

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos



Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables a partir de herramientas y metodologías de gerencia de proyectos que impulsen su sostenibilidad social.

Gina Paola Pinzón Contreras

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Noviembre de 2025

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

Fortalecimiento del emprendimiento rural “Viviendas Rurales Autosustentables” a partir de herramientas y metodologías de gerencia de proyectos que impulsen su sostenibilidad social.

Gina Paola Pinzón Contreras ID1057647

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesora

Ivonne Tatiana Muñoz Martínez

Magíster en Administración

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Noviembre de 2025

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

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
1.1.1 Contextualización del Objeto de Estudio: Viviendas Rurales Autosustentables.....	13
1.1.2 Problemática central identificada	15
1.2 La pregunta de investigación	16
1.3 Los objetivos de investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Justificación de la investigación	17
2 MARCO DE REFERENCIA.....	20
2.1 Marco de Antecedentes.....	20
2.1.1 Biodigestores en zonas rurales.....	20
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	21
2.1.3 Antecedentes Nacionales	27
2.2 Marco Teórico.....	29
2.2.1 Implementación de biodigestores en fincas rurales autosustentables.....	29
2.2.2 Sostenibilidad social del Proyecto de Biodigestores en Guateque, Boyacá	43
2.2.3 Metodologías y herramientas en la Gerencia de Proyectos	45
2.3 Marco normativo.....	48
3 METODOLOGÍA.....	50
3.1 Enfoque y alcance de la investigación	50

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su
sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

3.2	Población y muestra.....	51
3.2.1	Definición de la población.....	51
3.2.1	Cálculo y selección de la muestra.....	52
3.3	Instrumento(s).....	52
3.3.1	Modelo de Caracterización de Zonas Rurales	53
3.3.2	Análisis Documental.....	53
3.4	Descripción de procedimientos.....	53
3.4.1	Modelo de Caracterización de Zonas Rurales	53
3.4.2	Análisis Documental.....	56
3.5	Análisis de información	59
3.5.1	Modelo de caracterización de zonas rurales	59
3.5.2	Análisis documental.....	59
3.5.3	Análisis de información de las entrevistas semiestructuradas	59
3.6	Consideraciones éticas	60
3.6.1	Análisis de consideraciones éticas	60
3.6.2	Instrumentos de aceptación y autorización	62
4	RESULTADOS	63
4.1	Caracterización de Viviendas Rurales Autosustentables	63
4.2	Comparación de metodologías y conceptos de gerencia de proyectos aplicables a viviendas rurales autosustentables	73
4.3	Formulación de estrategias para fomentar la sostenibilidad social de viviendas Rurales autosustentables.....	77
5	DISCUSIÓN	81
5.1	Análisis de los resultados frente al marco teórico	81
5.2	Vinculación con la gerencia de proyectos y la teoría de la participación	82
5.3	Aportes en sostenibilidad social y ruralidad	83
5.4	Impacto de los resultados en el campo de estudio	84
5.5	Contraste con la literatura internacional y nacional.....	85
5.6	Reflexión metodológica y validación de la estrategia aplicada	86
5.7	Aportes al conocimiento y propuestas de futuras líneas de investigación	87
5.8	Síntesis final.....	88

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su
sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

6	CONCLUSIONES.....	89
7	RECOMENDACIONES	91
8	Referencias	92
	Anexos.....	99

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Herramientas específicas</i>	47
Tabla 2 <i>Normatividad</i>	48
Tabla 3 <i>Modelo de caracterización de zonas rurales para viviendas autosustentables</i>	54
Tabla 4 <i>Modelo de análisis documental para Viviendas Rurales Autosustentables</i>	57
Tabla 5 <i>Caracterización general de Viviendas Rurales Autosustentables en su contexto rural</i>	64
Tabla 6 <i>Caracterización específica de Viviendas Rurales Autosustentables respecto a su sostenibilidad social</i>	71
Tabla 7 <i>Cuadro comparativo de metodologías</i>	74
Tabla 8 <i>estrategias para fomentar la sostenibilidad social de Viviendas Rurales Autosustentables</i>	77

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su
sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

Lista de figuras

Figura 1 <i>Plantas de biogás en Europa</i>	23
Figura 2 <i>Desglose de la demanda mundial de bioenergía en el Escenario de Desarrollo Sostenible. 2010-2040</i>	24
Figura 3 <i>Desglose de la demanda mundial de bioenergía en el escenario de políticas públicas. 2010-2040</i>	24
Figura 4 <i>Etapas de la digestión anaerobia</i>	31
Figura 5 <i>Diagrama de proceso de biodigestor</i>	33
Figura 6 <i>Biodigestor tipo chino</i>	35
Figura 7 <i>Biodigestor tipo hindú</i>	36
Figura 8 <i>Biodigestor tipo salchicha</i>	37
Figura 9 <i>Motor de combustión interna</i>	38
Figura 10 <i>Funcionamiento motor de dos tiempos</i>	39
Figura 11 <i>Tiempo de admisión</i>	40
Figura 12 <i>Tiempo de compresión</i>	41
Figura 13 <i>Tiempo de combustión</i>	42
Figura 14 <i>tiempo de escape</i>	43
Figura 15 <i>Gráfico Radial Caracterización general de Viviendas Rurales Autosustentables en su contexto rural</i>	69
Figura 16 <i>Gráfico Radial Caracterización específica de Viviendas Rurales Autosustentables en el ámbito social</i>	72

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su
sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

Lista de anexos

Anexo 1.FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	99
Anexo 2 MATRIZ DE CARACTERIZACIÓN.....	102
Anexo 3 TABLA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL	168
Anexo 4 GUIÓN DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA.....	171

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

Resumen

El propósito de la investigación fue proponer estrategias para fortalecer las viviendas rurales autosustentables en Guateque, Boyacá, mediante el uso de herramientas y metodologías propuestas por la gerencia de proyectos que impulsaran la sostenibilidad social. La investigación se desarrolló con enfoque cualitativo descriptivo mediante un estudio de caso, en el que participaron familias rurales del municipio. Se usó un modelo de caracterización de zonas rurales, un análisis documental y entrevistas semiestructuradas como instrumentos principales. Los resultados permitieron evidenciar que los principales factores que limitaban la sostenibilidad social eran la inversión inicial y la falta de conocimiento técnico, por lo que se propusieron estrategias basadas en metodologías híbridas de gerencia de proyectos, procesos de capacitación comunitaria y aprovechamiento de incentivos gubernamentales. Se concluyó que la aplicación de herramientas de gerencia de proyectos favoreció la sostenibilidad social, la economía circular, la autonomía energética y el desarrollo rural sostenible de las comunidades rurales de Guateque, Boyacá.

Palabras clave: Gerencia de proyectos, Viviendas rurales autosustentables, Energías renovables, Desarrollo rural sostenible, Sostenibilidad social.

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

Abstract

The purpose of the research was to propose strategies to strengthen self-sustainable rural housing in Guateque, Boyacá, through the use of tools and methodologies proposed by project management that promote social sustainability. The research was conducted using a qualitative descriptive approach through a case study involving rural families in the municipality. A rural area characterization model, documentary analysis, and semi-structured interviews were used as the main instruments. The results showed that the main factors limiting social sustainability were the initial investment and the lack of technical knowledge, so strategies based on hybrid project management methodologies, community training processes, and the use of government incentives were proposed. It was concluded that the application of project management tools promoted social sustainability, the circular economy, energy autonomy, and sustainable rural development in the rural communities of Guateque Boyacá.

Keywords: Project management, Self-sustainable rural housing, Renewable energy, Sustainable rural development, Social sustainability.

Introducción

Viviendas Rurales Autosustentables es un emprendimiento ubicado en el municipio de Guateque en el departamento de Boyacá, es un municipio colombiano situado 125 kilómetros de Tunja y a 112 kilómetros de Bogotá. Este municipio presenta un relieve ondulado y escarpado, con una altitud promedio de 1.815 metros sobre el nivel del mar. Su cuenca principal es el río Súnuba, formado por la confluencia de los ríos Aguacías y Machetá, que desemboca en la represa de Chivor (La Macarena, 2025). Guateque posee un clima tropical con una temperatura media anual de 19 °C, oscilando entre 12 °C y 24 °C, el municipio cuenta con una población aproximada de 9.603 habitantes, de los cuales 6.985 residen en el casco urbano y 2.937 en la zona rural. La densidad poblacional es una de las más altas del departamento. La economía de Guateque se basa en el sector agropecuario, destacándose cultivos de maíz y tomate, así como la ganadería. Además, es reconocido por su industria pirotécnica artesanal, involucrando a alrededor de 40 familias y posicionándose como la capital pirotécnica de Colombia. (Situr, Boyacá, 2025)

Este emprendimiento se dedica al diseño e instalación de biodigestores en las viviendas o fincas del área rural, partiendo de que las principales actividades económicas incluyen la agricultura y la ganadería generando grandes volúmenes de residuos orgánicos los cuales pueden ser aprovechados para la producción de biogás y biofertilizantes a través de biodigestores, La implementación de biodigestores en Guateque contribuye directamente al ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), DS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima) al proporcionar energía limpia y accesible, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y leña. Ayudará a reducir la pobreza energética debido a que muchas viviendas rurales en Guateque no cuentan con acceso continuo al gas natural. Uno de los principales desafíos para la implementación de biodigestores es el costo inicial de instalación, que puede ser alto para las familias rurales y la falta de conocimiento sobre los beneficios del

biogás podría generar resistencia al cambio, lo que hace necesario un proceso de educación y demostración de resultados a la comunidad, además la recolección y manejo de residuos puede ser un reto logístico.

Este proyecto de investigación analizó estos retos presentados con el fin de proponer estrategias que fortalecen la sostenibilidad ambiental y social de viviendas rurales autosustentables a partir de modelos, metodologías y herramientas propias de la gestión de proyectos. En ese sentido, se utilizaron los métodos de investigación acorde al enfoque seleccionado que permitieron comprender las causas de las problemáticas presentadas, buscando las mejores alternativas de la gerencia de proyectos para establecer soluciones a las problemáticas presentadas.

Considerando lo anterior, existen tres enfoques principales de investigación: cuantitativo, cualitativo y mixto. La investigación cuantitativa se dedica al análisis de datos numéricos y estadísticos, resultando pertinente para proyectos que requieren mediciones precisas. En contraste, la investigación cualitativa se centra en la comprensión profunda de los fenómenos a través de la experiencia y la interpretación del significado, siendo más adecuada para estudios de casos específicos. Por último, la investigación con métodos mixtos integra ambos enfoques, proporcionando una visión más completa y enriqueciendo el análisis (Hernández et al, 2014).

Debido a las características de este estudio, se adoptó un enfoque cualitativo descriptivo a partir del estudio de caso, cuyo objeto de estudio es Viviendas Rurales Autosustentables, esto debido a que se enfoca en detallar, comprender y analizar a profundidad las características particulares de un emprendimiento con el fin de entenderla como fenómeno y buscar a partir de métodos de recolección de información cualitativos las bases conceptuales que permiten formular estrategias desde la gerencia de proyectos para dar respuesta a las problemáticas de sostenibilidad halladas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

1.1.1 Contextualización del Objeto de Estudio: Viviendas Rurales Autosustentables.

En el municipio de Guateque, Viviendas Rurales Autosustentables se destaca por transformar los desechos orgánicos en biogás y biofertilizantes, promoviendo una solución sostenible que reduce costos energéticos, mejora la productividad agrícola y minimiza la contaminación, destacando también la mejora significativa en la calidad de vida de las familias campesinas fortaleciendo la economía local y fomentando las prácticas sostenibles.

Sin embargo, el contexto en el que opera también tiene desafíos. Uno de los mayores obstáculos fue el costo inicial de la instalación que osciló entre 2 y 5 millones de pesos dependiendo del tipo de sistema y la capacidad instalada. Para muchas familias campesinas dicha inversión representa un desafío económico, además en el país aún son limitados los accesos a créditos y subsidios para energías renovables que dificulta la masificación de estas soluciones (Ministerio de Minas y Energía, 2024). El desconocimiento sobre el funcionamiento y beneficios de los biodigestores normalmente genera resistencia al cambio en las comunidades rurales. Muchas familias han utilizado por generaciones la leña o el gas propano y desconfían de una nueva tecnología que requiere mantenimiento y seguimiento, sumado a esto la falta de capacitación técnica representa un desafío, debido a que su buen funcionamiento depende del manejo adecuado de los residuos y el mantenimiento periódico a las cámaras de digestión anaerobia (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura., 2019). Si bien el campo produce grandes volúmenes de residuos orgánicos, su recolección, almacenamiento y procesamiento son un reto logístico. Es necesario garantizar un suministro constante de materia prima para los biodigestores, evitando la degradación de los residuos antes de su uso y asegurando un equilibrio entre los desechos húmedos y secos para maximizar la producción de biogás.

Además, las condiciones climáticas y geográficas de Guateque pueden afectar el rendimiento de los biodigestores. La temperatura es un factor clave en la digestión anaerobia, y en zonas frías o con variaciones climáticas marcadas, la producción de biogás puede verse reducida. Para ello, fue crucial diseñar sistemas adaptados a las condiciones locales y considerar tecnologías complementarias, como sistemas de aislamiento térmico o biodigestores de flujo continuo (Centro Internacional de Energías Renovables-Biogás, 2021).

A pesar de estos retos, Viviendas Rurales Autosustentables cuenta con fortalezas significativas, como la reducción de la contaminación del agua y del suelo debido a que los biodigestores permiten una descomposición controlada de los residuos en un ambiente anaeróbico evitando la generación de contaminantes de suelo y agua, de esta manera se contribuye a la mitigación del cambio climático ya que al procesar los excrementos de los animales como bovinos y porcinos se reduce la liberación de gases de efecto invernadero ya que el metano tiene un potencial muy alto (Miogas, 2025). Entre otros beneficios el subproducto que se obtiene de este proceso es un fertilizante de alta calidad que se puede usar en los cultivos cerrando el ciclo de los nutrientes. Entre otros beneficios tenemos el fomento de la agricultura sostenible reduciendo la necesidad de depender del uso de energías no renovables y preservando la biodiversidad de los hábitats naturales de las zonas. El desarrollo del uso de biodigestores también genera oportunidades de negocio local permitiendo a los campesinos que aprendan la tarea a brindar soporte técnico de instalación y mantenimiento diversificando las fuentes de ingreso del municipio (Miogas, 2025).

Por otro lado, Viviendas Rurales Autosustentables tiene la oportunidad de aprovechar las tendencias globales hacia el auto sostenimiento energético y de comercio justo local.

La pobreza energética en Colombia es aproximadamente del 18.5% que se traduce en 9,6 millones de pobres energéticos. Según el Informe sobre Pobreza Energética Multidimensional en Colombia presentada por el Ministerio de Minas y Energía, el nivel de pobreza energética que presenta la región Andina es del 19,02%, anunciando al departamento de Boyacá con el 25,88% (Ministerio de Minas y Energía, 2024)

1.1.2 Problemática central identificada

El problema central de esta investigación radica en que Guateque es uno de los 428 municipios colombianos que no cuentan con redes de distribución de gas natural en su totalidad, especialmente en áreas rurales, aunque se ha propuesto la implementación de biodigestores como alternativa energética, no se han llevado a cabo pruebas físicas (Cárdenas Salgado & Gaona Martínez, 2023). Las comunidades rurales de Guateque enfrentan una problemática significativa relacionada con la falta de acceso continuo a fuentes de energía limpia y sostenible, lo que afecta la calidad de vida, la economía familiar y el medio ambiente. La mayoría de las familias dependen del gas propano, la leña o incluso residuos agrícolas para cocinar, lo que genera varios inconvenientes como los altos costos energéticos ya que parte de sus ingresos se deben destinar a la compra de gas propano y para quienes usan leña están expuestos a problemas de salud pública e implica esfuerzos físicos mayores, el manejo ineficiente de los residuos orgánicos en la zona generan un impacto ambiental alto y siendo la agricultura una de las actividades clave de la zona, el alto costo de los fertilizantes químicos afecta considerablemente la rentabilidad de los pequeños productores.

La sostenibilidad de este tipo de emprendimiento es crucial para generar una solución a la afectación de la calidad de vida de los habitantes y el equilibrio ecológico del territorio. Dentro de lo social resalta la falta de acceso a energías limpias ya que la dependencia a los combustibles tradicionales amplía la condición de pobreza energética en el territorio, impactando de manera negativa la salud de las familias (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2024) y limitando la apropiación de nuevas tecnologías sostenibles manteniendo entonces modelos de producción y consumo ineficientes y perjudiciales para el medio ambiente. Desde la perspectiva ambiental, no contar con estrategias sostenibles para el manejo de residuos y dar continuidad a la sobre explotación de los recursos naturales genera la degradación acelerada del ecosistema generando problemas irremediables medioambientales y contribuyendo a la aceleración del cambio climático (Internacional CRISIS GROUP, 2021).

1.2 La pregunta de investigación

¿Cuáles son las herramientas y metodologías de gerencia de proyectos más adecuadas para fortalecer Viviendas rurales sustentables con el fin de identificar estrategias que impulsen su sostenibilidad social?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Proponer estrategias encaminadas a fortalecer viviendas rurales autosustentables a partir de las herramientas y metodologías de gerencia de proyectos más adecuadas con el fin de garantizar su sostenibilidad social.

1.3.2 Objetivos específicos

Caracterizar viviendas Rurales Autosustentables y su entorno con el fin de determinar variables clave que influyen en su sostenibilidad social.

Evaluar diferentes metodologías y herramientas de gerencia de proyectos considerando las necesidades específicas de viviendas Rurales Autosustentables, para determinar cuáles son las apropiadas para impulsar su sostenibilidad a largo plazo.

Diseñar estrategias basadas en herramientas y metodologías de la gerencia de proyectos que fomenten la sostenibilidad social de viviendas Rurales Autosustentables.

1.4 Justificación de la investigación

La presente investigación se centra en Viviendas Rurales Autosustentables con el objetivo de caracterizar su entorno y determinar las variables clave que influyen en su sostenibilidad social. Este estudio es fundamental debido a la creciente necesidad de promover prácticas sostenibles en los negocios rurales, que son esenciales para el desarrollo económico y social de las comunidades rurales en Colombia (Castellanos, 2020).

La investigación es crucial para la comunidad científica porque aborda un problema significativo: la falta de sostenibilidad en los negocios rurales. Al caracterizar Viviendas Rurales Autosustentables y su entorno, se podrán identificar las variables clave que afectan su sostenibilidad. Esto no solo contribuirá al conocimiento académico sobre la gerencia de proyectos aplicada en los negocios rurales, sino que también proporcionará datos empíricos que pueden ser utilizados para desarrollar políticas y estrategias efectivas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

El problema de la sostenibilidad en los negocios rurales es investigado debido a su impacto directo en la economía rural y la calidad de vida de las comunidades. Los negocios rurales enfrentan desafíos únicos, como el acceso limitado a recursos, tecnología y mercados, así como la vulnerabilidad a los cambios climáticos y económicos. Estos factores hacen que la investigación sea esencial para encontrar soluciones que puedan mejorar la resiliencia y sostenibilidad de estos tipos de organización (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

Particularmente, para viviendas rurales autosustentables, los retos de: la inversión inicial y la falta de conocimiento en este tipo de tecnologías requieren especial atención dado que implementar los biodigestores como fuente de generación de biogás y fertilizantes naturales le permitirá a los campesinos contar con un servicio de primera necesidad sin tener que depender de conexión a gasoductos, de manera que no tendrán la obligación de pagar una conectividad, un uso mínimo mensual y no se verán expuestos a deudas con empresas prestadoras de servicios que pueden llegar a afectar la vida crediticia, además, al utilizar sus desechos orgánicos en función

del biodigestor, le darán disposición final a estos, disminuyendo concentración de malos olores, focos de insectos y contaminación de fuentes hídricas; otro beneficio sin duda es que ya no dependerán de cocinetas a leña que son responsables de problemas respiratorios y podrán utilizar el biogás en otras funciones como la generación de energía eléctrica y en otro aspecto los lixiviados y sobrantes del proceso de biodigestión son un fertilizante de muy alta calidad que les permitirá reutilizar en el tratamiento de suelos para las cosechas (Celis, 2020).

En Colombia existen apoyos gubernamentales que benefician el uso de energías renovables, en la Ley de Transición Energética 2099 del 2021 se ordena al Ministerio de Minas y Energía desarrollar un esquema de incentivos en el cual se contempla la generación de energía basada en fuentes de energía renovables y en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 contempla estrategias para impulsar el desarrollo de tecnologías con uso de biomasa, garantizando estabilidad y respaldo a los procesos (Santiago, 2024), de manera que una de las soluciones que se pretende proponer para afrontar la problemática de inversión económica en el proyecto, es apelar a los apoyos gubernamentales para este tipo de proyectos.

Con respecto a al desafío que enfrentamos con la falta de conocimiento de la población campesina en la implementación de este tipo de tecnologías, se pretende buscar apoyo o alianzas con entidades educativas para diseñar un plan de divulgación focalizado, entidades como el SENA, Colegios departamentales y universidades en las que estudiantes puedan participar del proceso de divulgación del montaje, uso y beneficios de los biodigestores en las fincas, de esta manera también se busca generar nuevos empleos para quienes se especialicen y puedan brindar el soporte técnico en los usuarios de la zona.

El desarrollo del presente proyecto permite a Viviendas Rurales Autosustentables beneficiarse directamente de las estrategias diseñadas, que mejorarán su sostenibilidad y competitividad. Esto puede traducirse en generación de empleo para quienes se especialicen en el montaje y mantenimiento de biodigestores, es una generación de ingresos para quienes venden el fertilizante que se obtiene al final de proceso del biodigestor ya que es de muy alta calidad y es totalmente competitivo con el químico del cual sus precios varían entre los \$70.000 y \$200.000 promedio, por otro lado cuando la generación de gas es abundante y tiene vecinos cercanos, este

también se puede comercializar al igual que la generación eléctrica en caso de producirse. De igual manera la comunidad rural en la que opera también se beneficia, ya que la mejora en la sostenibilidad del negocio genera el fortalecimiento de lazos comunitarios, el impulso social y económico de la región, la generación de empleo y el desarrollo en sostenibilidad (Becerra, Los biodigestores: fuente de desarrollo sostenible y calidad de vida en comunidades rurales de Colombia, 2017).

