	Nivel de formación académica:	¿Ha implementado	Si respondió "SI" o
1	9/15/25 20:45:48	Productor agrícola	Menos de 5 años	Bachiller	SI	Contribución al cuidad
2	9/15/25 20:53:41	Gerente de proyecto	5 a 10 años	Pregrado	SI	Contribución al cuidad
3	9/15/25 20:51:20	Productor agrícola	Más de 10 años	Bachiller	En proceso de evaluac	Contribución al cuidad
4	9/15/25 20:59:28	Productor agrícola	5 a 10 años	Bachiller	SI	Reducción de costos e
5	9/15/25 20:53:20	Productor agrícola	5 a 10 años	Técnico	SI	Contribución al cuidad
6	9/15/25 20:57:46	Productor agrícola	Más de 10 años	Bachiller	En proceso de evaluac	Contribución al cuidad
7	9/15/25 21:08:56	Productor agrícola	5 a 10 años	Bachiller	En proceso de evaluac	Reducción de costos e
8	9/15/25 21:05:02	Productor agrícola	5 a 10 años	Bachiller	SI	Reducción de costos e
9	9/15/25 21:13:06	Productor agrícola	5 a 10 años	Bachiller	En proceso de evaluac	Reducción de costos e
10	9/15/25 21:12:05	Productor agrícola	Más de 10 años	Técnico	SI	Reducción de costos e
11	9/15/25 21:13:06	Productor agrícola	Más de 10 años	Técnico	SI	Reducción de costos e
12	9/15/25 21:18:56	Productor agrícola	Más de 10 años	Técnico	No	Reducción de costos e

Nota. Elaboración propia (2025).

Anexo E. codificados en JASP (2024)

Figura 12*Proceso de codificación de datos en JASP (2024)*

rol	¿cuál fue o es el principal motivo para considerar la implementación?	Años de experiencia en el sector agrícola	Nivel de formación	¿Qué tan efectiva considera la
1	1	1	1	1
2		2	2	2
3		3		
3				

Nota. Elaboración propia (2025).

Inicialmente, las respuestas fueron exportadas en formato .csv, se eliminaron registros duplicados o incompletos, y se unificaron los formatos de fecha y valores numéricos.

Posteriormente, se asignaron valores numéricos a las variables categóricas siguiendo un diccionario de códigos previamente definido: por ejemplo, el rol en el sector agrícola se codificó como 1 = Productor agrícola y 2 = Gerente de proyecto; el nivel de formación académica como 1 = Bachiller, 2 = Técnico, 3 = Tecnólogo, 4 = Pregrado, 5 = Posgrado.

Figura 13

Matriz de datos codificados en JASP (2024)

rol		Variable nominal, la magnitud no tiene significado
Productor agrícola	1	
Gerente de proyecto	2	
Productor agrícola	3	
¿cuál fue o es el principal motivo para considerar la implementación?		Variable nominal, la magnitud no tiene significado
Contribución al cuidado del	1	
Reducción de costos energé	2	
Años de experiencia en el sector agrícola		Variable nominal, la magnitud no tiene significado
Menos de 5 años	1	
5 a 10 años	2	
Más de 10 años	3	
Nivel de formación académica		Variable nominal, la magnitud no tiene significado
Bachiller	1	
Pregrado	2	
Técnico	3	
¿Qué tan efectiva considera la gestión de proyectos en la implementación de si		Variable ordinal, donde la magnitud se asocia a la magnitud de ef
3	1	
5	2	
4	3	
6	4	

Nota. Elaboración propia (2025).