Desde el punto de vista académico, la autora del presente trabajo afianzo los conocimientos de investigación aplicada basada en metodologías de gerencia de proyectos y en la investigación de campo, enriqueciendo así la formación académica y profesional, además de contribuir con hallazgos relevantes y aplicadas que pueden ser utilizadas como referencia para futuros estudios y proyectos derivados de la Especialización en Gerencia de Proyectos de UNIMINUTO Virtual, contribuyendo así con su compromiso misional de aportar al desarrollo sostenible y la innovación en el ámbito rural.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco de Antecedentes

2.1.1 Biodigestores en zonas rurales

Partiendo de la idea de que este proyecto busca beneficiar principalmente la población de zonas rurales en el municipio de Guateque en el departamento de Boyacá, es importante mencionar que la implementación de biodigestores ofrece una solución integral para la gestión de residuos y la producción de energía renovable.

En Colombia aproximadamente el 70% de la población rural no cuenta con un sistema de recolección y tratado de residuos orgánicos generando un problema que se traduce en contaminación, foco de enfermedades y destrucción de ecosistemas, esto representa para las comunidades problemas sociales, económicos y ambientales. Colombia es un país que genera aproximadamente 12 millones de toneladas de residuos al año y se estima que de seguir así vivirá una contingencia en el 2030 debido a la emisión de gases efecto invernadero (Celis, 2020)

En zonas rurales de países en vía de desarrollo necesidades como la cocción de alimentos y calefacción representan la pobreza energética e influyen en la calidad de vida y se estima que hasta un tercio de la población mundial se enfrenta a esa realidad, obligándolos a depender de leña sobreexplotando los bosques, pero existe también otro problema que afecta, la producción de desechos orgánicos apareciendo en la cúspide el estiércol de los animales siendo uno de los factores que más aporta a la contaminación por generación de gases efecto invernadero, además que es foco de enfermedades. La implementación de biodigestores como opción energética en zonas rurales posibilita la producción de biogás a partir del uso de los desechos orgánicos para realizar la alimentación controlada del sistema, permitiendo subsanar temas como gas para cocinar, iluminar, calentar y para generación de energía eléctrica (Zelaya, 2023).

La adopción del uso de biodigestores en zonas rurales se analiza como un proceso de adopción tecnológica, este proceso es dinámico y continuo, se enfrenta a ciertos factores que son clave en la toma de decisiones de implementación por parte de los usuarios, debido a aspectos

financieros, técnicos, socioeconómicos y culturales, pero uno de los factores más fuertes son los factores institucionales (Zelaya, 2023).

Las experiencias de producir biogás a partir de los mismos desechos orgánicos generados por la comunidad, contribuye no solo a la reducción de niveles de contaminación, sino también a la mejora de calidad de vida, a la generación de empleo, a la capacitación en procesos tecnológicos y a la ocupación de población joven permitiéndoles encontrar un objeto de desarrollo sustentable para evitar su desplazamiento hacia las ciudades.

La implementación de los biodigestores en las zonas rurales ofrece ventajas como mejora de la calidad de vida reduciendo la tala de árboles, la adquisición de gas propano y el trabajo extra invertido para la recolección de leña, apoya la protección ambiental debido a que se disminuyen las emisiones de gases efecto invernadero y evita la contaminación de fuentes hídricas por residuos animales, contribuye en el aprovechamiento de residuos convirtiendo los desechos orgánicos en recursos útiles y aporta a la producción agrícola con la generación de bioabono para mejorar los suelos y aumentar el rendimiento agrícola. (SISTEMA.bio, 2020)

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Europa en su proceso de economía de emisión neutra de carbono, se encuentra en crecimiento adoptando tecnología anaeróbica de conversión de residuos. Para la implementación de estos sistemas, se centran en tratar los efluentes con macroorganismos en tanques de temperatura controlada sin acceso a aire. La Asociación Europea de Biogás (EBA) trabaja para que en el 2050, el biometano y otros gases renovables ayuden al sistema de energía por medio de proyectos como el Eurofish de Fluence Italia adaptando soluciones de conversión de residuos en energía en las industrias, de hecho implementaron procesos que cuentan con una etapa de digestión anaeróbica al tratamiento de efluentes sin tener que detener la producción, dándole gran valor a las industrias (Fluence News Teams, 2020).

La EBA tiene como objetivo principal acelerar la producción y uso de biogás, destacando su importancia para alcanzar la neutralidad climática, sus proyectos buscan cumplir con políticas

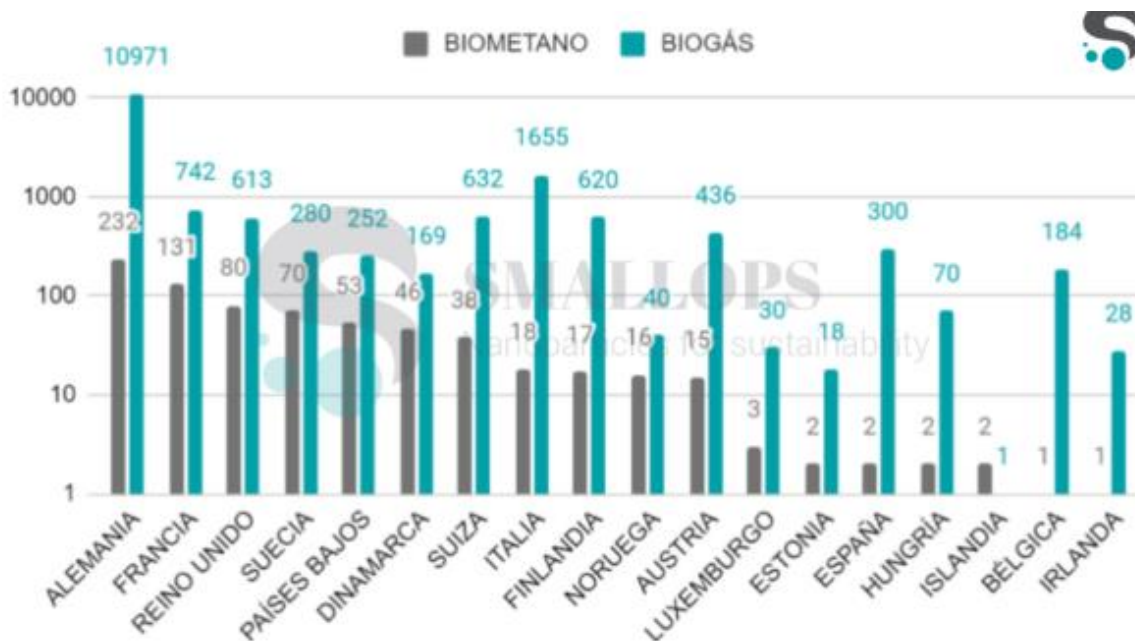
ambientales, aplicar la mejor tecnología y generar una comunicación asertiva en pro de liderar el sector del biólogo en el desarrollo de una bioeconomía (European Biogas Association, s.f)

Alemania genera biogás verde para uso automotriz, conocido como Biometano comparable al gas natural ruso, este producto es muy económico ya que representa solo un tercio del precio de la gasolina, el país tiene como inconveniente la demora en la generación de permisos que suelen demorar hasta 3 años, de acuerdo con la producción se podrían obtener 80TWh a partir de los residuos sustituyendo el 40% del gas ruso. A pesar de este tipo de iniciativas, existe la controversia en el país debido a que se usa aproximadamente el 6% del suelo agro para el cultivo de maíz con principal destino de generación de biogás. En Dinamarca las grandes empresas de energía son quienes producen y comercializan el biogás bombeando directamente la red nacional con la finalidad de sustituir la importación de gas de otros países, para este fin, son los agricultores quienes venden los residuos orgánicos y de estiércol a productores de biogás y ganan dinero de esa manera, siendo entonces una economía circular (Deutsche Welle, 2022)

Para diciembre del 2021 Alemania lideraba en Europa con 10971 plantas de producción de biogás como se evidencia en la figura 1

Figura 1

Plantas de biogás en Europa



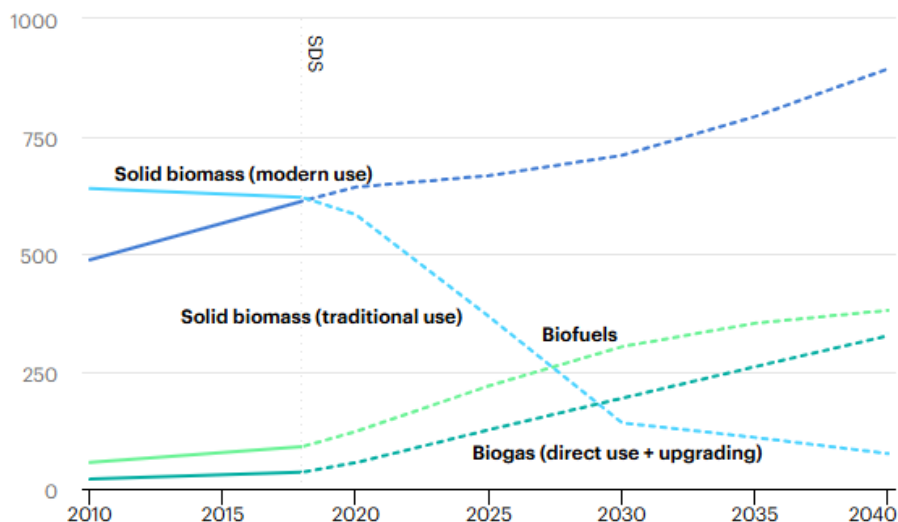
Nota. Potencial de biogás en Europa en el 2021. Tomado de (Smallops Sustainable nanoenergy, 2021)

En España la normativa se dirige especialmente a brindar apoyo a los proyectos de energía eólica y fotovoltaica, también se suman las dificultades existentes en el desarrollo de cultivos energéticos debido a la escasa pluviosidad del país, lo que se refleja en la baja inversión para desarrollar plantas de biogás. La generación de biogás en España solo cuenta con el 2% de la generación eléctrica (Smallops Sustainable nanoenergy, 2021).

El Objetivo de Desarrollo Sostenible informa que se requiere una amplia gama de enfoques y tecnologías para lograr los objetivos trazados, las tecnologías modernas crecen en dos escenarios, uno respecto al desarrollo sostenible y el otro respecto a las políticas públicas.

Figura 2

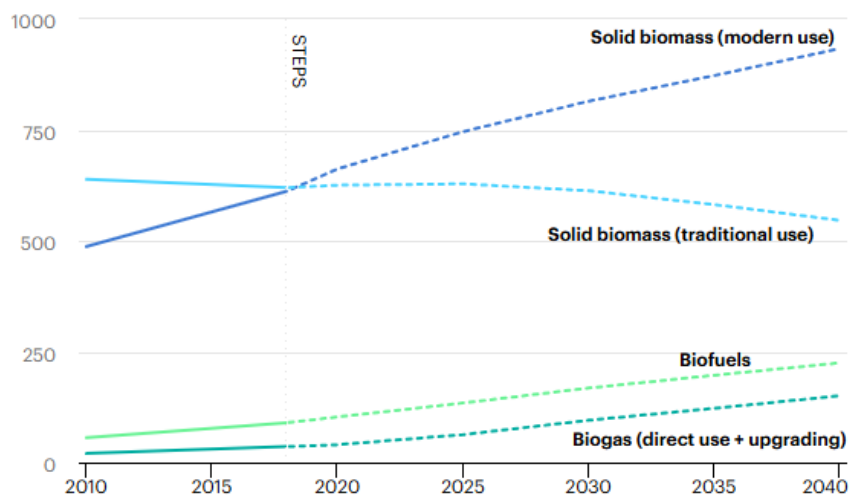
Desglose de la demanda mundial de bioenergía en el Escenario de Desarrollo Sostenible. 2010-2040



Nota. Tomado de (IEA, s.f.)

Figura 3

Desglose de la demanda mundial de bioenergía en el escenario de políticas públicas. 2010-2040



Nota. Tomado de (IEA, s.f.)

El panorama de uso de biomasa en la India ocupa el primer lugar en términos de población, con el 17,76% de la población mundial. India es una potencia agrícola y el 54.6% de su capacidad laboral trabaja en ese sector, representando el 17,8% del valor agregado bruto del país, actualmente India produce alrededor de 990 millones de toneladas métricas de biomasa agrícola al año, siendo la segunda más alta después de China. Mucha de la generación de biomasa se pierde en una quema descontrolada, motivo por el cual es importante implementar la generación de energía a partir de biomasa (Negi, Deep Chandra, & Ravindra, 2023).

India gasta aproximadamente \$94.300 millones anuales y 25 millones de toneladas de gas natural licuado (GNL), contribuyendo con 2.88 gigatoneladas de Gas Efecto Invernadero (GEI) anuales, para desarrollar proyectos de atenuación, el gobierno tiene iniciativas como el programa SATAT 2018 que planea instalar 5000 plantas de biogás comprimido (CBG) para finales del 2024 cuya inversión sería de \$263 mil millones de rupias que busca establecer una meta de producción de 15 millones de toneladas de CBG y 50 millones de toneladas de biofertilizante, la finalidad del gobierno es garantizar precios de hasta el 2029, subsidios para lograr producción diaria de 4.8 toneladas de CBG e integrar el biofertilizante en políticas agrícolas nacionales, generando empleo rural en construcción, operación y mantenimiento de plantas (Mukherjee, 2023).

En Costa Rica tiene el plan (400+) biodigestores domésticos en fincas, enfocados en manejo de estiércol y generación de energía renovable, produciendo 21.1 millones de toneladas por año de biomasa, a pesar de ello el país aún necesita trabajar en estrategias nacionales para aplicación de tecnología. Costa Rica pretende aplicar el biogás generado en generación eléctrica y procesos térmicos industriales usando biogás crudo, además de usar biometano en sustitución de diésel en el transporte pesado. Proyectos como AsoBiogás tiene 20 sistemas industriales y maneja el Parque Tecnológico Ambiental Uruca, que es un relleno sanitario generador de biogás para producción de electricidad. Esto demuestra que Costa Rica tiene la base técnica y política para ser líder en biogás (Asociación Costarricense de Biogás, 2025).

China actualmente cuenta con la planta de fermentación más grande del país, se encuentra ubicada en la isla de Chongming, cerca de Shanghái y representa un hito de sostenibilidad agrícola y producción de biogás ya que tiene la capacidad de procesar 65000 toneladas anuales de residuos orgánicos, usando un sistema sin excedente de agua, motivo que la hace

especialmente eficiente en contextos con escasez hídrica. Esta planta genera un promedio de 570 kW de energía eléctrica y 625 kW térmicos, traducido esto en un ahorro de emisiones estimado en 15.900 toneladas de CO₂ equivalente por año, lo que equivale a plantar 1.590.000 árboles.

La planta opera con digestión anaerobia seca la cual es una tecnología ideal para el procesamiento de residuos agrícolas sin alta inyección hídrica, lo que garantiza eficiencia energética y confiabilidad, el sistema se complementa con los procesos de compostaje y control de olores dentro de naves cerradas con tratamiento de aire, además, el biofertilizante resultante del proceso es utilizado contribuyendo a la economía circular y mejorando los suelos, de esta manera el proceso se alinea con prácticas agrícolas sostenibles y con los objetivos ecológicos del gobierno (Renegon Waste to value, s.f.).

Por otro lado, China y Argentina participan actualmente en alianzas de cooperación tecnológica, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina y el Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs (BIOMA) de China tienen un acuerdo estratégico de cooperación, cuyo propósito es fortalecer el intercambio de conocimientos y la transferencia tecnológica en temas relacionados con el tratamiento de efluentes ganaderos y la producción de biogás. Esta alianza busca enfrentar los desafíos energéticos y ambientales del ámbito rural mediante soluciones sostenibles.

Se han desarrollado actividades técnicas y académicas destacando la elaboración de informes sobre el estado de la digestión anaerobia en Argentina y la realización de ensayos experimentales con la finalidad de mejorar los procesos. Además, las dos instituciones han organizado cursos y seminarios dirigidos a profesionales y técnicos del sector. La colaboración incluye la participación de diversas unidades del INTA, como el Instituto de Microbiología y Zootecnia Agrícola (IMYZA), el Instituto de Floricultura, el IPAF Patagonia, la Agencia de Extensión de Venado Tuerto y varias estaciones experimentales ubicadas en Pergamino, Misiones y Concepción del Uruguay. Estas entidades han aportado desde sus especialidades al fortalecimiento de la cooperación científica y técnica con China.

Investigadores Argentinos han participado de capacitaciones presenciales en China visitando los laboratorios de BIOMA para observar los biodigestores en funcionamiento y asistieron a seminarios técnicos sobre diseño y operación de reactores anaeróbicos.

Los investigadores del INTA presentaron importantes avances, como el diseño participativo de soluciones para la agricultura familiar y la mejora de la calidad del proceso de fermentación en biogás durante el Simposio sobre la Promoción de la Bioenergía para un Desarrollo Bajo en Carbono (Gobierno de Argentina, 2025).

2.1.3 Antecedentes Nacionales

En Colombia se avanza en la utilización de biodigestores para generación de biogás, empresas como Biobolsa que fue fundada en México en el 2010 para llevar biodigestores a pequeñas y medianas producciones agropecuarias tiene una expansión de 3200 biodigestores instalados en 8 países, entre ellos Colombia, beneficiando 20000 usuarios de manera directa. Se lleva a cabo un proyecto en la sabana de Bogotá con una capacidad de 40 metros cúbicos usando 160 kg/día de estiércol de vaca para suplir las necesidades energéticas de cocina y electricidad, también busca generar fertilizante orgánico con la finalidad de reemplazar el 80% del fertilizante químico. Este biodigestor tiene un sistema tubular de flujo continuo, previendo una durabilidad de 30 años y adaptable para procesar los desechos orgánicos desde 2 bovinos hasta 2000 porcinos, buscando un retorno de inversión en 2 años mediante obtención de gas, electricidad y fertilizante, reduciendo la dependencia de gas propano o red eléctrica, sustituyendo los combustibles fósiles. Está finca piloto planea instalar más reactores gracias a la adaptabilidad a diferentes escalas (Contextoganadero, 2023).

En Colombia va en aumento la venta de biodigestores debido a una mayor conciencia ambiental y búsqueda de energías renovables, siendo una solución integral para el tratamiento de residuos orgánicos agropecuarios e industriales, promoviendo la generación de biogás y digestato como biofertilizante, dentro de los más instalados se encuentran los modulares y escalables debido a que se logran adaptar a pequeñas fincas o grandes industrias, se viene incursionando en diseños innovadores para mejorar las tasas de conversión de residuos a biogás, estos proyectos se enfocan en brindar soluciones a los agricultores, ganaderos y empresas. Como beneficios claves esta la reducción de emisión de metano (GEI) y contaminación a suelos y fuentes hídricas,

además promueve la economía circular, estos proyectos generan empleo en zonas rurales vinculados a la instalación y mantenimiento.

Para promover con mayor facilidad este tipo de proyectos se requiere apoyo en financiamiento o subsidios para pequeños productores, además de capacitación para difundir los conocimientos técnicos en las comunidades rurales (Biogas Metano latinoamerica, 2024).

Según el MinMinas Colombia se encuentra en una posición destacada en lo que respecta al potencial de producción de Biogás y Biometano, aproximadamente el 59% de esos gases aún no son aprovechados, de manera que se deben generar proyectos para dichos fines que beneficien al país ambientalmente logrando la sustitución de energías, evitar generación de gases efecto invernadero y generar biofertilizantes entre otros, desde el impacto social se espera que los hogares usen gases renovables, apoyar la diversificación energética en el campo y fortalecer la producción de más y mejores alimentos. El gobierno apuesta bajo la alineación con el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida” (Ministerio de Minas y Energía, s.f.).

Según la Universidad Nacional y la UPME el potencial de biogás en Colombia alcanza 10.447 TJ/año (equivalente al 8% del gas natural consumido en 2012). Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca, Meta, Santander, Casanare, Cesar, Atlántico, Bolívar, Risaralda y Cauca son las zonas con mayor disponibilidad de biomasa residual para generación de biogás. Los sectores líderes en la generación de biogás son la caña de azúcar con 4 ingenios que cuentan con una capacidad de 7480 ton/día, uso de palma de aceite generando biogás a partir de aguas residuales reflejada en la producción de 133 millones m³/año, la porcicultura fomenta el uso de porcínaza en los biodigestores tipo bolsa o Taiwán produciendo 600 m³/h de biogás (63% metano) y en la agroindustria existe un aprovechamiento de 1.935 m³/día de biogás, usando tecnologías de purificación de 400 m³/h con 60% metano.

La Empresa Pública de Medellín (EPM) en la PTAR San Francisco lidera un proyecto pionero para inyectar 600.000 m³ de biometano/año en la red domiciliaria (equivalente a 10,000 hogares), el cual inicio en el 2023 anunciado en el Congreso Naturgas (NATURGAS, 2023).

Según la Agencia de Renovación del Territorio de está desarrollando la implementación de Biodigestores para el aprovechamiento de residuos porcícolas en Tame, Arauca bajo el PDET (Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial), siendo un Instrumento de planificación a **15**

años para municipios afectados por violencia, pobreza y economías ilícitas con el objetivo de reactivar la economía y el desarrollo rural integral, se pretende aprovechar residuos porcícolas mediante biodigestores para generar energía y biofertilizantes, capacitando a 27 familias, implementando unidades energéticas eficientes para fortalecer la sociedad y la competitividad de la región. Este proyecto estima una inversión de \$547.7 millones, monto que pretende sopesarse con una contrapartida local de \$190.2 millones y solicitando cooperación de \$357.4. Se espera un impacto social de empoderamiento comunitario mediante capacitación convirtiéndose en un modelo replicable en otras regiones (Agencia de Renovación del Territorio, s.f.).

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Implementación de biodigestores en fincas rurales autosustentables

A partir de la necesidad que representa el uso de gas y energía eléctrica en cada hogar, hemos detallado varias problemáticas en zonas rurales, en este caso de manera específica, en el municipio de Guateque situado en el departamento de Boyacá. Siendo una zona dedicada al agro y a la ganadería, para los habitantes en zona rural resulta un tanto complejo contar con los servicios básicos como gas y electricidad continua ya que debido a la geografía es complejo extender las redes del Sistema Interconectado Nacional (SIN), de manera que muchos habitantes deben acudir a otras formas para obtener electricidad como generadores a DIESEL o sistemas de energía renovable, igualmente para la cocción de los alimentos no se cuenta con gasoducto que se extienda hasta las zonas rurales obligando a la población a depender de leña o cilindros de gas propano que deben trasladar desde zonas alejadas.

Partiendo de lo anterior, la propuesta es implementar el diseño e instalación de biodigestores para fincas rurales, este sistema es muy sencillo y su funcionamiento se centra en la concentración de residuos orgánicos que se exponen a un proceso anaeróbico al interior de una capsula para obtener biogás y fertilizante natural, permitiendo con esto a los usuarios contar con gas continuamente para la cocción de alimentos e incluso para la generación de energía eléctrica

y la obtención de fertilizantes de muy buena calidad para el tratamiento de los suelos. esencialmente se usan los excrementos de animales bovinos y porcinos, un metro cubico de biogás totalmente combustionado produce 1,25 kW/h, generando electricidad para seis bombillos de 30 W durante seis horas, o puede poner en funcionamiento un refrigerador de 1 m³ de capacidad durante 1 hora o hacer funcionar un motor de 1 HP durante 2 horas. (Moreno M. T., 2011)

Los residuos orgánicos deben ser dispuestos en espacios libres de oxígeno, con una temperatura templada que permite que las bacterias procedentes de los residuos naturales logran multiplicarse rápidamente produciendo ácidos, anhídrido carbónico, amoniaco y gas metano el cual es la esencia del biogás ya que cuenta con un alto poder calorífico, al final del proceso en el digestor que es el recipiente hermético en donde se llevó a cabo el proceso tendremos el abono orgánico residual de alta calidad llamado Biol.

El BIOL son fitorreguladores obtenidos del proceso de descomposición anaeróbica dentro del biodigestor el cual se usa como estimulante orgánico (abono natural) generando el crecimiento de las plantas con calidad y mejor cantidad, es una fuente natural fácil y barata de obtener BIOL en corto tiempo de 1 a 3 meses después de dar inicio al proceso. El BIOL es un recuperador en los casos en los que las plantas han sido afectadas por heladas y granizadas ya que su acción es directamente sobre el follaje, la raíz y la floración, además de hacerlas más resistentes al ataque de plagas y enfermedades. (Portal Fruticola, 2021)

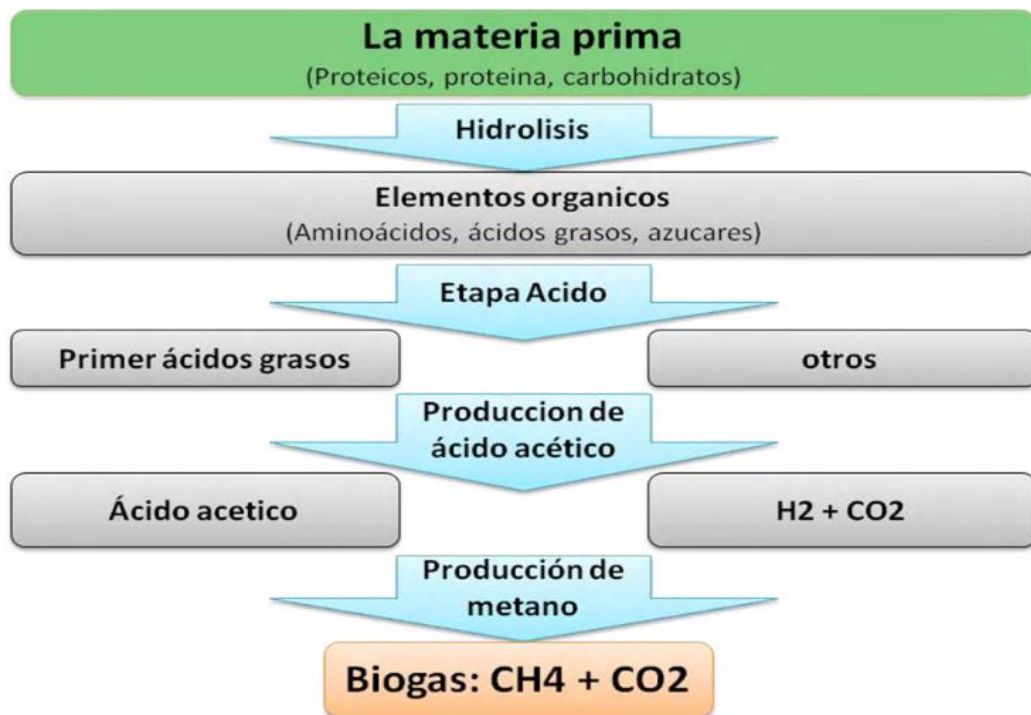
Luego de la producción del biogás este será utilizado para la combustión directa en las cocinas atenuando de esta manera el uso de combustión de leña disminuyendo la tala de árboles y las afectaciones pulmonares tempranas y en la transformación de energía eléctrica mediante grupos electrógenos.

El método más común de producción de biogás es la digestión anaeróbica en un tanque cerrado llamado 'biodigestor'. La biomasa se mezcla en el digestor con agua para formar una suspensión, en la cual la digestión anaerobia se realiza en dos pasos. En el primer paso, llamado licuefacción, la materia orgánica es descompuesta por hidrólisis enzimática y fermentada para producir principalmente ácidos y alcoholes. (Moreno M. T., 2011)

Seguidamente, en la etapa de gasificación, las bacterias metalogénicas rompen los ácidos y los alcoholes, para producir metano y dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico. (Moreno M. T., 2011) La figura 1 indica las diversas etapas de la digestión anaerobia.

Figura 4

Etapas de la digestión anaerobia



Nota: Diagrama del proceso anaerobio para obtención de biogás. Adaptada de (González Cabrera, 2014)

El biogás obtenido en esta transformación lo constituye una mezcla de gases combustibles y su composición depende del tipo de material orgánico utilizado para su producción y de las condiciones de operación de los reactores donde ocurre la transformación.

El biogás contiene aproximadamente un 60% de metano y 40% de dióxido de carbono; la pequeña cantidad de ácido sulfhídrico da al gas un olor de huevos podridos. El valor calorífico del biogás es 20 – 30 MJ de energía calórica por m³ de gas.

Las principales razones que pueden llevar a la implementación de la tecnología del biogás son:

- Obtener una fuente de energía económica que permita disminuir costos asociados al consumo de la energía eléctrica o sistemas de gas convencionales.
- Reducción de olores: los sistemas de biogás reducen los olores ofensivos especialmente en aquellas zonas donde se producen y manejan grandes cantidades de estiércol debido a la explotación de ganado. Los sistemas de biogás reducen estos olores debido a que los ácidos orgánicos volátiles que causan los compuestos generadores de olor son consumidos por las bacterias productoras de ganado. (Vinasco, 2021)
- Fertilizante de alta calidad. En el proceso de digestión anaerobia, el nitrógeno orgánico en el estiércol se convierte en gran proporción a amoníaco, el constituyente básico de fertilizante comercial, que es fácilmente disponible y utilizado por las plantas.
- Reducción de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas. El efluente del digestor es un producto más uniforme y manejable que el estiércol no tratado. La alta cantidad de amoníaco permite una mejor utilización de los cultivos y permite mejorar las propiedades físicas de los suelos. Una aplicación apropiada del efluente del digestor reduce la contaminación de aguas superficiales o subterráneas.
- Reducción de patógenos el calentamiento que ocurre en los digestores reduce las poblaciones de patógenos rápidamente en pocos días.

La recuperación de biogás mejora los rendimientos económicos mientras mejora la calidad del medio ambiente maximizando los recursos de la granja de tal manera que puede probarse que es competitiva y considerarse como una alternativa sostenible para la industria ganadera.

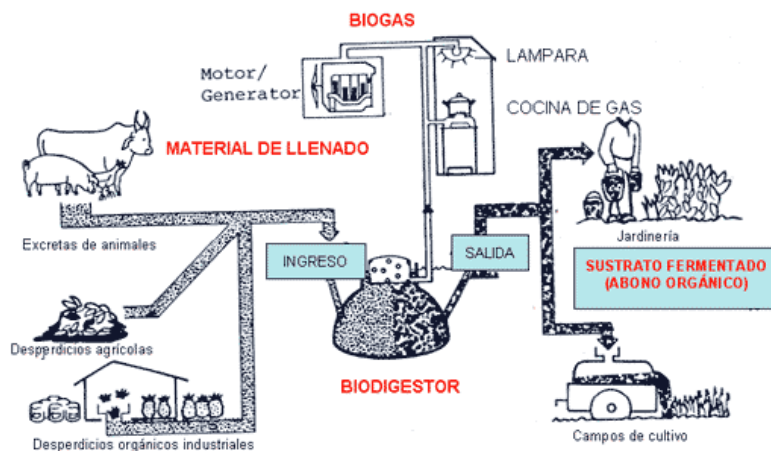
El proceso de generación de productos de un biodigestor se distribuye de la siguiente manera:

- El digestor recibe los residuos procedentes del centro de acopio, establos y letrinas por medio de una tubería.
- En la cámara de fermentación se inicia la producción de gas que generalmente es almacenado en la parte superior que tiene forma de cúpula.

- Por el ducto de salida generalmente lateral se extrae el residual líquido tras el proceso de fermentación aún más rico en abono que el mismo estiércol conocido como BIOL.
- Se dispone una tubería que permite llevar el gas producido directamente a la vivienda para su uso final.

Figura 5

Diagrama de proceso de biodigestor



Nota: Breve explicación grafica del proceso de biodigestión a partir de desechos orgánicos y los productos a obtener. Tomada de Disposición de los residuos orgánicos para el biodigestor. (Usca & Borbor Villon, 2017)

Existen diferentes tipos de biodigestores que pueden ser viables para viviendas en zonas rurales, sus tecnologías igualmente pueden variar de acuerdo a las necesidades y a las finalidades, los biodigestores discontinuos solo se cargan una vez y son retirados cuando dejan de producir gas, normalmente se usan cuando no se tiene una fuente constante de materia orgánica, los semicontinuos se cargan durante 12 horas una vez al día o cada 2 días y generalmente se usan cuando se tienen fuentes orgánicas disponibles, los continuos por lo general su finalidad es el tratamiento de aguas negras, tienen una carga continúa y comúnmente se usan en la industria. Los dos últimos hacen parte de los biodigestores rurales de baja tecnología también conocidos como domiciliarios y se caracterizan por que no disponen de un

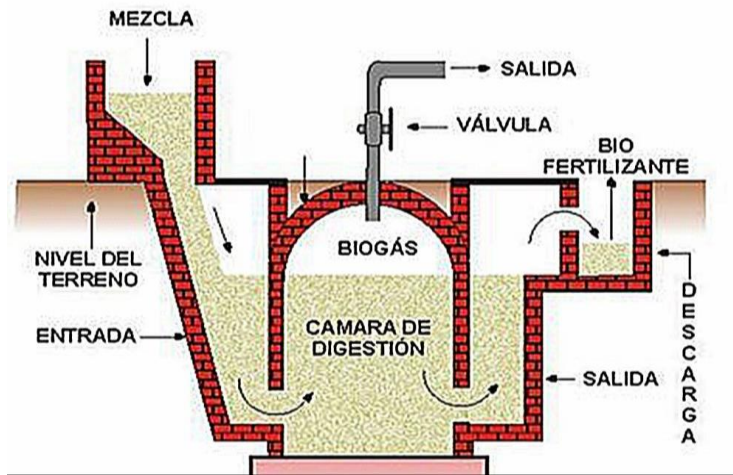
sistema de agitación continua, por lo general utilizan la misma carga diaria para generar la agitación, además en su gran mayoría los biodigestores dependen de la temperatura ambiente para su proceso, en zonas con baja temperatura, se suelen aislar para garantizar una temperatura constante que no altere el proceso. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura., 2019)

Los biodigestores semicontinuos y continuos tienen 3 orificios, el central que se cierra después de realizar la carga y se vuelve a abrir para limpiar el biodigestor, el orificio de entrada permite realizar la alimentación periódica y otro que es de salida en donde se puede recoger el material degradado, son viables para tratar material blando, se encuentran diferentes tipos:

Tipo chino: también es conocido como de cúpula o campana fija, este es un modelo muy funcional, de alta durabilidad, fácil manejo y seguro, es de origen chino y está bastante difundido en este país. Se trata de una cámara cerrada en la que internamente se encuentran las sub-cámaras de carga y descarga, almacena una pequeña porción de gas. Puede ser construido en concreto, hormigón, ladrillo o piedra y se puede impermeabilizar con cualquier método que evite las fugas del líquido, por el tamaño de la cúpula, es necesario reservar el biogás en otro contenedor. Su costo de construcción no compensa la vida útil de quince años con un buen mantenimiento. Se necesitan materiales de muy buena calidad, por lo consiguiente, de montaje costoso. En China existen aproximadamente cinco millones de biodigestores y con un buen funcionamiento debido a su buen mantenimiento (Ramírez, 2019).

Figura 6

Biodigestor tipo chino

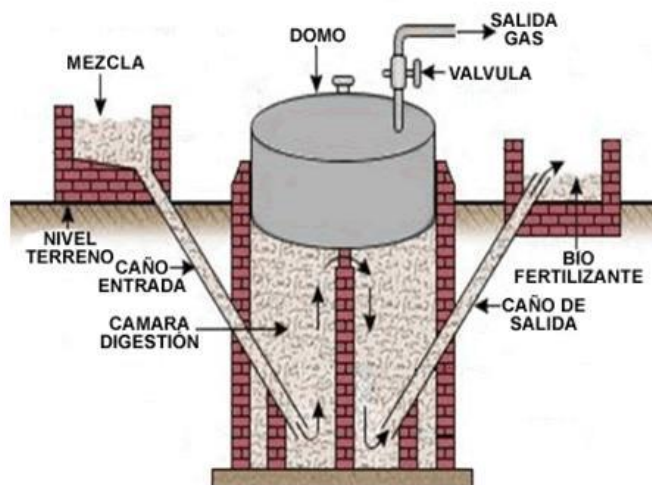


Nota: biodigestor tipo chino. Tomado de (Red de Multiservicios Regional SAC, 2025)

Tipo hindú: También se conoce como de campana o cúpula flotante, tiene una estructura vertical de forma cilíndrica dispuesta como reactor, fabricada en ladrillo y en ocasiones es reforzada con hormigón. En la parte superior tiene una cúpula, domo o campana flotante para que contenga y reserve el biogás generado por el reactor, es fabricado en un material resistente como plástico o acero; dos zonas que son conectadas al reactor, una para la carga de materia orgánica y otra para la descarga del BIOL. En la cámara hermética que genera las condiciones para la degradación, se acumula el biogás, y gracias al movimiento vertical del domo, la presión del biogás se mantiene constante (Ramírez, 2019).

Figura 7

Biodigestor tipo hindú

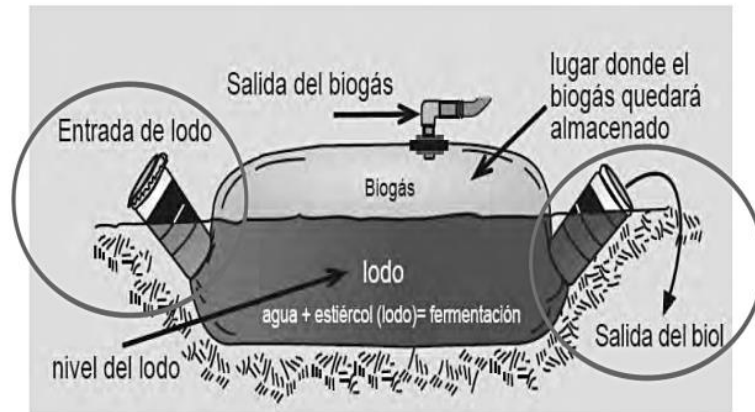


Nota: biodigestor tipo hindú. Tomado de (Red de Multiservicios Regional SAC, 2025)

Tipo salchicha: También se conoce como taiwanés o de estructura flexible. Debido a los costos que implican construir un biodigestor de estructura rígida, los granjeros de escasos recursos se veían limitados para adquirir y montar un biodigestor; por tal motivo, ingenieros taiwaneses diseñaron una estructura blanda tubular que es construida con materiales flexibles y por consiguiente, más económica que los anteriores biodigestores, está construido con polietileno y por tal razón es utilizado mayormente en América Latina y África; es el tipo de biodigestor más recomendado por su costo de fabricación y mantenimiento. Cuenta con un contenedor de entrada donde se deposita la biomasa compuesta por desechos orgánicos y agua, en el proceso el gas se almacena en la parte superior de la bolsa de polietileno del reactor que es la segunda recámara y está parcialmente llena con materia en fermentación permitiendo que la bolsa se infle lentamente con una presión baja. Se dispone de una tercera recámara para el retiro del BIOL, que es el residuo de los desechos orgánicos ya procesados. Debe estar protegido por una cubierta a modo de invernadero, para que pueda mantener la temperatura de procesamiento. Este puede clasificarse como un biodigestor de desplazamiento horizontal semicontinuo (Suárez, s.f.).

Figura 8

Biodigestor tipo salchicha



Nota: biodigestor tipo salchicha. Tomado de (Suárez, s.f.)

El funcionamiento del biodigestor se basa en la digestión anaeróbica en donde los microorganismos en ausencia de oxígeno logran descomponer material orgánico biodegradable en donde se presentan varias etapas para lograr la generación de biogás, bajo factores como la temperatura y el pH del material biodegradable el proceso anaeróbico sucede en cuatro etapas.

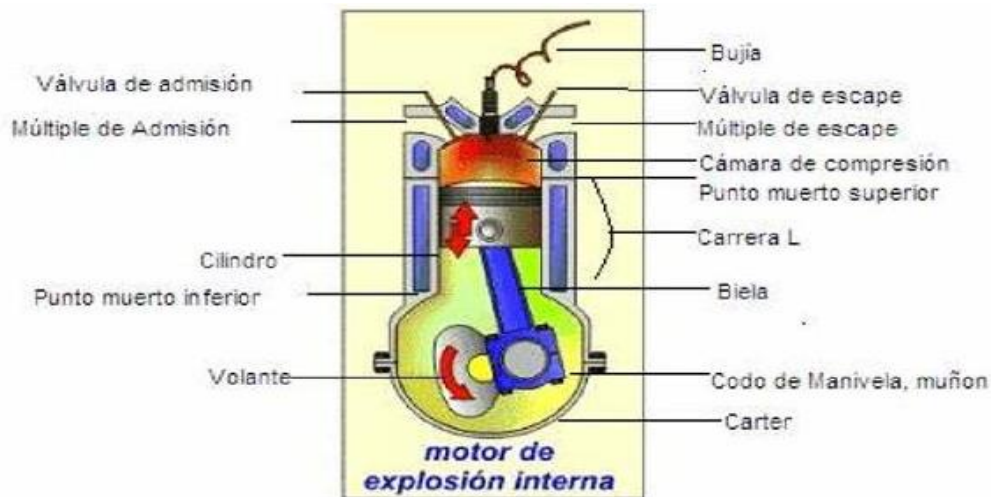
- Hidrolisis: En donde las moléculas de agua se dividen y sus átomos se mezclan con otra especie química, funcionando el agua como disolvente.
- Acidogénesis: Es la conversión bacteriana producida en la hidrolisis.
- Acetogénesis: En donde se metabolizan los ácidos grasos, alcoholes y compuestos aromáticos (ácido acético, propiónico, butírico y valérico).
- metanogénesis: En donde las bacterias metanogénicas transforman en metano el dihidrógeno y el ácido acético.

Teniendo la fuente de biogás se puede pensar en la transformación de dicha energía en energía eléctrica, remontándose al principio del electro magnetismo que describe los fenómenos físicos en los cuales se involucran las cargas eléctricas en excitación gracias a los campos magnéticos y en la generación eléctrica, que se basa en la ley de Faraday en donde se debe tener una diferencia de potencial entre dos polos, de la misma manera que un imán que generen un campo magnético sobre un conductor eléctrico excitando los electrones dispuestos en el mismo para generar una corriente eléctrica y una fuerza electro motriz conocida como FEM que simplemente es la energía que proviene de cualquier fuente generada por una diferencia de potencial entre dos puntos siendo capaz de mover cargas eléctricas a través de un conductor.

Se dispondrá por lo tanto de un generador de combustión interna a cuatro tiempos que basa su funcionamiento en quemar una mezcla comprimida de aire y combustible dentro de una cámara cerrada o cilindro incrementando la presión y generando la potencia para el movimiento lineal alterno del pistón.

Figura 9

Motor de combustión interna



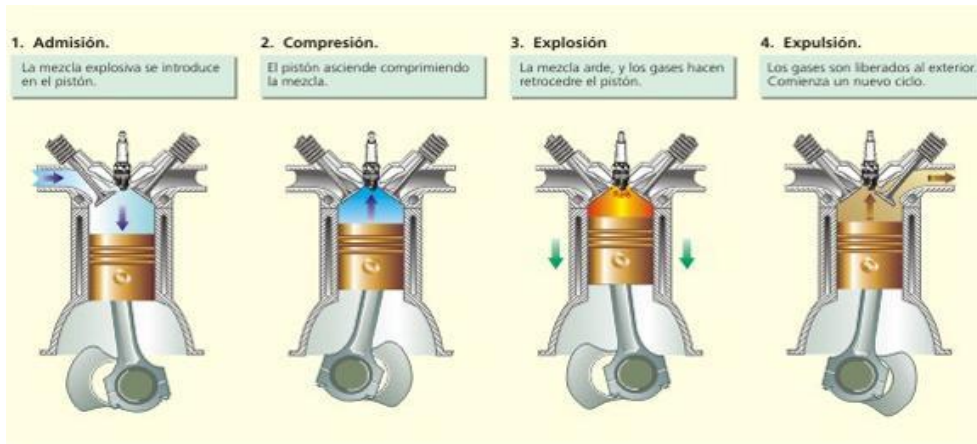
Nota: Tomado de (Corredor, 2019)

Generalmente un generador de combustión ejecuta el proceso en cuatro pasos: admisión, compresión, combustión y escape y en este caso, el generador de dos tiempos debe ejecutar su

proceso solamente en dos ciclos produciendo una explosión con cada una de las vueltas de cigüeñal ya que no utiliza válvula de admisión y escape.

Figura 10

Funcionamiento motor de dos tiempos



Nota: Tomado de (PONT GRUP, s.f.)

Los generadores de combustión a gas son uno de los equipos que tienen conversión de energía térmica a eléctrica con mayor nivel, produciendo menor contaminación de CO₂, cerca de un 14% respecto a un generador a gasolina o diésel, los motores de cuatro tiempos se utilizan en su mayoría para la automoción. Son motores alternativos, lo que quiere decir que un émbolo o pistón se desplaza arriba y abajo por el interior de un cilindro, mediante un sistema de transformación biela-manivela, este movimiento se transforma en el giro de una manivela o cigüeñal (PONT GRUP, s.f.).

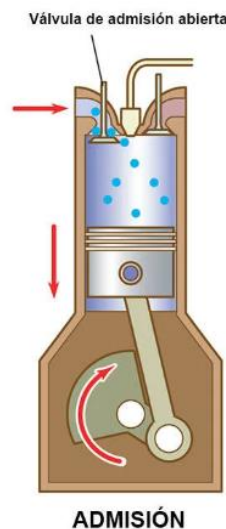
Del ciclo el funcionamiento de estos motores se completa con cuatro desplazamientos del pistón, el desplazamiento lineal del pistón se transformará en movimiento giratorio en el cigüeñal mediante una biela. Los orificios por los que entra y sale el aire se abren o cierran mediante dos piezas que se denominan válvula de admisión y válvula de escape respectivamente. Como sólo existe un tiempo que realice el trabajo, los motores de cuatro tiempos siempre tienen un volante

de inercia que almacenan energía rotatoria para los momentos en que se necesita energía, otra técnica que se emplea de forma masiva es disponer cuatro cilindros girando a la vez para que siempre haya alguno realizando el trabajo. Los cuatro tiempos del ciclo de funcionamiento de un motor son los siguientes:

Tiempo de admisión: En el primer tiempo Una mezcla de gas y aire va a entrar en la cámara de combustión del cilindro. Para ello el pistón baja del punto superior del cilindro al inferior, mientras que la válvula o válvulas de admisión se abren y dejan entrar esa mezcla de gas y aire al interior del cilindro, para cerrarse posteriormente. El gas es combinado con aire ya que, de por sí, el gas solo no ardería y necesita oxígeno para su combustión (Autocasión, 2021).

Figura 11

Tiempo de admisión



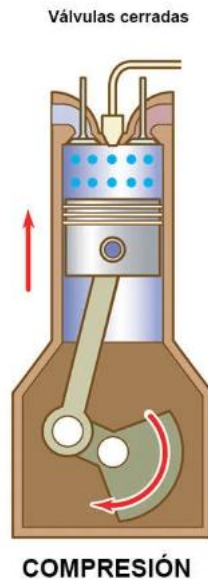
Nota: Tomado de (Autocasión, 2021).

Tiempo de compresión: Es el segundo tiempo, con el pistón en su posición más baja y la cámara de combustión llena de gas y aire, la válvula de admisión se cierra y deja la cámara cerrada herméticamente. La inercia del cigüeñal al que está unida la biela del pistón hará que el pistón vuelva a subir y comprima así la mezcla. El gas y el aire se comprimen dentro de una cámara hermética y, al reducirse de tal manera de espacio, las moléculas chocan entre sí

aumentando la temperatura de la mezcla. El gas y el aire están listos para el tercer tiempo (Autocasión, 2021).

Figura 12

Tiempo de compresión

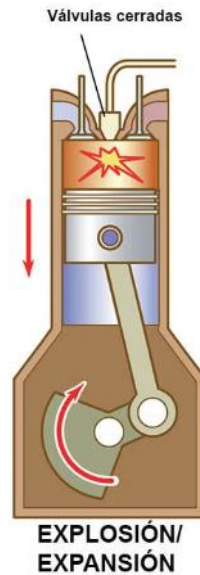


Nota: Tomado de (Autocasión, 2021).

Tiempo de combustión: Con el pistón en su posición más alta y comprimiendo la mezcla de gas y aire, es cuando entra en acción la bujía. En este preciso momento, con la mezcla comprimida y a una alta temperatura, es cuando la bujía genera una chispa que hace explotar violentamente esa mezcla. La combustión hace empujar el pistón hacia abajo con fuerza y la biela y el cigüeñal se encargan de convertir ese movimiento lineal del pistón, de arriba a abajo, en un movimiento giratorio (Autocasión, 2021).

Figura 13

Tiempo de combustión

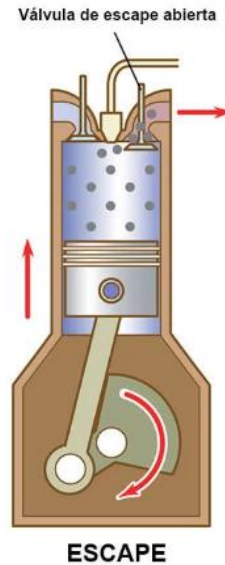


Nota: Tomado de (Autocasión, 2021).

Tiempo de escape: es el cuarto y último tiempo de este proceso, por consiguiente, la cuarta carrera del pistón y la segunda vuelta del cigüeñal, el pistón se encuentra en su parte más baja de nuevo y con la cámara de combustión llena de gases quemados producto de la combustión del gas y el aire. El pistón vuelve a subir en este cuarto tiempo y al hacerlo empuja esos gases hacia arriba para que salgan por la válvula de escape que se abre con el fin de dejarlos salir y volver a dejar la cámara del cilindro vacía. No como durante la compresión que permanecía cerrada. En este instante y con el pistón de nuevo en la parte superior, es cuando se da inicio al ciclo de nuevo desde el principio (Autocasión, 2021).

Figura 14

tiempo de escape



Nota: Tomado de (Autocasión, 2021).

Aunque parece un procedimiento muy sencillo, este ciclo se repite aproximadamente cincuenta veces por segundo.

De esta manera se obtiene la energía eléctrica que permitirá suplir las necesidades básicas de las viviendas rurales.

2.2.2 Sostenibilidad social del Proyecto de Biodigestores en Guateque, Boyacá

En el altiplano boyacense la ruralidad vive al ritmo de los cultivos y la ganadería de donde surge la implementación de biodigestores como una alternativa que se convierte en un catalizador de cambio social. Este proyecto se encuentra entrelazado a las dinámicas productivas locales, proponiendo una conexión entre los sistemas de producción tradicionales y las soluciones a las necesidades energéticas contemporáneas de las familias campesinas.

Esta iniciativa nace de la lucha por dignificar la vivienda rural, en busca de la autonomía energética, buscando que sean las mismas familias que generan los residuos orgánicos en sus

actividades habituales quienes los conviertan en energía limpia para su propio consumo. En un contexto en el que el acceso a gas natural es limitado y el uso de leña aún continúa siendo una práctica habitual (Castellanos, 2020), los biodigestores ofrecen mucho más que energía limpia, representan calidad de vida y autonomía. El uso de biodigestores reduce el tiempo dedicado las labores pesadas y disminuye riesgos de enfermedades respiratorias, puede parecer un pequeño cambio sencillo aparentemente, pero redefine los roles y libera tiempo de calidad en las labores fortaleciendo el tejido familiar y social (Becerra, Los biodigestores: fuente de desarrollo sostenible y calidad de vida en comunidades rurales de Colombia, 2017).

El proyecto se alimenta de la lógica del negocio rural, en donde la eficiencia y el uso de recursos locales, son la clave para la sostenibilidad. El integrar el uso de biodigestores en aquellas fincas que cuentan con algunos bovinos y/o porcinos, no solo se logra resolver la necesidad energética, si no que se potencia la productividad agropecuaria existente. El ciclo se cierra con el beneficio del biofertilizante obtenido en el proceso del biodigestor que reduce los costos de insumos químicos y asegura una mejora en la calidad de los cultivos, lo que a su vez aumenta la rentabilidad de las pequeñas explotaciones agrícolas de los campesinos. La sinergia que se logra entre la energía y la agricultura convierte a los biodigestores en una herramienta que ayuda a reforzar la economía de las familias campesinas y las vuelve resilientes frente a un clima y un mercado fluctuante (Agricultura de las Americas, 2024).

Guateque con sus raíces tan ligadas a la tierra logran encontrar en este proyecto una herramienta de transición e innovación. La adopción de los biodigestores no los obliga a dejar de lado sus saberes y costumbres ancestrales, en cambio los enriquece con tecnologías que logran ser adaptadas para el territorio. La capacitación de la instalación, uso y mantenimiento del biodigestor se imparte en el lenguaje propio del campo, con demostraciones, prácticas en las mismas fincas del municipio, convirtiendo a los mismos campesinos en promotores del cambio. Este enfoque disminuye la resistencia a lo nuevo y fomenta un aprendizaje colectivo en la comunidad fortaleciendo el lazo social alrededor de una solución compartida.

Uno de los aspectos más relevantes e importantes del proyecto que se fundamenta en la sostenibilidad social radica en la forma que el proyecto genera oportunidades para los jóvenes rurales quienes actualmente tienen como mejor opción migrar a las ciudades ante la falta de perspectivas (Melo, 2021). La instalación y mantenimiento del biodigestor abre oportunidades

para que las nuevas generaciones se impliquen en el desarrollo de nuevas tecnologías, apuntando a desarrollos innovadores desde las necesidades de las fincas haciéndolos partícipes de la economía rural, combinando el conocimiento del campo con habilidades técnicas de energías renovables. Esta estructura es vital para asegurar que el relevo generacional en las zonas rurales no solo se mantenga, si no que innove y evolucione el negocio familiar.

La articulación con actores locales, desde la alcaldía, hasta las instituciones educativas, logra garantizar que en el proyecto trascienda el beneficio individual para convertirse en una política de desarrollo territorial. Vinculaciones con entidades como el SENA, permiten formalizar las competencias laborales que dan valor agregado al trabajo en el campo, mientras que el apoyo de las autoridades municipales, aseguran la alineación de la estrategia con los planes de desarrollo rural. Todo esto convierte a los biodigestores en parte de la identidad productiva de la región.

La sostenibilidad social de este emprendimiento se mide en la manera en que logra vincular la tecnología a servicio de las personas, no se trata solo de instalar equipos, si no de crear un ecosistema en donde la energía limpia logre fortalecer la autonomía de las familias, mejorando su condición de vida y sobre todo valorizando el trabajo rural no solo económicamente si no también profesionalmente (Castellanos, 2020). En Guateque en donde el 30% de la población vive del campo, los biodigestores representan el inicio de un cambio, demostrando que las soluciones más efectivas son aquellas que nacen de entender y honrar la relación entre los campesinos y su territorio.

2.2.3 Metodologías y herramientas en la Gerencia de Proyectos

En el contexto de los negocios rurales, siendo la actividad agropecuaria y ganadera lo que define el ritmo de vida y la productividad de la región, la implementación de biodigestores requiere un enfoque gerencial que tenga claro y reconozca las particularidades del territorio. La ruralidad y actividades económicas de Guateque demandan metodologías flexibles que sean capaces de adaptasen a las dinámicas campesinas, en donde los tiempos de siembra y cosecha rigen la cotidianidad (Gobernación de Boyacá, 2023).

El desarrollo de este proyecto emplea un enfoque híbrido combinando elementos ágiles con herramientas tradicionales de planificación. La Metodología de Marco Lógico (MML) aporta la estructura base definiendo la jerarquía de los objetivos y los resultados esperados desde el impacto general hasta las actividades específicas (Ortegón, Pacheco, & Prieto, 2015). Se complementa también con herramientas visuales como diagramas de Gantt, que se ajustan a los ciclos agrícolas evitando interferir con épocas de siembra y ordeño que resultan críticas.

Para abordar desde la gerencia de proyectos el contexto de Viviendas Rurales Autosustentables, es importante definir ciertos aspectos:

- Metodologías tradicionales del PMBOOK en la adecuación para proyectos rurales aplicando gestión de stakeholders en donde se involucra a las familias campesinas, entidades como el SENA y autoridades locales. Gestión de riesgos por medio de matrices de riesgo enfocadas en barreras culturales y factores climáticos (Angel, 2010).
- Metodologías ágiles como Scrum y Design Thinking aplicándolas en contextos rurales mediante Sprints de capacitación con talleres prácticos con agricultores para validar el funcionamiento de biodigestores. Prototipado rápido mediante el diseño de biodigestores modulares adaptables a diferentes escalas de necesidad rural.
- Enfoque de sostenibilidad social usando herramientas como la matriz de marco lógico que se enfoca en alinear los objetivos con ODS 7 en temas de energías limpias y ODS 13 en temas de acción climática. Indicadores de impacto social teniendo en cuenta el número de familias con acceso a biogás y los indicadores de reducción de enfermedades respiratorias por disminución del uso de leña.

Tabla 1

Herramientas específicas

Ámbito	Herramienta	Aplicación en el proyecto
Planificación	MS Project/ Trello	Cronograma de instalación y mantenimiento de biodigestores.
Análisis Técnico	Diagramas de flujo	Optimización del proceso de carga/descarga de residuos en biodigestores.
Participación Comunitaria	Grupos focales	Validación de necesidades con agricultores (ej. horarios de mantenimiento).
Sostenibilidad	Análisis costo- beneficio	Cálculo de ahorros en gas propano y fertilizantes químicos vs. inversión inicial.

Nota: Creación propia

2.3 Marco normativo

El marco normativo refleja el respaldo legal con el que cuenta el proyecto de biodigestores en Guateque, dándole una mirada desde escalas internacionales como el acuerdo de París ODS, hasta locales como los acuerdos municipales. Desde las leyes nacionales como la ley 1715 de 2014 y la ley 2099 de 2021 que proporcionan incentivos económicos claves para el desarrollo del proyecto, mientras que por otro lado las normas técnicas como la NTC6037 y la resolución 0549 de 2021 garantizan los estándares de calidad y seguridad del proyecto. A pesar de todo esto, persisten desafíos para lograr la articulación entre políticas nacionales y la implementación local de las mismas, como falta de reglamentación específica para los biodigestores en diferentes escalas en Boyacá. Sin embargo, el proyecto se encuentra alineado a las prioridades del Plan Nacional de Desarrollo, demostrando que la autosostenibilidad energética rural es viable cuando se combinan marcos normativos favorables, participación comunitaria y apoyo institucional.

Tabla 2

Normatividad

Normativa	Descripción	Relación con el Proyecto	Análisis
Ley 1715 de 2014	Promueve el uso de energías renovables no convencionales (biogás, biomasa) con beneficios tributarios y arancelarios.	Aplica a la implementación de biodigestores como fuente de energía limpia.	Permite acceder a incentivos fiscales (ej: reducción de IVA en equipos), facilitando la viabilidad

			económica del proyecto.
Ley 2099 de 2021 (Ley de Transición Energética)	Establece incentivos para proyectos de generación de energía con fuentes renovables, incluyendo biogás.	Respaldaría la financiación de biodigestores en Guateque mediante subsidios.	El proyecto se alinea con los objetivos nacionales de transición energética, potenciando su sostenibilidad financiera.
Decreto 0570 de 2018	Reglamenta la gestión integral de residuos orgánicos para aprovechamiento energético.	Justifica el uso de estiércol y residuos agrícolas como insumos para biodigestores.	Garantiza que el manejo de residuos en el proyecto cumpla con estándares ambientales nacionales.
Resolución 0549 de 2021 (MinVivienda)	Estándares de construcción sostenible, incluyendo sistemas de energía renovable en viviendas rurales.	Exige que las viviendas autosustentables integren tecnologías como biodigestores.	Obliga a diseños técnicamente validados, asegurando eficiencia y seguridad en las instalaciones.
Norma Técnica Colombiana NTC 6037	Especificaciones técnicas para biodigestores rurales (materiales,	Define los requisitos técnicos para los biodigestores a	Evita riesgos operativos y asegura la

	capacidad, seguridad).	instalar en Guateque.	durabilidad de los sistemas.
Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026	Incluye metas para reducir la pobreza energética en zonas rurales con tecnologías limpias.	El proyecto contribuye a llevar energía asequible a hogares rurales de Guateque.	Permite acceder a recursos de programas gubernamentales como <i>"Gas para la Vida"</i> .
Acuerdo Municipal (Guateque) No. XX/2023	Políticas locales para promover proyectos sostenibles en el sector rural.	Facilita permisos y apoyos logísticos para la instalación de biodigestores.	Refleja el compromiso local con los ODS y la innovación rural.

3 METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

La investigación se basará en un enfoque cualitativo descriptivo, con el fin de comprender de manera profunda el contexto y las características detalladas de Viviendas Rurales Autosustentables. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2020), los estudios cualitativos son especialmente adecuados para captar experiencias subjetivas y significados, lo cual es crucial para identificar las necesidades de Viviendas Rurales Autosustentables, por esta razón se abordará a través de un estudio de caso, que permitirá un análisis detallado y los desafíos específicos que enfrenta Viviendas Rurales Autosustentables. Como sugieren Hernández-Sampieri et al. (2014), los estudios de caso son ideales para investigaciones que buscan una comprensión holística de

fenómenos complejos. Al centrarse en casos particulares, se podrá explorar en profundidad las dinámicas propias y los obstáculos que limitan su sostenibilidad social.

El alcance de este trabajo se desarrollará seleccionando y diseñando estrategias a partir de modelos, herramientas y metodologías en gerencia de proyectos, abordando la sostenibilidad social de Viviendas Rurales Autosustentables ubicado en nombre de Guateque, Boyacá, Colombia y esta investigación tendrá una duración de ocho meses.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Definición de la población

La población objeto de este estudio de investigación está compuesta por 10 familias que habitan en zonas rurales del municipio de Guateque, Boyacá. Esta población se caracteriza por encontrarse dispersa en veredas rurales en viviendas unifamiliares y comunidades lo que dificulta el acceso a servicios básicos. Está integrada mayoritariamente por adultos mayores y jóvenes en edad productiva con tendencia de migración hacia ciudades capitales por falta de oportunidades locales.

Las principales actividades económicas son agricultura y ganadería bovina y porcina a pequeña escala, Guateque cuenta con una pobreza energética del 25.88% lo cual refleja limitaciones significativas en el acceso a fuentes modernas de energía. Es una población expuesta a enfermedades respiratorias debido a la cocción con leña. Es una población con baja escolaridad, generalmente hasta primaria. Esta caracterización demográfica, económica y social permite entender las características esenciales de la población que será analizada en el estudio y es fundamental para el diseño de estrategias viables de sostenibilidad social mediante el uso de biodigestores en viviendas rurales autosustentables.

3.2.1 Cálculo y selección de la muestra

Para este estudio se utilizará un muestreo no probabilístico, específicamente un muestreo por conveniencia, debido a la facilidad y rapidez con la que se puede acceder a la información del objeto de estudio, en este caso para Viviendas Rurales Autosustentables. La muestra estará conformada por 12 unidades (viviendas o grupos familiares) ubicadas en diferentes veredas del municipio de Guateque, Boyacá, permitiendo así comprender a profundidad las características del negocio rural para proponer estrategias de fortalecimiento que contribuyan a su sostenibilidad.

La selección se realiza con base a los siguientes criterios:

- Hogares con actividades agropecuarias que generan residuos orgánicos aprovechables para los biodigestores.
- Viviendas rurales que usan leña o gas propano para cocción de alimentos.
- Disposición para participar activamente en entrevistas y actividades de recolección de datos.

La cantidad sugerida es adecuada para llevar a cabo un estudio cualitativo, permitiendo recopilar información profunda y detallada sobre las necesidades energéticas, las prácticas ambientales y las condiciones de vida de la población objetivo. Además, aporta información para comprender de manera integral los factores que inciden en la sostenibilidad social de las viviendas rurales autosustentables y en la viabilidad del uso de biodigestores.

3.3 Instrumento(s)

Para el presente proyecto, se aplicarán tres instrumentos de recolección de información: el primero corresponde a un modelo de caracterización de zonas rurales propuesto por Rojas et al (2018), el segundo hace referencia a un análisis documental sobre conceptos y herramientas en gerencia de proyectos y el tercero Entrevistas semiestructuradas a actores clave.

3.3.1 Modelo de Caracterización de Zonas Rurales

El objetivo del modelo es realizar una caracterización del contexto en el cual se encuentra el proyecto Viviendas Rurales Autosustentables con el fin de identificar aquellos aspectos prioritarios que deben ser fortalecidos para garantizar su sostenibilidad social. Este modelo permite diseñar la particularidad requerida en la caracterización, indicando cuál es la información más relevante a la luz de los propósitos del presente trabajo. Ver Anexo 1.

3.3.2 Análisis Documental

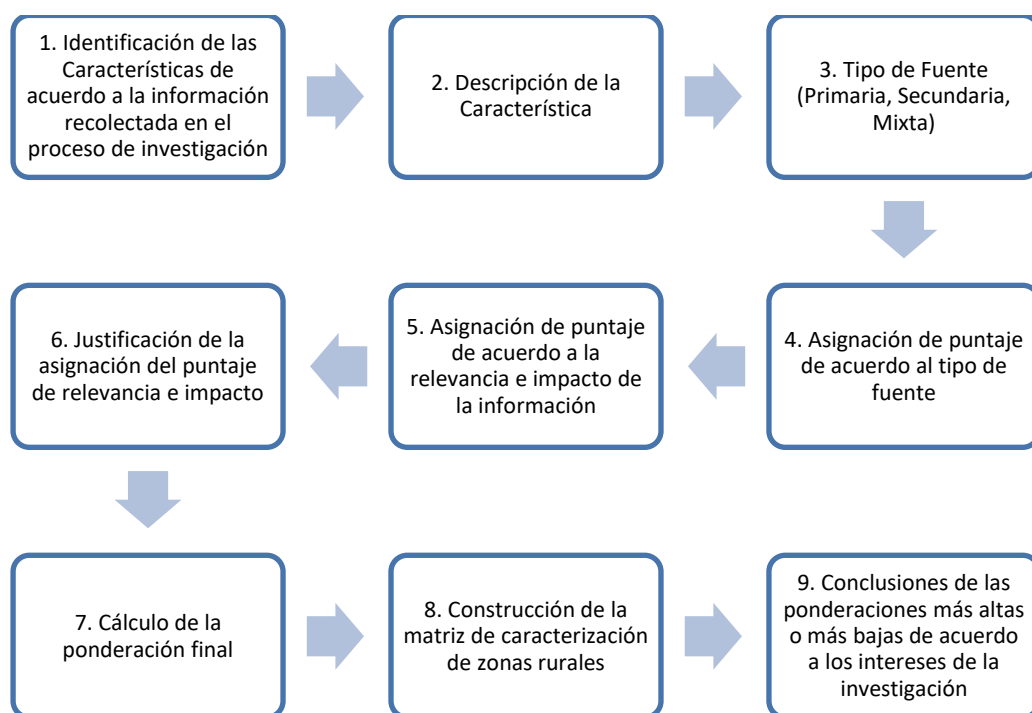
El análisis documental busca, a través de la revisión bibliográfica de conceptos, herramientas y metodologías en gerencia de proyectos, cuál o cuáles son los más idóneos para el negocio rural analizado, con el fin de identificar y adaptar para llevar a cabo la propuesta que permita garantizar la sostenibilidad social de Viviendas Rurales Autosustentables. Ver anexo 2.

3.4 Descripción de procedimientos

3.4.1 Modelo de Caracterización de Zonas Rurales

Este modelo de caracterización de zonas rurales, adaptado al esquema metodológico de Rojas et al. (2018), se ha ajustado a la realidad socioeconómica del municipio de Guateque, Boyacá, con el objetivo de identificar de una manera estratégica los factores que influye en la viabilidad de implementar el proyecto Viviendas Rurales Autosustentables basadas en el uso de biodigestores. El presente modelo mediante una estructura tipo tabla permite clasificar las características recolectadas según prioridad e impacto en el desarrollo del proyecto. La información es analizada teniendo como consideración su origen, el nivel de relevancia y su pertinencia con los objetivos de sostenibilidad energética, social y ambiental. Este modelo facilita la identificación clara de las condiciones más críticas del territorio ya sea pobreza energética, acceso a tecnologías limpias o disposición de residuos orgánicos; sirviendo como base para tomar decisiones en formulación de estrategias. Este modelo permite su adaptación a contextos

específicos, incorporando o eliminando variables según la disponibilidad de información y las necesidades del estudio, garantizando un diagnóstico contextualizado, pertinente y orientado a la acción.



Fuente: Rojas et al (2018)

Tabla 3

Modelo de caracterización de zonas rurales para viviendas autosustentables

Categoría	Variable observada	Descripción	Tipo de fuente	Relevancia e impacto (1-5)	Justificación del puntaje	Ponderación final (5-10)
Demografía	Edad de la población	Predominan adultos mayores	Primaria-3	4		7

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos 55

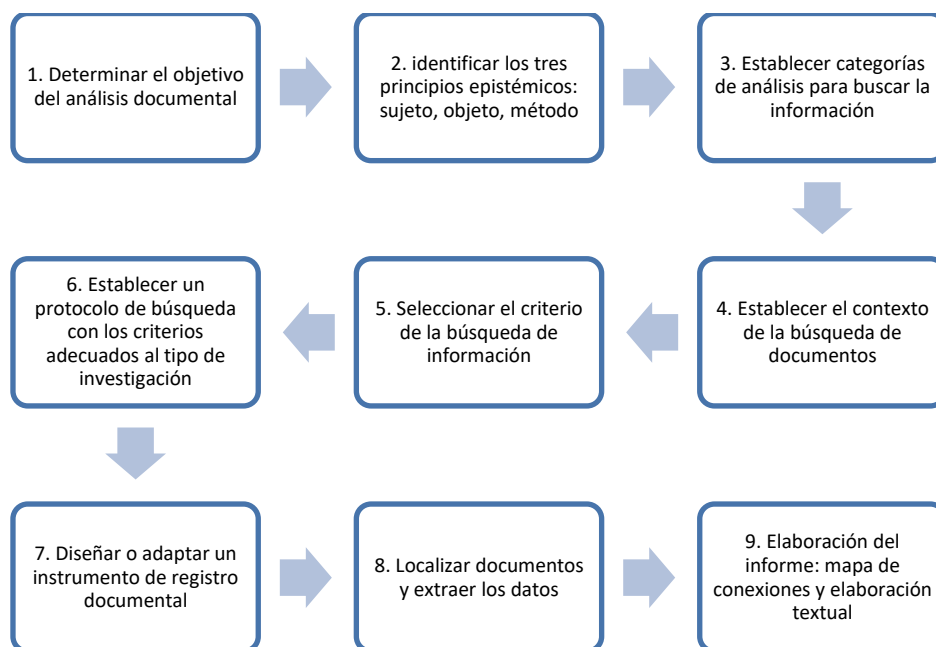
		y jóvenes en edad productiva			Afecta la capacidad de mantener tecnologías autosustentables y la permanencia en la zona	
Educación	Nivel educativo	Mayoría con educación básica primaria	Mixta-2	5	Influye directamente en la apropiación de tecnologías y procesos sostenibles	7
Energía	Acceso y tipo de fuente energética	Uso de leña, ausencia de gas o energías limpias	Primaria-3	5	Altamente relevante para la propuesta de biodigestores y generación de biogás	8
Salud	Enfermedades respiratorias	Casos frecuentes debido a la exposición al humo	Secundaria-1	4	Contribuye a justificar la urgencia de una alternativa energética limpia	5
Economía	Actividades económicas	Agricultura y ganadería a pequeña escala	Primaria-3	4	Determina la viabilidad del uso de residuos orgánicos para biodigestores	7
Infraestructura	Acceso a agua, saneamiento y vías	Condiciones precarias en algunas veredas	Mixta-2	3	Afecta la implementación técnica de soluciones sustentables	5
Medio ambiente	Manejo de residuos	Prácticas informales o inexistentes	Primaria-3	4	Justifica la necesidad de tecnologías	7

Cultura y percepción tecnológica	Aceptación de nuevas tecnologías	Resistencia inicial por desconocimiento, apertura gradual	Primaria-3	3	como los biodigestores Determina el nivel de sensibilización requerido para la adopción	6
----------------------------------	----------------------------------	---	------------	---	--	---

Nota: Tipo de fuente se refiere a primario (Entrevistas, encuestas), secundaria (literatura, informes), o mixtas.

3.4.2 Análisis Documental

En el desarrollo del proyecto Viviendas Rurales Autosustentables en Guateque, Boyacá, se ha implementado un modelo de análisis documental basado en los nueve pasos presentados en el modelo de Corona et al (2023), adaptando un modelo cualitativo – descriptivo de la investigación. Este análisis fue orientado a identificar conceptos clave y herramientas de gerencia de proyectos aplicables al diseño e implementación de soluciones autosostenibles en zonas rurales. Se centraron algunas categorías temáticas como biodigestores, sostenibilidad, economía circular y energía renovable, lo que permitió enfocar la búsqueda en fuentes actuales, contextualizadas y relevantes. El análisis incluyó la consulta de bases de datos académicas y técnicas con criterios de pertinencia y calidad. Se clasificó y analizó cada documento teniendo en consideración su fuente, el aporte teórico y la aplicabilidad práctica.



Fuente: Corona et al (2023)

Tabla 4

Modelo de análisis documental para Viviendas Rurales Autosustentables

Paso	Descripción del Paso	Aplicación al Proyecto
Objetivo del análisis documental	Identificar conceptos y herramientas en gerencia de proyectos aplicables a viviendas rurales autosustentables.	Delimita el enfoque teórico del estudio y orienta la construcción del marco referencial.
Principios epistémicos (sujeto, objeto, método)	Sujeto: comunidades rurales. Objeto: viviendas autosustentables.	Define el enfoque de búsqueda documental coherente con el diseño de la investigación.

	Método: cualitativo-descriptivo.	
Categorías de análisis	Energía renovable, biodigestores, sostenibilidad, gestión de proyectos, economía circular.	Orienta la selección de palabras clave y temas centrales para el análisis.
Contexto de búsqueda	Colombia y América Latina, con enfoque en zonas rurales de difícil acceso.	Acota la búsqueda a contextos similares al territorio de estudio.
Criterio de búsqueda	Actualidad (últimos 10 años), pertinencia temática, fuentes académicas y técnicas reconocidas.	Garantiza calidad y relevancia de los documentos analizados.
Protocolo de búsqueda	Uso de bases como Scielo, Google Académico, Minenergía, IEA.	Facilita una búsqueda organizada y sistemática de información.
Instrumento de registro documental	Ficha de análisis con: fuente, autor, año, categoría, aporte clave, aplicabilidad al proyecto.	Permite clasificar y analizar la información extraída con rigurosidad.
Localización y extracción de datos	Revisión de documentos según categorías y criterios establecidos.	Se seleccionaron documentos con alto valor técnico y contextual.
Elaboración del informe	Se creó un mapa de conexiones temáticas y un texto integrador del análisis documental.	El informe se incorporó al marco teórico y conceptual del proyecto.

3.5 Análisis de información

3.5.1 Modelo de caracterización de zonas rurales

El análisis de la información en el modelo de caracterización de negocios rurales, desarrollado en Microsoft Excel, se realizará mediante la organización y procesamiento de datos recolectados en diferentes hojas de cálculo. Cada característica de Viviendas Rurales Autosustentables será ingresada y clasificada según su tipo de fuente y relevancia. Se asignarán puntajes a cada característica basándose en criterios predefinidos, y se calcularán ponderaciones finales utilizando fórmulas y funciones de Excel. La matriz de caracterización se construirá visualizando los datos en gráficos y tablas, lo que permitirá identificar patrones y tendencias. Finalmente, se analizarán las características con las ponderaciones más altas y más bajas para extraer conclusiones relevantes a la luz de la priorización de aspectos por fortalecer en su sostenibilidad social.

3.5.2 Análisis documental

Los hallazgos de información se realizarán utilizando motores de búsqueda en línea para recolectar datos relevantes sobre las metodologías y conceptos en gerencia de proyectos que contribuyan a fortalecer Viviendas Rurales Autosustentables en su aspecto de sostenibilidad social. Una vez recopilados, los datos serán procesados y organizados en Microsoft Excel, donde se clasificarán según su tipo de fuente y caracterización. Este enfoque sistemático facilitará el análisis comparativo y la identificación de patrones y tendencias clave, proporcionando una base sólida para realizar la propuesta, objetivo de la presente investigación.

3.5.3 Análisis de información de las entrevistas semiestructuradas

El análisis de la información recolectada por medio de entrevistas semiestructuradas fue desarrollado bajo un enfoque cualitativo interpretativo y se usó la técnica propuesta por (Braun & Clarke, 2006) de análisis temático, con la finalidad de identificar patrones significativos

dentro del discurso de los participantes. Las entrevistas se aplicaron en familias del contexto rural del municipio de Guateque, Boyacá, que trabajan en el sector agropecuario y ganadero.

El proceso de análisis se llevó a cabo en tres etapas: inicialmente se realiza una transcripción textual de cada entrevista para asegurar la información, después se hace una codificación abierta para identificar frases claves, conceptos concurrentes y significativos que luego se estructuran en matrices de Excel para clasificarlas según el eje temático, en este caso sostenibilidad social, uso de tecnologías limpias, barreras económicas, percepción comunitaria, propuestas de mejora y barreras culturales. Por último, se construyen las categorías emergentes que permiten interpretar la percepción de los participantes sobre las viviendas rurales autosustentables (Torres C. a., 2016). Para lograr establecer una relación entre categorías y objetivos de la investigación, se lleva a cabo una codificación axial.

Finalmente, los hallazgos cualitativos son triangulados con los resultados del modelo de caracterización y análisis documental, fortaleciendo la validez interna del estudio (Flick, 2015). Dicha integración de datos permite asegurar una propuesta fundamentada en el conocimiento técnico y en la experiencia de las comunidades rurales de Guateque, Boyacá.

3.6 Consideraciones éticas

3.6.1 Análisis de consideraciones éticas

El proyecto Viviendas Rurales Autosustentables, se establece dentro del marco de las consideraciones éticas establecidas por UNIMINUTO y por los principios de la comunidad científica internacional, los cuales se encuentran dirigidos a la población objeto de estudio y a las organizaciones involucradas.

El proyecto se acoge al código de ética de UNIMINUTO desde el ámbito institucional promoviendo el respeto por la dignidad humana, el compromiso con el desarrollo sostenible, el ejercicio responsable de la investigación y la justicia social. Garantizando entonces, que el proceso investigativo llevado a cabo en el proyecto Viviendas Rurales Autosustentables se

realice con transparencia, integridad, justicia, responsabilidad social y ambiental en función de cumplir estrictamente las normas éticas aplicables (UNIMINUTO, s.f.).

Desde el ámbito científico se aplican principios éticos fundamentales como autonomía, respetando el derecho de las personas a decidir sobre su participación en el estudio y se concreta mediante la aplicación del consentimiento informado el cual se presenta en un lenguaje claro y accesible, en el que se explica el objeto de la investigación, alcance, beneficios, posibles riesgos y el uso que se le dará a la información entregada. Desde la Beneficencia y no maleficencia, lo que se busca es generar un impacto positivo en las comunidades rurales, promoviendo soluciones sostenibles que mejoren su calidad de vida sin generar daños colaterales, de manera que cualquier propuesta será evaluada desde su viabilidad técnica, social y ambiental, evitando imponer prácticas inadecuadas o tecnológicamente no apropiadas. Desde la justicia, se asegura que la información, beneficios y recomendaciones que surjan del estudio sean compartidas de manera equitativa, reconociendo la participación de las comunidades y su conocimiento local como parte fundamental del proceso (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, s.f.).

Estos principios éticos incluyen el manejo responsable de datos y la confidencialidad de la información, asegurando a los participantes que los resultados no se utilizan con fines comerciales o fines ajenos al mero propósito académico y social que busca la investigación, asegurando que el proyecto promoverá el retorno social del conocimiento, por medio de la divulgación de los hallazgos a los actores involucrados.

Se reconoce que el éxito del proyecto Viviendas Rurales Autosustentables depende del dialogo respetuoso y participativo con las comunidades rurales, teniendo en clara consideración sus costumbres, saberes y dinámicas como elementos valiosos en el diseño de soluciones autosustentables. Este enfoque se alinea con la ética de la corresponsabilidad y el respeto por la diversidad cultural que promueve tanto UNIMINUTO como la ética investigativa internacional.

3.6.2 Instrumentos de aceptación y autorización

Para garantizar el cumplimiento de los principios éticos en la investigación, se aplicará un formato de consentimiento informado (Ver Anexo 1) dirigido a los participantes (familias rurales de Guateque) basados en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia (Ministerio de Salud de Colombia- Minsalud, 1993). Este instrumento se elaborará en lenguaje claro y accesible, explicando:

1. Objetivos del estudio y su contribución al desarrollo sostenible de la comunidad.
2. Procedimientos, incluyendo la recolección de datos mediante entrevistas y visitas a las viviendas.
3. Beneficios esperados, como acceso a energía limpia y capacitación en el uso de biodigestores.
4. Riesgos mínimos, asociados únicamente a la disponibilidad de tiempo para las entrevistas.
5. Confidencialidad, asegurando el anonimato en el manejo de la información.
6. Voluntariedad, destacando que pueden retirarse en cualquier momento sin consecuencias.

El consentimiento será firmado (o marcado con huella, si es necesario) por cada participante, previa lectura en voz alta o explicación detallada en casos de baja alfabetización. Se adjuntará copia física y digital al archivo del proyecto, respaldando el cumplimiento de los estándares éticos de UNIMINUTO y las normativas nacionales e internacionales.

4 RESULTADOS

Los resultados de la investigación se presentan en tres apartados: el primero se centra en la caracterización de las Viviendas Rurales Autosustentables en Guateque, en donde se identifican los aspectos sociales, ambientales y económicos que se necesitan mejorar y requieren propuestas, como lo es el acceso limitado a servicios básicos, las prácticas de manejo de residuos y la aceptación comunitaria frente a tecnologías limpias (Rojas, 2018). El segundo apartado resalta la comparación de distintas metodologías y conceptos en gerencia de proyectos, de donde se seleccionó la más adecuada para aplicar en el contexto de las viviendas rurales autosustentables, asegurando pertinencia con las dinámicas territoriales (Corona, 2023). En el tercero se proponen estrategias basadas en la metodología de gerencia de proyectos seleccionada, que buscan fortalecer las características inicialmente identificadas que contribuyan a la sostenibilidad social de las Viviendas Rurales Autosustentables, asegurando que sean viables y sean apropiadas por la comunidad a largo plazo (Flick, 2015).

4.1 Caracterización de Viviendas Rurales Autosustentables

El diagnóstico de Viviendas Rurales Autosustentables se realiza utilizando el modelo de caracterización de negocios rurales¹ desde dos puntos de vista: uno con las características generales en relación con el territorio rural y la influencia de su contexto y otro con características particulares en el ámbito social con el fin de establecer aquellos aspectos que requieren ser intervenidos para garantizar su sostenibilidad.

La tabla presentada a continuación, refleja los resultados obtenidos en la caracterización general en el contexto rural de Viviendas Rurales Autosustentables.

¹ Este modelo es desarrollo propio en el marco del Proyecto Nodo denominado “Fortalecimiento de negocios rurales en Colombia a través de metodologías de gerencia de proyectos: estrategias para fomentar su sostenibilidad” del programa de Especialización en Gerencia de Proyectos Virtual de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

Tabla 5 *Caracterización general de Viviendas Rurales Autosustentables en su contexto rural*

Nombre Característica General	Descripción de la característica general	Puntuación de la característica
Ubicación y acceso al municipio (cercanía a la cabecera municipal)	Guateque está ubicado en las estribaciones de la Cordillera Oriental colombiana, El municipio tiene una superficie total de aproximadamente 36,04 km ² , de los cuales unos 34,22 km ² corresponden al área rural (es decir, la gran mayoría del territorio municipal).La altitud de la cabecera municipal es aproximadamente 1.815 metros sobre el nivel del mar, La temperatura media ronda los 20 °C en la zona rural, aunque puede variar según la altitud y orientación de las laderas, En la zonificación rural hay una distribución de microcuencas, y el uso del suelo ha sido clasificado por tipos de cobertura (agricultura, bosques, zonas de cuenca).La conectividad rural no es homogénea: algunas zonas tienen vías más transitables, otras dependen de caminos terciarios o veredales para llegar a la cabecera.	4
Categoría del territorio según población	El territorio rural de Guateque se caracteriza por un relieve ondulado y quebrado propio de la cordillera Oriental, con una altitud promedio cercana a los 1.800 m s. n. m. y un clima templado de alrededor de 20 °C, lo que favorece la diversidad agrícola y pecuaria. La mayor parte de su superficie corresponde a suelo rural, con veredas y asentamientos dispersos que dependen de vías terciarias para su conectividad, aunque mantienen cercanía con la cabecera municipal. El municipio cuenta con recursos hídricos importantes, como el río Súnuba y sus microcuencas, que sustentan tanto la producción agrícola (maíz, tomate y hortalizas) como la ganadería de pequeña escala. Según la clasificación del DNP, Guateque corresponde a un territorio de ruralidad intermedia, lo que significa que combina rasgos rurales con una relativa conexión a centros urbanos, generando condiciones favorables para el desarrollo de proyectos como las fincas autosustentables, aunque con retos asociados a la accesibilidad y la prestación desigual de servicios en las veredas.	4
Tipología de las fincas	En el territorio rural de Guateque predominan las fincas pequeñas de propiedad individual, muchas de ellas de carácter rústico y destinadas a la producción de autoconsumo y excedentes limitados (maíz, hortalizas, tomate y ganadería de pequeña escala). También existen casos de grandes áreas en arriendo o propiedad dedicadas a la ganadería extensiva o cultivos de mayor volumen, aunque en menor proporción. La asociatividad campesina se da de forma incipiente mediante	4

	cooperativas o asociaciones, pero la producción individual sigue siendo la práctica dominante. Esta configuración refleja un territorio con fuerte vocación agropecuaria, pero fragmentado en términos de tamaño de parcela y capacidad productiva, lo que condiciona el desarrollo de proyectos como las fincas autosustentables.	
Tipo de población en el territorio	La población rural de Guateque es heterogénea y constituye un mosaico de identidades. Están los pobladores originarios, que conservan tradiciones agrícolas y culturales profundamente ligadas a la tierra; los neorrurales, que migraron desde ciudades buscando una vida más tranquila y sostenible; y los desplazados, quienes encontraron en este territorio la posibilidad de reconstruir sus vidas. A ellos se suman habitantes que trabajan en centros urbanos cercanos, pero mantienen residencia rural, así como una población flotante que visita el municipio en fines de semana y temporadas vacacionales. Esta diversidad genera un entorno social dinámico y multifacético, que aporta nuevas ideas, pero también plantea retos en cuanto a cohesión comunitaria y planificación del territorio.	3
Transformaciones de uso de suelo de acuerdo con las prácticas de las comunidades	En el territorio rural de Guateque se evidencian transformaciones dinámicas del uso del suelo que reflejan tanto las necesidades de sus comunidades como los cambios en el entorno socioeconómico. Áreas tradicionalmente destinadas a la agricultura de subsistencia y cultivos de maíz, tomate y hortalizas han experimentado un proceso de fragmentación en parcelas más pequeñas, lo que ha favorecido el uso residencial y la expansión de viviendas rurales. De forma paralela, la ganadería extensiva ha ocupado terrenos agrícolas en algunas veredas, generando presión sobre los suelos. Sin embargo, también se han impulsado prácticas sostenibles, como la reforestación de zonas erosionadas y la recuperación de microcuencas, con el fin de garantizar disponibilidad hídrica y conservar la biodiversidad. Estas transformaciones muestran cómo la población rural adapta el territorio, equilibrando la tradición agrícola con nuevas dinámicas ambientales y residenciales.	4
Transformaciones según Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT - POT)	El PBOT de Guateque orienta las transformaciones del territorio rural mediante una zonificación que diferencia áreas de uso agrícola, áreas de expansión urbana, zonas de conservación y áreas para infraestructura productiva y de servicios. En las zonas rurales, se promueve la permanencia de usos agropecuarios tradicionales, aunque con lineamientos de sostenibilidad ambiental y recuperación de microcuencas. El plan contempla también el ordenamiento de	5

	<p>asentamientos veredales, buscando mejorar su conectividad y acceso a servicios básicos. Asimismo, se delimitan áreas de protección ambiental alrededor de fuentes hídricas y zonas de reforestación, con el fin de garantizar la sostenibilidad ecológica del municipio. En conjunto, estas transformaciones planificadas permiten un desarrollo equilibrado entre producción, conservación y expansión, ajustándose a las necesidades de las comunidades locales.</p>	
<p>Dinámica de formulación de Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT - POT)</p>	<p>En Guateque, la formulación del PBOT se desarrolló como un proceso participativo en el que la comunidad rural tuvo un papel activo a través de talleres y consultas, expresando sus percepciones sobre el uso del suelo, la protección de las fuentes hídricas y las necesidades de vivienda e infraestructura. Este proceso combinó diagnósticos técnicos con la visión social y cultural del territorio, articulando las políticas locales con las directrices departamentales y nacionales. La dinámica permitió generar un modelo de ordenamiento que busca equilibrar la producción agropecuaria con la conservación ambiental, fomentando un desarrollo rural más sostenible e incluyente.</p>	4
<p>Tipos de actividades agropecuarias</p>	<p>El territorio rural de Guateque presenta una fuerte vocación agropecuaria, donde la agricultura y la ganadería son las actividades predominantes. En la agricultura destacan los cultivos de maíz, tomate, frijol y hortalizas, orientados tanto al autoconsumo como a la comercialización en mercados locales y regionales. La ganadería bovina, enfocada en la producción de leche y carne, ocupa áreas importantes del suelo rural y constituye un complemento clave para la economía campesina. De manera secundaria, existen iniciativas de apicultura para producción de miel y derivados, y prácticas de forestación y reforestación ligadas a la conservación de microcuencas. Esta diversidad de actividades refleja la capacidad del territorio para sostener un modelo de fincas autosustentables, aprovechando la complementariedad entre cultivos, ganadería y prácticas sostenibles.</p>	4
<p>Tipos de actividades no agropecuarias</p>	<p>En el territorio rural de Guateque, las actividades no agropecuarias se expresan en un abanico de prácticas que diversifican la economía local. Destaca el turismo rural, apoyado en la riqueza paisajística, la cultura campesina y la cercanía a atractivos naturales como la represa de Chivor. La artesanía constituye otra actividad importante, donde se elaboran productos tradicionales que reflejan la identidad cultural de la región. El comercio local se desarrolla a través de tiendas, plazas de mercado y pequeños servicios, que garantizan el abastecimiento básico de la población. A estas se suman los servicios educativos y de salud,</p>	5

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos 67

	<p>fundamentales para la calidad de vida rural, y las actividades de conservación ambiental, como la reforestación comunitaria y la protección de microcuencas. Estas actividades complementan la producción agropecuaria, fortaleciendo la sostenibilidad económica y social del municipio.</p>	
<p>Cobertura de servicios públicos</p>	<p>En el territorio rural de Guateque, la cobertura de servicios públicos presenta desigualdades entre la cabecera y las veredas. Mientras que la electricidad tiene una cobertura casi total, el acceso a agua potable y saneamiento básico en zonas rurales aún es limitado, con presencia de acueductos veredales de capacidad variable. Las telecomunicaciones han mejorado con la expansión de la telefonía móvil, aunque la conectividad a internet sigue siendo intermitente en áreas dispersas. Estas condiciones impactan directamente la calidad de vida, el acceso a educación y salud, y la posibilidad de implementar tecnologías productivas modernas. No obstante, también abren oportunidades para proyectos autosustentables que integren soluciones alternativas como sistemas de captación de agua lluvia, paneles solares y biodigestores.</p>	<p>5</p>
<p>Percepción de la comunidad frente al desempeño gubernamental</p>	<p>En Guateque, la percepción de la comunidad rural frente al desempeño gubernamental es mixta. Por un lado, se reconocen avances en cobertura de energía eléctrica, ampliación de la infraestructura educativa y programas de apoyo al agro. Sin embargo, persiste una visión crítica respecto a la baja cobertura de agua potable y saneamiento en veredas, la falta de inversión sostenida en vías terciarias y la limitada transparencia en algunos procesos administrativos. Esta percepción genera sentimientos encontrados: confianza moderada hacia la institucionalidad, pero también demandas de mayor presencia estatal en las zonas rurales más apartadas.</p>	<p>3</p>
<p>Organizaciones en la comunidad</p>	<p>En Guateque, las Juntas de Acción Comunal (JAC) representan la principal forma de organización comunitaria en el área rural, actuando como instancias de gestión de proyectos y de representación ante la administración municipal. Estas juntas coordinan iniciativas relacionadas con infraestructura veredal, acceso a servicios básicos y promoción de actividades comunitarias. Asimismo, existen asociaciones campesinas y productivas que impulsan proyectos agrícolas y ganaderos, fomentando la economía solidaria y la comercialización colectiva. A nivel cultural, las organizaciones locales también cumplen un papel en la preservación de tradiciones y en la organización de eventos comunitarios, fortaleciendo la identidad rural. Estas estructuras organizativas constituyen un canal fundamental para</p>	<p>5</p>

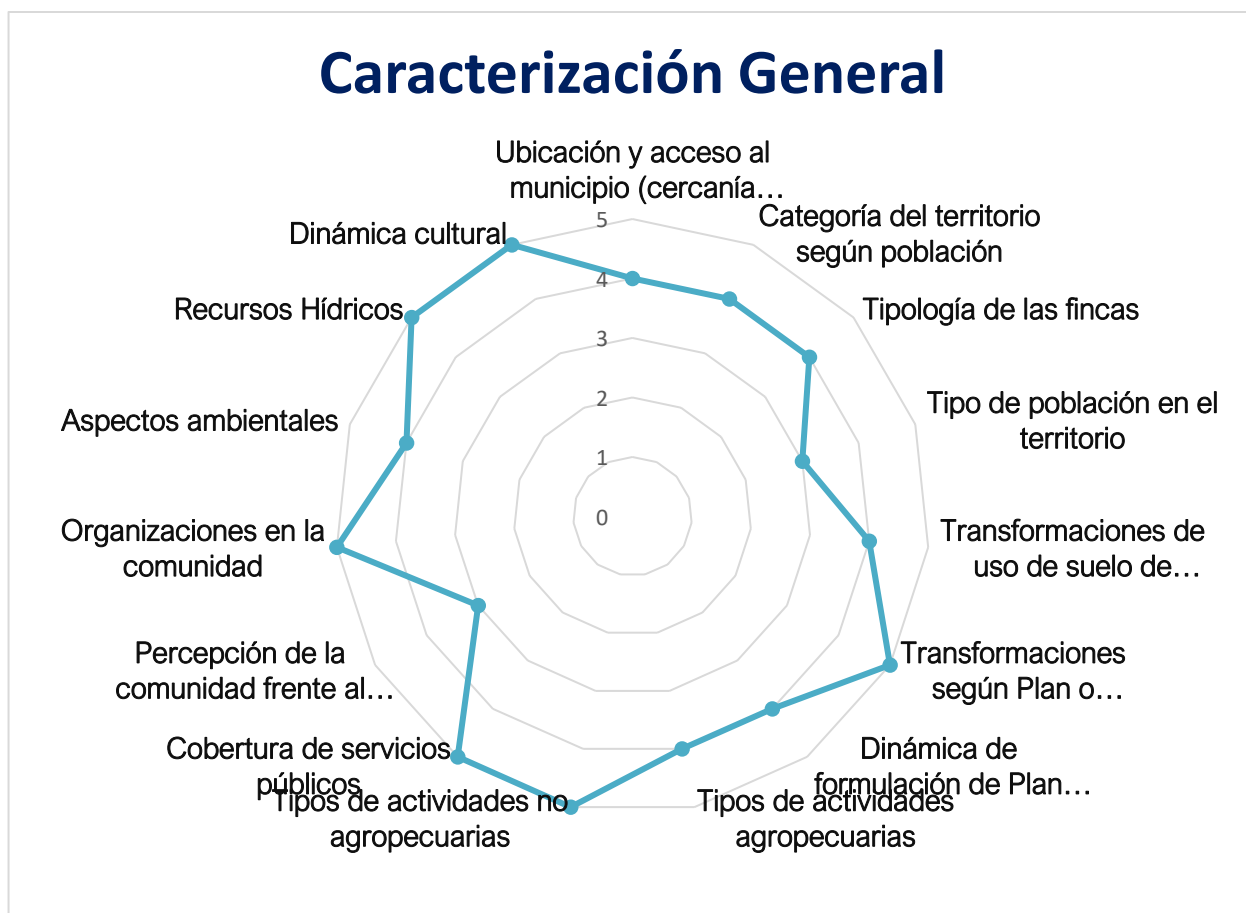
Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos 68

	la cohesión social, la gestión de recursos y la sostenibilidad de proyectos en el territorio.	
Aspectos ambientales	El territorio rural de Guateque posee una riqueza ambiental marcada por la presencia de microcuencas que abastecen de agua a la población y a la producción agrícola, suelos fértiles para cultivos tradicionales y una biodiversidad que contribuye al equilibrio ecológico. Sin embargo, enfrenta desafíos ambientales como la deforestación en áreas de ladera, el uso intensivo del suelo por la ganadería extensiva y la gestión insuficiente de residuos en algunas veredas. En respuesta, la comunidad y las autoridades han promovido acciones de reforestación y conservación de microcuencas, además de proyectos de educación ambiental para fomentar el uso sostenible de los recursos. Estos aspectos reflejan la interacción constante entre las comunidades y el entorno, mostrando tanto la dependencia de los recursos naturales como la necesidad de preservarlos para garantizar un desarrollo rural sostenible.	4
Recursos Hídricos	En Guateque, los recursos hídricos constituyen un pilar fundamental para la vida rural y el desarrollo productivo. El municipio hace parte de la cuenca del río Súnuba, alimentada por afluentes como el Aguacías y el Machetá, que proveen agua para consumo humano, agricultura y ganadería. A nivel veredal, los acueductos comunitarios se abastecen de quebradas y nacederos, aunque con variaciones en caudal y calidad según la temporada. La presión de la ganadería extensiva y la deforestación ha generado riesgos de erosión y reducción de caudales en algunas microcuencas, lo que ha motivado iniciativas de reforestación y conservación hídrica lideradas por la comunidad y autoridades ambientales. Estos recursos no solo garantizan el abastecimiento básico, sino que representan la base para proyectos de fincas autosustentables que dependen del agua para cultivos, riego y sistemas de biodigestores.	5
Dinámica cultural	En Guateque, la dinámica cultural rural refleja una mezcla entre tradición y adaptación al cambio. Las comunidades mantienen prácticas agrícolas heredadas, festividades patronales y expresiones culturales campesinas que refuerzan la identidad local. Al mismo tiempo, los procesos de migración han introducido nuevas perspectivas: algunos habitantes se trasladan a centros urbanos en busca de oportunidades, mientras que neorrurales llegan al municipio con propuestas de vida más sostenibles. Estas interacciones han impulsado la incorporación de nuevas tecnologías en la agricultura, la diversificación productiva y el surgimiento de iniciativas de turismo cultural. La comunidad, además,	5

	responde colectivamente a desafíos ambientales y sociales mediante asociaciones y proyectos comunitarios, manteniendo un equilibrio entre la preservación de la identidad cultural y la adaptación a los cambios globales.	
--	--	--

Fuente: elaboración propia a partir de (Instituto Geografico Agustín Codazzi, 2025) (Departamento Nacional de Planeación, 2025) (Gobernación de Boyacá, 2023) (Corpoboyacá, 2025) (DANE, 2025) (Consejo municipal de Guateque, 2015)

Figura 15 Gráfico Radial Caracterización general de Viviendas Rurales Autosustentables en su contexto rural



Fuente: elaboración propia a partir de (Instituto Geografico Agustín Codazzi, 2025) (Departamento Nacional de Planeación, 2025) (Gobernación de Boyacá, 2023) (Corpoboyacá, 2025) (DANE, 2025) (Consejo municipal de Guateque, 2015)

La puntuación de cada característica corresponde a su nivel de impacto sobre la sostenibilidad del Viviendas Rurales Autosustentables basado en el contexto rural donde se encuentra inmerso. La escala de nivel de impacto (basado en la escala de Likert) se detalla a continuación:

- Impacto muy negativo (1): La característica presenta muy malas condiciones que influyen de manera negativa en el negocio rural analizado
- Impacto negativo (2): La característica presenta malas condiciones que influyen de manera negativa en el negocio rural analizado
- Impacto neutro (3): La característica no influye ni positiva y negativamente en el negocio rural analizado
- Impacto Positivo (4): La característica presenta buenas condiciones que influyen de manera positiva en el negocio rural analizado
- Impacto muy positivo (5): La característica presenta muy buenas condiciones que influyen de manera positiva en el negocio rural analizado

Partiendo de la caracterización general del contexto rural de Guateque, se evidencia un territorio que cuenta con fortalezas significativas en materia ambiental, cultural y organizativa, que contribuyen positivamente a la sostenibilidad de las viviendas rurales autosustentables. Los aspectos con una mejor valoración fueron la dinámica cultural, los recursos hídricos, las actividades no agropecuarias, la cobertura de servicios públicos y la presencia de organizaciones comunitarias, contando todos con puntuaciones de 5. Estos factores resaltan una comunidad activa y agrupada, capaz de construir tradiciones con procesos de innovación y sostenibilidad. La existencia de Juntas de Acción Comunal y asociaciones productivas facilita la gestión colectiva de proyectos, la riqueza cultural y los recursos naturales también ofrecen una base sólida para desarrollar iniciativas sostenibles como los biodigestores. Igualmente, la diversificación económica, con actividades complementarias como el turismo rural y la artesanía, amplía las oportunidades de ingresos y refuerza la resiliencia del territorio frente a los cambios económicos apuntando a una economía circular.

Por el contrario, los aspectos con menor puntuación se relacionan con la percepción de la comunidad frente al desempeño gubernamental (3) y con la cohesión poblacional derivada de la diversidad demográfica y la dispersión geográfica (3). Estas condiciones reflejan desafíos institucionales y sociales que pueden limitar la implementación de proyectos sostenibles si no se logran fortalecen los mecanismos de participación y apoyo estatal. La percepción mixta hacia la gestión pública y las brechas en cobertura de agua potable, saneamiento y vías terciarias evidencian la necesidad de una mayor unión entre la comunidad, las autoridades locales y los programas nacionales de desarrollo rural. Aunque Guateque presenta un entorno favorable para el fortalecimiento de viviendas autosustentables, es indispensable trabajar en la mejora de la gobernanza local, la infraestructura básica y la sensibilización social, para poder garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las iniciativas propuestas.

Por otra parte, en la caracterización específica, dado que el enfoque de la presente investigación corresponde a la sostenibilidad social, se evaluaron los aspectos detallados en la tabla a continuación.

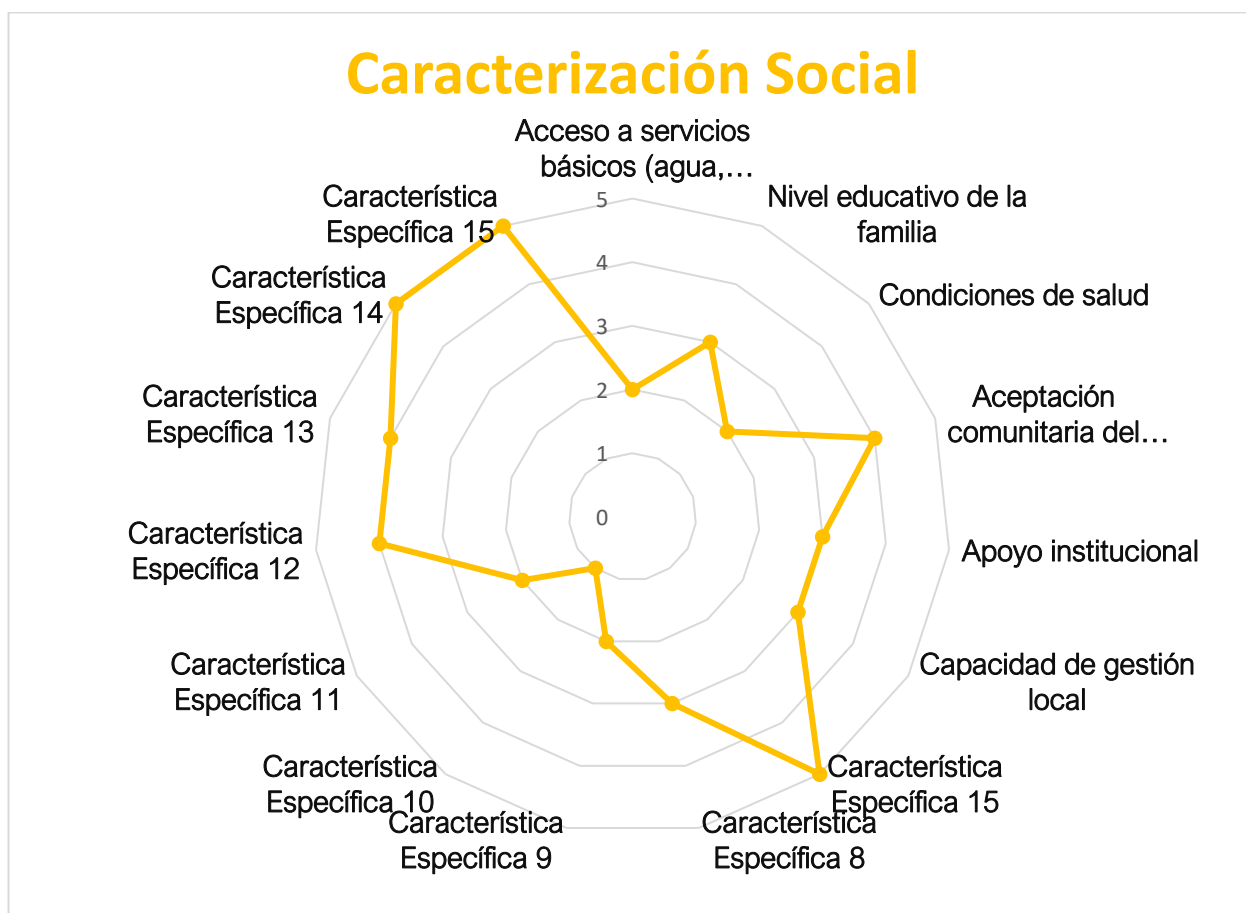
Tabla 6 *Caracterización específica de Viviendas Rurales Autosustentables respecto a su sostenibilidad social.*

Nombre característica específica en el ámbito	Descripción de la característica específica	Puntuación de la característica específica
Acceso a servicios básicos (agua, energía, saneamiento)	En la zona rural solo 60% de hogares tiene acueducto y el 40% depende de fuentes alternas; predominio de leña para cocinar.	2
Nivel educativo de la familia	Predomina la educación básica primaria; bajo acceso a estudios técnicos o universitarios.	3
Condiciones de salud	Alta prevalencia de enfermedades respiratorias vinculadas al uso de leña y humo en cocinas.	2
Aceptación comunitaria del biodigestor	Comunidad interesada en alternativas para reducir gastos en gas, aunque preocupa el costo inicial.	4
Participación en asociaciones o cooperativas	Baja participación en asociaciones; solo algunos productores pertenecen a cooperativas lecheras.	2

Apoyo institucional	Existen capacitaciones ocasionales, pero con baja cobertura.	3
Capacidad de gestión local	Existen líderes comunales, pero con recursos limitados para ejecutar proyectos.	3

Fuente: elaboración propia a partir de (DANE, 2025) (Secretaría de educación Boyacá, 2025) (Secretaría de Salud boyacá, 2025) (Gobernación de Boyacá, 2020)

Figura 16 Gráfico Radial Caracterización específica de Viviendas Rurales Autosustentables en el ámbito social



Fuente: elaboración propia a partir de (Instituto Geografico Agustin Codazzi, 2025) (Departamento Nacional de Planeación, 2025) (Gobernación de Boyacá, 2023) (Corpoboyacá, 2025) (DANE, 2025) (Consejo municipal de Guateque, 2015)

La caracterización específica de Viviendas Rurales Autosustentables en Guateque muestra que los aspectos sociales y económicos del territorio cuentan con oportunidades claras para el fortalecimiento de la sostenibilidad social a partir de la gestión de proyectos. Los factores

con mayor valor corresponden a la aceptación comunitaria del biodigestor (4) y al interés por alternativas energéticas sostenibles, lo que resalta la disposición creciente de la comunidad hacia la adopción de tecnologías limpias que les reduzcan los costos energéticos y los impactos ambientales. Dicha disposición social, unida a la presencia de liderazgos locales y el acompañamiento institucional ocasional por parte de entidades educativas, construyen una base positiva para la implementación de estrategias de capacitación, apropiación tecnológica y permiten replicar el modelo autosustentable. También, la actividad económica predominante en agricultura y ganadería ofrece las condiciones materiales necesarias para garantizar el suministro de residuos orgánicos aprovechables, fortaleciendo la viabilidad técnica y ambiental de los biodigestores.

Por otro lado, la sostenibilidad social del proyecto enfrenta desafíos importantes que están asociados a los indicadores con menor puntaje, como el acceso a servicios básicos (2), el manejo inadecuado de residuos (2), el limitado acceso a créditos rurales (2) y la baja participación en asociaciones comunitarias (2). Estos resultados resaltan las brechas estructurales que impactan directamente la calidad de vida y la capacidad de gestión colectiva de las familias rurales. El problema de la dependencia de la leña como fuente energética y las dificultades para financiar proyectos de innovación limitan la transición hacia modelos autosuficientes. Además, la escasa organización cooperativa disminuye las posibilidades de negociación y acceso a programas de apoyo estatal. Partiendo de lo anterior, se identifican como aspectos prioritarios a fortalecer la educación técnica y ambiental, la gestión institucional del crédito rural, la capacitación en manejo de residuos y operación de biodigestores, y la consolidación de redes comunitarias que puedan promover la autogestión y el liderazgo local en busca de transformar las debilidades identificadas en oportunidades de desarrollo sostenible y equitativo para las familias rurales de Guatemala.

4.2 Comparación de metodologías y conceptos de gerencia de proyectos aplicables a viviendas rurales autosustentables

Para el desarrollo del proyecto, el análisis comparativo de metodologías y conceptos de gerencia de proyectos fue desarrollado a partir de las variables identificadas en el numeral 3.4.2,

las cuales contemplan la congruencia territorial, el grado de participación comunitaria, la adaptabilidad a contextos rurales, el enfoque en sostenibilidad social y la capacidad de generar resultados medibles en el corto y mediano plazo. Para lograrlo, se revisaron modelos tradicionales y contemporáneos de gestión, entre los que se destacan el PMBOK (Project Management Body of Knowledge), la Metodología del Marco Lógico (MML), el PM4R (Project Management for Results), PRINCE2, y los enfoques ágiles (Scrum y Design Thinking). Estas metodologías fueron analizadas a priori de sus componentes estratégicos con el fin de determinar su la viabilidad de su aplicabilidad al fortalecimiento de la sostenibilidad social de las Viviendas Rurales Autosustentables en Guateque, Boyacá. Realizar la comparación permitió poder valorar las herramientas más adecuadas para proyectos sociales en entornos rurales, priorizando las que promueven la autogestión, la inclusión comunitaria y la mejora de la calidad de vida mediante soluciones sostenibles.

Tabla 7 Cuadro comparativo de metodologías

Metodología / Enfoque	Características principales	Ventajas	Desventajas	Aplicación al objeto de estudio (enfoque social)
PMBOK (Project Management Body of Knowledge)	Basada en procesos y áreas de conocimiento. Estructura fases de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre. Integra gestión de riesgos, comunicaciones y stakeholders.	Metodología universalmente aceptada. Aporta estructura, control y documentación formal de las etapas del proyecto.	Puede ser poco flexible ante contextos rurales o sociales que requieren adaptabilidad y lenguaje accesible.	Permite planificar el proyecto de biodigestores con cronogramas, presupuestos y gestión de interesados, articulando a la comunidad como

				stakeholder clave.
Metodología del Marco Lógico (MML)	Centrada en la planificación por objetivos, estableciendo relaciones entre insumos, actividades, productos, resultados e impactos. Incluye la matriz de planificación y los indicadores de evaluación.	Enfatiza la lógica causal del proyecto y su alineación con el problema central. Facilita el monitoreo y la evaluación de resultados sociales.	Puede ser rígida si no se ajusta a las particularidades culturales y participativas de la comunidad rural.	Ideal para estructurar la propuesta de fortalecimiento social, definiendo indicadores de sostenibilidad y participación comunitaria en el uso de biodigestores.
PM4R (Project Management for Results – BID)	Promueve una gestión orientada a resultados, con participación activa de beneficiarios y enfoque en eficiencia y sostenibilidad.	Fortalece capacidades locales, fomenta la rendición de cuentas y la apropiación de resultados por parte de las comunidades.	Requiere capacitación en herramientas técnicas y puede demandar mayor tiempo en la etapa de planificación participativa.	Adecuada para proyectos rurales donde se requiere empoderamiento social y monitoreo del impacto comunitario, como la apropiación del biogás y fertilizantes generados.
PRINCE2 (Projects in Controlled Environments)	Divide el proyecto en fases con puntos de control definidos. Enfatiza la gestión de la	Asegura control sobre los recursos y una	Excesiva formalidad documental, poco adaptable a	Puede emplearse para el control y seguimiento técnico de los

	calidad, la justificación continua del negocio y la comunicación estructurada.	gestión por fases transparente.	proyectos rurales pequeños o comunitarios.	biodigestores, asegurando la trazabilidad de los recursos y el cumplimiento de los estándares de calidad.
Scrum (Metodología Ágil)	Basada en iteraciones cortas (sprints), equipos autogestionados y mejora continua. Enfatiza la flexibilidad, colaboración y entrega incremental de valor.	Alta adaptabilidad y participación constante. Promueve la comunicación directa y la retroalimentación con la comunidad.	Puede ser difícil de aplicar si la comunidad no tiene experiencia en trabajo colaborativo o gestión ágil.	Facilita el diseño, prueba y mejora de prototipos de biodigestores en campo mediante talleres participativos y validación con usuarios rurales.
Design Thinking	Centrada en la empatía con el usuario, la ideación, el prototipado y la validación de soluciones. Promueve la creatividad y la innovación centrada en las personas.	Fomenta la innovación social, el entendimiento profundo de las necesidades y la co-creación de soluciones.	Requiere facilitadores con experiencia en metodologías participativas y tiempos extendidos de trabajo de campo.	Ideal para la fase inicial del proyecto, permitiendo comprender las necesidades energéticas, diseñar soluciones adaptadas y fortalecer la apropiación comunitaria.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Ortegón, Pacheco, & Prieto, 2015); (Angel, 2010); (Corona, 2023); (Hernández & Mendoza, C., 2018).

El análisis comparativo arroja que la metodología más apropiada para el fortalecimiento social de Viviendas Rurales Autosustentables es la Metodología del Marco Lógico (MML) y complementada con elementos de PM4R y los enfoques ágiles de Scrum y Thinking, permitiendo estructural la planificación del proyecto con objetivos claros, con indicadores verificables, un seguimiento seguro, permitiendo garantizar la coherencia entre los resultados esperados y la sostenibilidad social del modelo. Por otro lado, se maximiza la participación comunitaria y el desarrollo de las capacidades locales con la finalidad de afianzar la apropiación del uso de los biodigestores por parte de las familias rurales.

4.3 **Formulación de estrategias para fomentar la sostenibilidad social de viviendas Rurales autosustentables**

Teniendo en cuenta la metodología del Marco Lógico, se diseñaron estrategias orientadas a fortalecer los aspectos sociales identificados como prioritarios en la caracterización: el acceso limitado a servicios básicos, la baja participación comunitaria, el manejo inadecuado de residuos orgánicos y la escasa educación técnica en sostenibilidad. Estas estrategias fueron estructuradas teniendo en cuenta la secuencia lógica entre problemas, objetivos, resultados esperados, indicadores y actividades, garantizando de esta manera su coherencia interna y la alineación con los principios de la gerencia de proyectos orientada a resultados (PM4R). Además, se introdujeron elementos de metodologías con la finalidad de fomentar la participación comunitaria, el aprendizaje colaborativo y la validación de soluciones sostenibles mediante prototipos locales.

El enfoque metodológico permitió definir cuatro estrategias principales que ayudan a la sostenibilidad social del proyecto:

Tabla 8 *estrategias para fomentar la sostenibilidad social de Viviendas Rurales Autosustentables*

Estrategia	Objetivo específico	Actividades principales	Indicadores de logro	Resultados esperados	Medios de verificación
-------------------	----------------------------	--------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a
partir de la gerencia de proyectos 78

1. Programa de educación y sensibilización comunitaria en sostenibilidad	Fortalecer las capacidades sociales y técnicas de las familias rurales para la apropiación de tecnologías limpias.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar talleres participativos sobre uso y mantenimiento de biodigestores. - Desarrollar jornadas de educación ambiental sobre manejo de residuos, ahorro energético y uso del biol. - Promover campañas radiales y comunitarias que impulsen el uso del biogás y la reducción de leña. 	<ul style="list-style-type: none"> - N.º de hogares capacitados. - Nivel de apropiación de prácticas sostenibles (medido en encuestas). 	Comunidades rurales empoderadas y con conocimientos prácticos sobre sostenibilidad y energías limpias.	Registros de asistencia, actas de talleres, reportes fotográficos y encuestas de seguimiento.
2. Fortalecimiento del tejido organizativo rural	Promover la asociatividad y liderazgo local para la gestión comunitaria de proyectos sostenibles.	<ul style="list-style-type: none"> - Crear comités veredales de energía limpia. - Capacitar líderes comunitarios en gestión de proyectos - Involucrar a jóvenes rurales en mantenimiento y emprendimientos 	<ul style="list-style-type: none"> - N.º de organizaciones o comités conformados. - N.º de líderes capacitados. - Participación juvenil en proyectos locales. 	Red comunitaria fortalecida que gestiona de forma autónoma los proyectos rurales sostenibles.	Informes de capacitación, actas de constitución de comités y evidencias de participación comunitaria.

Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos 79

		asociados a los biodigestores.			
3. Implementación de un modelo piloto de biodigestores comunitarios	Validar la viabilidad técnica, social y ambiental del modelo autosustentable.	- Instalar un biodigestor piloto en finca modelo con participación comunitaria. - Realizar monitoreo participativo del funcionamiento, producción de biogás y aprovechamiento del biofertilizante. - Evaluar impactos sociales y ambientales percibidos.	- Producción estable de biogás (m ³ /mes). - N.º de familias beneficiarias directas. - Nivel de satisfacción comunitaria con el piloto.	Validación del modelo sostenible y confianza comunitaria en el uso de tecnologías limpias.	Informes técnicos de monitoreo, registros de funcionamiento y encuestas de evaluación social.
4. Creación de alianzas institucionales y financieras	Facilitar el acceso a recursos técnicos y económicos para la expansión del proyecto.	- Gestionar convenios con el MinMinas, DNP, ONG y entidades locales. - Formular propuestas para acceder a créditos rurales y programas de energía renovable. - Establecer	- N.º de alianzas o convenios suscritos. - Monto total de recursos gestionados. - N.º de proyectos financiados.	Sostenibilidad institucional y financiera que garantice la expansión y permanencia del proyecto.	Copias de convenios, cartas de intención, registros financieros y reportes de ejecución.

acuerdos con
universidades y
centros técnicos
para apoyo
formativo y
operativo.

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (Ortegón, Pacheco , & Prieto, 2015), complementada con PM4R (Banco Interamericano de desarrollo , 2019) y enfoques ágiles (Scrum y Design Thinking).

5 DISCUSIÓN

El desarrollo de este estudio permitió establecer una unión coherente y efectiva entre la gerencia de proyectos y la sostenibilidad social aplicada a contextos rurales. Los resultados obtenidos evidencian que el uso de metodologías estructuradas puede adaptarse con éxito a territorios campesinos como Guateque, Boyacá, caracterizados por su complejidad social, económica y geográfica.

La comparación entre los hallazgos empíricos y la revisión teórica permitió comprobar que la sostenibilidad social en proyectos rurales no solo depende del uso de nuevas tecnologías limpias, sino también de la apropiación comunitaria, la educación técnica, la gestión participativa y el acompañamiento institucional constante. (FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021); (Castellanos, 2020); (Becerra, repository.udca.edu.co, 2017)

5.1 Análisis de los resultados frente al marco teórico

La caracterización de Viviendas Rurales Autosustentables arrojó que el territorio de Guateque cuenta con condiciones ambientales y culturales aptas para el desarrollo de proyectos sostenibles, pero enfrenta debilidades sociales estructurales como el limitado acceso a servicios básicos, la poca asociatividad y la baja diversificación económica.

Estos resultados coinciden con los informados de la (FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021), quienes identifican que la falta de infraestructura básica y el poco conocimiento técnico son factores que se convierten en obstáculos para la adopción de tecnologías sostenibles en zonas rurales de América Latina. De manera similar, (Zelaya, 2023) plantea que los factores institucionales y culturales son pilares determinantes en la aceptación de los biodigestores, más allá de su rentabilidad o desempeño técnico.

La investigación permitió evidenciar que la sostenibilidad social de las viviendas autosustentables no puede medirse solamente desde la reducción de costos energéticos o la disminución de emisiones de carbono, sino desde la capacidad de las comunidades para organizarse, para mantener los sistemas funcionales y para transferir el conocimiento generado. De esta manera, se puede decir que los proyectos sostenibles en contextos rurales están obligados a fortalecer de manera simultánea los ejes ambiental, social y productivo, con una base sólida en la participación comunitaria.

Los hallazgos arrojados por el modelo de caracterización desarrollado ratifican que los factores mejor evaluados son los que sostienen el tejido social y garantizan la permanencia de los proyectos a largo plazo, mientras que las variables con menor puntaje representan los mayores riesgos para la sostenibilidad.

Desde un punto de vista técnico, los biodigestores se proponen como una herramienta viable para aprovechar los residuos orgánicos en la generación de biogás y biofertilizantes, aportando a la economía circular y reduciendo la contaminación ambiental (Moreno M. T., 2011), (Celis, 2020). Por otro lado, (Becerra, repository.udca.edu.co, 2017) advierte, que su implementación exitosa depende en gran medida de la apropiación social y del acompañamiento en mantenimiento, ya que los fracasos de proyectos rurales anteriores han estado vinculados a la ausencia de seguimiento comunitario.

5.2 Vinculación con la gerencia de proyectos y la teoría de la participación

El uso de herramientas de la gerencia de proyectos permitió poder estructurar los procesos de diagnóstico, la planificación y la formulación de estrategias, lo que garantiza coherencia entre objetivos, resultados e indicadores. En esencia, la aplicación de la Metodología del Marco Lógico fue un pilar fundamental para lograr identificar las relaciones causa-efecto presentadas entre los problemas de sostenibilidad y las intervenciones propuestas, favoreciendo la planificación basada en resultados.

Este enfoque se encuentra alineado con los propuestos por (Ortegón, Pacheco , & Prieto, 2015), quienes resaltan que el Marco Lógico no solamente es un instrumento de planeación, sino que es un proceso de aprendizaje que busca fortalecer la gestión pública y comunitaria. En el contexto de Viviendas Rurales Autosustentables, esta metodología permitió priorizar acciones concretas como la capacitación, la organización social y la creación de alianzas institucionales que actúan sobre las causas estructurales del problema.

Por otro lado, la incorporación del PM4R permitió aportar un enfoque orientado a resultados, fortaleciendo la rendición de cuentas y el empoderamiento local. Esta combinación metodológica se enfoca con el planteamiento de (Angel, 2010) con respecto a la necesidad de gestionar a los stakeholders de una manera participativa en territorios rurales, en donde el éxito de los proyectos suele depender de la interacción entre los beneficiarios, las instituciones y los líderes locales.

Los resultados demuestran que, cuando la comunidad participa desde la formulación hasta la ejecución del proyecto, se potencializa y por ende se incrementa la apropiación y se reduce la resistencia cultural frente a la innovación. Esto lo confirma (Banco Interamericano de desarrollo , 2019) con respecto a la importancia del liderazgo colaborativo y el coaching social como herramientas de acompañamiento en procesos de cambio organizacional.

5.3 Aportes en sostenibilidad social y ruralidad

El proyecto aporta al campo de la sostenibilidad social en dos dimensiones principales: El fortalecimiento del capital humano y comunitario, al promover procesos de formación en energía limpia, economía circular y liderazgo rural; y en la creación de mecanismos de autogestión y alianzas institucionales, que posibilitan la continuidad del modelo a largo plazo.

Los resultados concuerdan con los indicado por (Melo, 2021) con respecto a la necesidad de involucrar a los jóvenes rurales en proyectos tecnológicos como una estrategia de arraigo y renovación generacional. La estrategia planteada con respecto a la formación en sostenibilidad y liderazgo propuesta en esta investigación responde directamente a este reto, implementando una

visión intergeneracional que combina el conocimiento campesino tradicional con habilidades técnicas modernas.

Además, el fortalecimiento del tejido organizativo por medio de comités veredales y asociaciones locales es consecuente con las experiencias internacionales revisadas por la (Asociación Costarricense de Biogás, 2025) y la (European Biogas Association, s.f), en donde el éxito de los proyectos de biogás ha dependido de la existencia de estructuras cooperativas fuertes que garanticen la operación y mantenimiento de los sistemas.

En comparación y contraste, los antecedentes nacionales muestran que en Colombia muchos proyectos rurales fracasan cuando no se consolidan estructuras comunitarias de seguimiento (Contextoganadero, 2023). La investigación desarrollada propone una solución directa a dicho problema, integrando la gerencia de proyectos con el fortalecimiento social.

5.4 Impacto de los resultados en el campo de estudio

El impacto de la investigación en el campo de la gerencia de proyectos aplicada a entornos rurales es significativo. Primero porque demuestra que los enfoques tradicionales del PMBOK pueden adaptarse a contextos de economía campesina si se complementan con metodologías ágiles y participativas, de manera que aporta a la línea de investigación sobre hibridación metodológica en gestión de proyectos sociales, propuesta por autores como (Corona, 2023) y (Flick, 2015), quienes resaltan la importancia de combinar la rigurosidad técnica con la flexibilidad contextual.

Segundo, el proyecto amplía el alcance del concepto de sostenibilidad social al presentarlo en unión a la autonomía energética rural, un tema que ha sido poco abordado en la literatura colombiana. Los resultados demuestran que el acceso a energía limpia no solo reduce la pobreza energética (Ministerio de Minas y Energía, 2024), sino que también logra mejorar la equidad de género al disminuir las labores domésticas asociadas a la recolección de leña y la salud pública, aspectos que la (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2024) también indica como beneficios derivados del abandono del uso de combustibles tradicionales.

Por otro lado, el estudio ofrece evidencia empírica para fortalecer las políticas nacionales de transición energética y desarrollo rural sostenible según lo dictamina la Ley 2099 de 2021 (Congreso de la República, 2021) y el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 (Departamento Nacional de Planeación, 2025). Desde esta perspectiva, el caso de Viviendas Rurales Autosustentables en Guateque se convierte en un modelo replicable para otros municipios con condiciones similares, demostrando la viabilidad técnica y social de los biodigestores como herramienta de transformación territorial.

5.5 Contraste con la literatura internacional y nacional

Los hallazgos recopilados a lo largo de esta investigación se alinean con las experiencias internacionales de países como Alemania, China e India, donde el biogás ha sido integrado a políticas de desarrollo rural y mitigación climática (Deutsche Welle, 2022), (Mukherjee, 2023), (Renegon Waste to value, s.f.).

Como en otros casos, el proyecto en Guateque reafirma que la sostenibilidad técnica y la rentabilidad económica del biogás dependen en gran medida de la implementación de marcos normativos y del apoyo financiero inicial. Mientras en Europa y Asia la expansión de la implementación de los biodigestores se sustenta en incentivos del estado y mercados consolidados de biometano, en Colombia el avance aún depende de iniciativas sociales o locales y de la cooperación interinstitucional (Biogas Metano latinoamerica, 2024).

En comparación con proyectos latinoamericanos como los de Costa Rica (Asociación Costarricense de Biogás, 2025), donde el modelo cooperativo permitió la expansión industrial del biogás, en el caso de Guateque en Colombia se destaca la necesidad de aplicar procesos de capacitación y unión comunal antes de escalar la producción. Esto reafirma que los modelos de autogestión deben preceder a los modelos de comercialización, priorizando la apropiación social sobre la rentabilidad inmediata.

Los resultados reafirman los planteamientos de (Zelaya, 2023) con respecto a que la aceptación tecnológica rural depende más de la percepción de utilidad social que de la

complejidad técnica. En Guateque, la comunidad mostró una disposición favorable hacia los biodigestores cuando comprendió sus beneficios en ahorro de gas propano, fertilización natural y mejora de la salud respiratoria, lo que confirma la importancia de las estrategias de sensibilización y demostración práctica, tal como lo sugiere la (FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021).

5.6 Reflexión metodológica y validación de la estrategia aplicada

Desde el punto de vista metodológico, la aplicación de fuentes y técnicas tales como la caracterización, el análisis documental y las entrevistas semiestructuradas, permitieron construir un diagnóstico integral, confirmando lo propuesto por (Flick, 2015) y (Hernández & Mendoza, C., 2018) sobre la complementariedad entre métodos cualitativos y descriptivos en estudios sociales.

A pesar de que las entrevistas en campo no pudieron aplicarse directamente, el diseño metodológico mantiene su validez al apoyarse en fuentes secundarias oficiales y en literatura especializada, garantizando así la coherencia interna de los resultados. Este tipo de limitación es recurrente en investigaciones rurales y, como señala (Torres C. , 2016), puede ser compensada con técnicas de análisis documental profundo y triangulación de datos.

La selección del enfoque cualitativo se avala como adecuada, ya que permitió comprender las percepciones, barreras y motivaciones de la comunidad, más allá de los datos cuantitativos. De manera que el estudio valida lo dicho por (Uwe, 2015), quien destaca que el método cualitativo es esencial para capturar la dimensión humana de la sostenibilidad, especialmente en entornos rurales donde las variables culturales y sociales son tan determinantes como las técnicas.

5.7 Aportes al conocimiento y propuestas de futuras líneas de investigación

El proyecto deja varios aportes importantes al campo académico y profesional, desde lo conceptual, integra la gerencia de proyectos como una herramienta de transformación social que desde la perspectiva de la autonomía energética comunitaria invita a redefinir la sostenibilidad social. El proyecto demuestra la efectividad de combinar la Metodología del Marco Lógico con enfoques ágiles para proyectos rurales, configurando un modelo híbrido adaptable a diferentes escalas, visto desde el aporte metodológico.

Desde lo práctico, en pro de priorizar la educación ambiental, la organización comunitaria y la articulación interinstitucional, el proyecto propone estrategias que son replicables en otros municipios que cuenten con características similares a Guateque. De manera que, se logran identificar nuevas líneas de investigación como:

- Evaluación del impacto social y ambiental de biodigestores en comunidades rurales, midiendo indicadores de bienestar, salud y equidad de género a mediano plazo.
- Diseño de modelos de financiamiento alternativo para tecnologías sostenibles, explorando microcréditos rurales y esquemas de trueque energético basados en biogás.
- Estudios comparativos intermunicipales sobre la adopción tecnológica rural en Boyacá, para identificar patrones de éxito y factores de resistencia cultural.
- Análisis de liderazgo y coaching rural, basados en las competencias propuestas por (Perel & Goldvarg, 2021), que examinen cómo el liderazgo colaborativo puede acelerar la transición hacia comunidades autosustentables.
- Evaluaciones del marco normativo, orientadas a proponer ajustes que faciliten la implementación de proyectos de biogás en municipios donde los procesos administrativos aún restringidos.

5.8 Síntesis final

En síntesis, los resultados arrojados en el desarrollo del proyecto validan la hipótesis inicial donde las herramientas y metodologías de gerencia de proyectos, al ser aplicadas con un enfoque social y territorial, fortalecen la sostenibilidad de las viviendas rurales autosustentables. La implementación en Guateque demuestra que la combinación de planeación técnica, participación comunitaria y gestión institucional logra transformar los problemas estructurales de pobreza energética en oportunidades de desarrollo sostenible.

La aplicación conjunta entre teoría y práctica permitió que el estudio trascendiera la propuesta tecnológica y se convirtiera en una estrategia integral de fortalecimiento rural. De manera, que el proyecto no solo aporta soluciones locales a problemas globales como el cambio climático y la desigualdad energética, sino que también consolida un modelo de investigación aplicada coherentemente con la misión social de UNIMINUTO y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 (CEPAL-Naciones Unidas, 2018).

Finalmente, la sostenibilidad social alcanzada por medio de la aplicación de la gerencia de proyectos se entiende como la capacidad de las comunidades rurales para aprender, innovar y autogestionar su desarrollo, garantizando que la energía limpia no sea un privilegio, sino un derecho alcanzable desde la colaboración, la cooperación, la educación y la gestión responsable de la comunidad.

6 CONCLUSIONES

Para fortalecer Viviendas Rurales Autosustentables, se han propuesto estrategias basadas en herramientas y metodologías de gerencia de proyectos adecuadas, con el fin de garantizar su sostenibilidad en el ámbito social. Estas estrategias buscan integrar prácticas sostenibles que no solo mejoren la eficiencia operativa del negocio, sino que también aseguren su permanencia a largo plazo, minimizando impactos negativos y maximizando beneficios para la comunidad y el entorno en el cual se encuentra inmerso.

Para ello, primero se realizó una caracterización de su contexto rural, identificando las variables clave que influyen en su sostenibilidad social. Este análisis encontró que las características más relevantes son los aspectos ambientales, culturales y organizativos que favorecen la sostenibilidad social de Viviendas Rurales Autosustentables, destacando los recursos hídricos, la dinámica cultural, la presencia de organizaciones comunitarias, la cobertura de recursos públicos básicos y las actividades no agropecuarias entre los elementos mejor valorados con puntajes entre el 4 y 5, lo que permite evidenciar que es un territorio que cuenta con una comunidad participativa capaz de combinar prácticas tradicionales con procesos de innovación y economía circular. Sin embargo, las variantes que arrojaron menor puntaje, como las debilidades sociales estructurales la percepción moderada del desempeño gubernamental, el bajo acceso a servicios básicos como agua y saneamiento, la escasa participación en asociaciones o cooperativas, el manejo inadecuado de residuos y las limitaciones en el acceso a crédito rural alertan frente a la necesidad de fortalecer la educación técnica y ambiental, mejorar la articulación institucional y promover la organización comunitaria como pilares de una sostenibilidad social efectiva.

Posteriormente, a través de una revisión bibliográfica se evaluaron diversas metodologías y herramientas de gerencia de proyectos, considerando las necesidades específicas sociales a partir de sus necesidades más destacadas, halladas durante la caracterización ya mencionada. En esa evaluación, se revisaron las metodologías PMBOK, MML, PM4R, PRINCE2, Scrum y Design Thinking y se determinó que la metodología más adecuada para formular las estrategias de fortalecimiento en la sostenibilidad social de Viviendas Rurales autosustentables es la Metodología del Marco Lógico (MML), complementada con herramientas de PM4R y con elementos

participativos de Scrum y Design Thinking, por su equilibrio entre estructura técnica, participación comunitaria y enfoque en resultados sostenibles.

Por último, y a partir de la metodología del Marco Lógico (MML), complementada con herramientas de PM4R y con elementos participativos de Scrum y Design Thinking, se diseñan las estrategias que pueden contribuir a fortalecer la sostenibilidad social de Viviendas Rurales autosustentables dentro de las cuales se destacan: un programa de educación y sensibilización comunitaria para capacitar a las familias en temas de sostenibilidad y uso de biodigestores; el fortalecimiento del tejido organizativo rural mediante comités veredales y liderazgo juvenil; la implementación de un modelo piloto comunitario de biodigestores que permita validar técnica y socialmente el modelo autosustentable; y la creación de alianzas institucionales y financieras para garantizar el apoyo técnico y económico a largo plazo. Las estrategias buscan promover la participación comunitaria, la educación ambiental y la articulación interinstitucional, asegurando la apropiación social del proyecto y la consolidación de un modelo sostenible y replicable en el territorio rural de Guateque Boyacá.

Una vez analizados los resultados obtenidos, se puede evidenciar que el proyecto Viviendas Rurales Autosustentables logró de manera efectiva vincular la gerencia de proyectos con la sostenibilidad social desde el contexto rural en Guateque Boyacá. Por medio de la caracterización territorial, se pudo identificar un entorno con grandes fortalezas ambientales y culturales, pero con limitaciones sociales que están relacionadas con el acceso a servicios básicos, la participación comunitaria y la educación técnica. Se evidenció que la aplicación del Marco Lógico como metodología central, junto con herramientas del PM4R y enfoques ágiles, permitió formular estrategias que responden directamente a estas debilidades mediante procesos de capacitación, fortalecimiento organizativo y creación de alianzas institucionales. Los resultados obtenidos, reflejan un avance hacia la consolidación de comunidades más autónomas, resilientes y sostenibles, evidenciando que la gestión de proyectos aplicada con enfoque social puede ser un pilar de transformación territorial, al promover la autogestión, la innovación y la apropiación comunitaria de tecnologías limpias como los biodigestores

7 RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos a lo largo del proyecto ponen en evidencia la necesidad de fortalecer la unión entre las comunidades rurales con las entidades territoriales y los programas de apoyo nacional que se encuentren enfocados en temas de energía renovable. Se recomienda de manera importante dar continuidad al proceso de capacitación técnica y social, promoviendo espacios de formación práctica sobre operación, mantenimiento y aprovechamiento de los biodigestores, integrando también instituciones educativas de fácil acceso y universidades regionales. También, se sugiere que el gobierno municipal incorpore en sus planes de desarrollo una línea estratégica de sostenibilidad rural que priorice proyectos de biogás, fortaleciendo la educación ambiental y fomentando el liderazgo juvenil como motor del relevo generacional en el campo.

Para futuras investigaciones, se propone profundizar en la medición del impacto social, ambiental y económico generado por la instalación de biodigestores en comunidades rurales, es importante incluir variables como la reducción de emisiones de gas efecto invernadero, el ahorro energético y la mejora en la calidad de vida. También sería pertinente desarrollar estudios comparativos entre distintos municipios con condiciones geográficas similares, para evaluar la viabilidad de replicar el modelo. Otro campo de trabajo futuro podría enfocarse en diseñar modelos de financiamiento rural sostenibles, como fondos rotatorios o microcréditos verdes, que faciliten la adopción masiva de tecnologías limpias en poblaciones de bajos recursos.

Para Viviendas Rurales Autosustentables, se recomienda consolidar su rol como referente de innovación social y tecnológica en el municipio de Guateque, con la finalidad de fortalecer su estructura organizativa y su capacidad de gestión ante entidades públicas y privadas. Se debe priorizar la creación de una red local de usuarios de biodigestores que promueva la colaboración, el intercambio de experiencias y la comercialización de subproductos como el biol. también es importante y resulta clave implementar un sistema de monitoreo continuo que evalúe la eficiencia técnica, el impacto social y la sostenibilidad económica del modelo, garantizando su crecimiento a largo plazo y su proyección como iniciativa replicable a nivel departamental y nacional

8 Referencias

- AcuñaMonsalve, Y., Jaramillo, J. G., Ospina, L. A., Molina, D., & Claro, N. D. (2022). Valorización energética de estiércol equino en condiciones psicrófilas: biodigestor de bajo costo instalado en el Ejército Nacional de Colombia. *Red de Biodigestores para Latinoamérica y el Caribe*, 19,20,21,22,23.
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (16 de Abril de 2024). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de [espanol.epa.gov](https://espanol.epa.gov/espanol/el-humo-de-la-lena-y-su-salud): <https://espanol.epa.gov/espanol/el-humo-de-la-lena-y-su-salud>
- Agencia de Renovación del Territorio. (s.f.). *apccolombia*. Obtenido de www.apccolombia.gov.co: <https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/proyectos/49.pdf>
- Agricultura de las Americas. (20 de junio de 2024). *Agricultura de las Americas*. Obtenido de agriculturadelasamericas.com: <https://agriculturadelasamericas.com/agricultura/biodigestores-solucion-energetica-para-fincas-mas-sostenibles/>
- Agurre Sosa Javier, E. U. (diciembre de 2018). *caoba.sanmateo.edu.co*. Obtenido de <http://localhost:80/jspui/handle/123456789/106>
- Angel, J. E. (2010). *Manejo de stakeholders como estrategia para la administración de proyectos de desarrollo en territorios rurales*. Bogotá: Agronomía Colombiana.
- Asociación Costarricense de Biogás. (2025). *Estado de la industria Costarricense de Biogás*. ASOBIOGAS.
- Autocasión. (21 de noviembre de 2021). *Autocasion*. Obtenido de www.autocasion.com: <https://www.autocasion.com/diccionario/motor-de-4-tiempos/>
- Banco Interamericano de desarrollo . (2019). *PM4R Guía Práctica*. Banco Interamericano de desarrollo .
- Becerra, C. A. (2017). *Los biodigestores: fuente de desarrollo sostenible y calidad de vida en comunidades rurales de Colombia*. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales - UDCA.
- Becerra, C. A. (diciembre de 2017). *repository.udca.edu.co*. Obtenido de [https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/787/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20FIN AL.pdf](https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/787/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20FINAL.pdf)
- Biogas Metano latinoamerica. (25 de junio de 2024). *Biogas Metano Latinoamerica*. Obtenido de biogasmetano-latam.com: <https://biogasmetano-latam.com/avances-y-perspectivas-del-uso-de-biodigestores-en-colombia/>

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Utilizando el análisis temático en psicología. *Qualitative Research in Psychology*, 77-101.
- Cárdenas Salgado, B. a., & Gaona Martínez, Y. C. (2023). *Propuesta para la implementación de biodigestores para los habitantes de la vereda Sibatá del municipio de Guateque como alternativa de uso de gas natural como estrategia de mitigación al cambio climático*. Bogotá: Universidad distrital Francisco José de Caldas.
- Castellanos, J. J. (2020). *Sistema sostenible para viviendas rurales*. Bogotá, D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Celis, M. d. (2020). *Biodigestores como alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en zonas rurales*. Medellín: Tecnológico de Antioquía.
- Centro Internacional de Energías Renovables-Biogás. (2021). *Cibiogas Energías Renováveis*. Obtenido de cibiogas.org: <https://cibiogas.org/blog-do-biogas/>
- CEPAL-Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Publicación de las Naciones Unidas.
- Congreso de la República. (2021). *LEY 2099 DE 2021*. Bogotá: Congreso de la República.
- Consejo municipal de Guateque. (2015). *ACUERDO MUNICIPAL No. 001 DE 2015*. Guateque: CONCEJO MUNICIPAL DE GUATEQUE.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (s.f.). *CSIC*. Obtenido de www.csic.es: <https://www.csic.es/es/el-csic/etica-e-integridad-cientifica-en-el-csic/etica-en-la-investigacion>
- Contextoganadero. (28 de febrero de 2023). *Contextoganadero*. Obtenido de ww.contextoganadero.com: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/biodigestores-comienzan-tomar-fuerza-en-colombia>
- Corona, F. R. (2023). Modelos de análisis documental aplicados a la investigación cualitativa. *Revista Latinoamericana de Metodología*, 15(2), 45–63.
- Corpoboyacá. (2025). *Corpoboyacá*. Obtenido de www.corpoboyaca.gov.co: <https://www.corpoboyaca.gov.co/plan-de-ordenamiento-del-recurso-hidrico-porh/>
- Corredor, J. P. (2019). *Sistemas Automotrices*. Quito, Ecuador: Escuela olitecnica Nacional.
- DANE. (09 de 2025). *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas*. Obtenido de www.dane.gov.co: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales>
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2019). *Misión para la Transformación del Campo. Definición de categorías de ruralidad en Colombia*. Bogotá: DNP.

- Departamento Nacional de Planeación. (2025). *DNP*. Obtenido de www.dnp.gov.co:
<https://www.dnp.gov.co/transparencia-y-acceso-informacion-publica>
- Departamento Nacional de Planeación. (2025). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. Obtenido de www.dnp.gov.co: <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- Deutsche Welle. (19 de mayo de 2022). DW Español. *¿Biogás alemán para reemplazar el gas ruso?*
Alemania: DW Español.
- European Biogas Association. (s.f). *EBA*. Obtenido de www.europeanbiogas.eu:
<https://www.europeanbiogas.eu/members/join-us/>
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades para la economía circular*. FAO.
- Flick, U. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa (5ª ed.)*. Ediciones Morata.
- Fluence News Teams. (26 de noviembre de 2020). *Fluence*. Obtenido de www.fluencecorp.com:
<https://www.fluencecorp.com/es/biogas-in-europe/>
- Gobernación de Boyacá. (2020). *Plan de Desarrollo Departamental 2020–2023: Boyacá Avanza*. Tunja, Boyacá: Gobernación de Boyacá.
- Gobernación de Boyacá. (2023). *Plan Departamental de Extensión Agropecuaria (PDEA)*. Tunja: Gobernación de Boyacá.
- Gobierno de Argentina. (25 de febrero de 2025). *argentina.gob.ar*. Obtenido de www.argentina.gob.ar:
<https://www.argentina.gob.ar/noticias/biogas-argentina-y-china-fortalecen-vinculos-de-cooperacion-tecnologica>
- González Cabrera, A. M. (2014). *Estudio técnico-económico para la producción de biogás a partir de residuos agrícolas mediante digestión anaerobia*. España: Universidad de Sevilla.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- IEA. (s.f.). *IEA*. Obtenido de www.iea.org: <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/the-outlook-for-biogas-and-biomethane-to-2040>
- Instituto Geografico Agustin Codazzi. (09 de 2025). *IGAC*. Obtenido de colombiainmapas.gov.co:
https://www.colombiainmapas.gov.co/?utm_source=chatgpt.com#
- Internacional CRISIS GROUP. (4 de noviembre de 2021). *Internacional CRISIS GROUP*. Obtenido de www.crisisgroup.org: https://www.crisisgroup.org/es/latin-america-caribbean/andes/colombia/091-broken-canopy-deforestation-and-conflict-colombia?utm_source=chatgpt.com

- La Macarena. (23 de marzo de 2025). *Flota la Macarena*. Obtenido de www.flotalamacarena.com:
https://www.flotalamacarena.com/guateque/?utm_source=chatgpt.com
- Marín, A. M. (2021). *Estudio de factibilidad para la implementación de Biodigestores en la zona rural del Municipio de Lériida Tolima*. Ibagué, Colombia: UNIMINUTO.
- Melo, J. L. (2021). *Juventud rural y migración del campo a la ciudad en Colombia, una aproximación desde el análisis narrativo de políticas públicas*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Mesa, Y. M., Moreno Melo, V., & Mogollón Reina, A. (2022). Dimensionamiento y potencial energético de biodigestores instalados en sistemas productivos del Departamento de Cundinamarca, Colombia. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Plan Nacional de Negocios Verdes 2022-2030*. Bogotá.
- Ministerio de Minas y Energía – Minenergía. (2022). *Política de Transición Energética de Colombia: estrategias para la implementación en zonas rurales*. Bogotá: Minenergía. Obtenido de Política de Transición Energética de Colombia: estrategias para la implementación en zonas rurales.
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Informe sobre la Pobreza Energética Multidimensional en Colombia*. Bogotá: MINENERGIA.
- Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *minenergia*. Obtenido de www.minenergia.gov.co:
<https://www.minenergia.gov.co/es/misional/hidrocarburos/funcionamiento-del-sector/biog%C3%A1s-y-biometano/>
- Ministerio de Salud de Colombia- Minsalud. (1993). *Minsalud-Resolución 8430 de 1993*. Obtenido de www.minsalud.gov.co: <https://www.minsalud.gov.co>
- Ministerio de Minas y Energía. (diciembre de 2024). *minenergia*. Obtenido de www.minenergia.gov.co:
<https://www.minenergia.gov.co/documents/13312/Metodologia-General-Estrategia-Nacional-Comunidades-Energeticas-2024.pdf>
- Miogas. (23 de marzo de 2025). *miogas*. Obtenido de miogas.com:
<https://miogas.com/blog/biodigestores-la-clave-para-una-produccion-sostenible-de-biogas/>
- Moreno, J. E., & Abril Herrera, D. A. (2022). Estudio biofísicoquímico de biodigestores alimentados con excretas porcinas y bovinas en la provincia Sumapaz, Colombia. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*.
- Moreno, M. T. (marzo de 2011). <http://www.fao.org/>. Obtenido de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

- Motoscoot. (20 de Enero de 2009). *www.rcscooter.net/blog-motero/articulos-tecnicos/el-motor-de-4-tiempos-2/*. Obtenido de <https://www.rcscooter.net/blog-motero/articulos-tecnicos/el-motor-de-4-tiempos-2/>
- Mukherjee, S. (06 de agosto de 2023). *ENTER CLIMATE*. Obtenido de enterclimate.com: <https://enterclimate.com/blog/biogas-as-a-renewable-source-of-energy/>
- NATURGAS. (julio de 2023). *NATURGAS*. Obtenido de naturgas.com.co: <https://naturgas.com.co/colombia-empieza-a-fortalecer-su-apuesta-por-la-produccion-de-biogas-y-biometano/>
- Negi, H., Deep Chandra, S., & Ravindra, S. (2023). *Escenario Indio de disponibilidad de biomasa y su potencial de conversión de bioenergía*. Alok Kumar Patel.
- Organización de las Naciones Unidas – CEPAL. (2020). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *Guía teórico-Práctica sobre el Biogás y los Biobidestores*. Buenos Aires, Argentina.
- Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Perel, N., & Goldvarg, D. (2021). *Nuevas competencias de coaching aplicadas con estándares internacionales*. Granica.
- PONT GRUP. (s.f.). *pontgrup*. Obtenido de www.pontgrup.com: <https://www.pontgrup.com/blog/motor-dos-tiempos/>
- Portal Fruticola. (20 de septiembre de 2021). *portalfruticola.com*. Obtenido de www.portalfruticola.com: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/09/29/elaboracion-y-usos-del-biol-un-abono-natural-en-la-agricultura-sostenible/>
- Ramírez, D. S. (2019). *Diseño de biodigestor de estiércol bovino*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Red de Multiservicios Regional SAC. (2025). *rmr-peru.com*. Obtenido de www.rmr-peru.com: <https://www.rmr-peru.com/biodigestores-biogas.htm>
- Renegon Waste to value. (s.f.). *RENERGON*. Obtenido de www.renegeron-biogas.com: <https://www.renegeron-biogas.com/en/china-biogas-largest-dry-anaerobic-digestion-plant-in-operation/>
- Rico, T. G. (2022). *APLICACIÓN DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE AGUAS RESIDUALES EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA*. Bogotá, Colombia: Fundación Yniversidad de America.

Rodríguez, J. e., & Villa Mejía, S. (s.f.).

Rojas, J. R. (2018). *Modelo de caracterización de zonas rurales: una propuesta metodológica para proyectos de desarrollo sostenible*. Revista Colombiana de Ciencias Sociales, 9(1), 55–72.

Santiago, S. A. (26 de diciembre de 2024). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de [www.dnp.gov.co: https://www.dnp.gov.co/publicaciones/Planeacion/Paginas/energia-renovable-en-colombia-resolver-el-trilema-energetico.aspx#:~:text=Parte%20de%20los%20resultados%20de,sistema%20el%20C3%A9ctrico%20en%20este%20proceso.&text=Cabe%20se%20B1alar%20que%20las%20fig](https://www.dnp.gov.co/publicaciones/Planeacion/Paginas/energia-renovable-en-colombia-resolver-el-trilema-energetico.aspx#:~:text=Parte%20de%20los%20resultados%20de,sistema%20el%20C3%A9ctrico%20en%20este%20proceso.&text=Cabe%20se%20B1alar%20que%20las%20fig)

Secretaría de educación Boyacá. (2025). *gobernación de Boyacá Educación*. Obtenido de <http://sedboyaca.gov.co/>: <http://sedboyaca.gov.co/category/publicaciones/planeacion-educativa/informacion-estadistica/>

Secretaría de Salud boyacá. (2025). *Gobernación de Boyacá Secretaría de Salud*. Obtenido de [www.boyaca.gov.co: https://www.boyaca.gov.co/secretariasalud/](https://www.boyaca.gov.co/secretariasalud/)

SISTEMA.bio. (Diciembre de 2020). *sistema.bio*. Obtenido de <https://sistema.bio/co/>

Situr, Boyacá. (23 de marzo de 2025). *situr.boyaca*. Obtenido de [situr.boyaca.gov.co: https://situr.boyaca.gov.co/municipio-de-guateque/](http://situr.boyaca.gov.co/)

Smallops Sustainable nanoenergy. (diciembre de 2021). *SMALLOPS*. Obtenido de [smallops.eu: https://smallops.eu/numero-plantas-biogas/](https://smallops.eu/numero-plantas-biogas/)

Suárez, P. C. (s.f.). *Digestores anaeróbicos para la producción de gas y biol*. La Paz, Bolivia: Tecnociencia Universitaria.

Tartiere, C. C. (2024). *Implementación del proceso de digestión anaerobia en una finca cafetera en Colombia*. Barcelona, España: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Barcelona.

Torres, C. (2016). Entrevistas cualitativas: diseño y análisis temático en investigación social. *Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 12(24), 101–118.

Torres, C. a. (2016). *Metodología de la investigación (4ª ed.)*. Bogotá, Colombia: Pearson Educación.

UNIMINUTO. (s.f.). *uniminuto.edu*. Obtenido de [www.uniminuto.edu: https://www.uniminuto.edu/etica-y-transparencia#:~:text=Un%20c%20B3digo%20de%20%20C3%A9tica%20se%20B1ala,que%20todos%20act%20BAan%20con%20transparencia](https://www.uniminuto.edu/etica-y-transparencia#:~:text=Un%20c%20B3digo%20de%20%20C3%A9tica%20se%20B1ala,que%20todos%20act%20BAan%20con%20transparencia).

Uribe, L. (Noviembre de 2019). www.aboutspanol.com/tipos-de-biodigestores-y-sus-disenos-3417696. Obtenido de <https://www.aboutspanol.com/tipos-de-biodigestores-y-sus-disenos-3417696>

Usca, M. C., & Borbor Villon, Y. M. (abril de 2017). *docplayer.es/84496077-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ciencias-administrativas-tesis-presentada-como-requisito-para-optar-por-el-titulo*

de-ingeniero-comercial.html. Obtenido de <https://docplayer.es/84496077-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ciencias-administrativas-tesis-presentada-como-requisito-para-optar-por-el-titulo-de-ingeniero-comercial.html>

Uwe, F. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa (5.ª ed.)*. Madrid: Morata.

Vargas, A. G., Carvajal Castañeda, L. D., & Davila Pertuz, J. E. (2021). *ESTUDIO DE VIABILIDAD EN LA APLICACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS UBICADAS EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA*. Bogotá, Colombia: Universidad EAN.

Vinasco, J. P. (marzo de 2021). *swwm.info*. Obtenido de https://swwm.info/sites/default/files/reference_attachments/SILVA%202002.%20Tecnolog%C3%ADa%20del%20Biog%C3%A1s.pdf

Zelaya, E. A. (2023). *Factores que influyen en la adopción de biodigestores de pequeña escala en zonas rurales: una revisión*. Oaxaca, México: RedBiolac Edición 7.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ª ed.)*. McGraw-Hill.

Anexos

Anexo 1.FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Proyecto: *"Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables mediante biodigestores en Guateque, Boyacá"*

Investigadora: Gina Paola Pinzón Contreras – Corporación Universitaria Minuto de Dios

1. Información para el participante:

Yo, _____ (nombre completo), mayor de edad, identificado con cédula N° _____, residente en la vereda _____ de Guateque, Boyacá, entiendo que:

- El objetivo de este estudio es **mejorar el acceso a energía limpia** en mi comunidad mediante biodigestores que aprovechan los residuos de mi finca.
- Mi participación incluirá:
 - Entrevistas sobre mis necesidades energéticas (30-40 minutos).
 - Visitas a mi vivienda para evaluar condiciones técnicas (opcional).
 - Talleres de capacitación sobre el uso de biodigestores.

2. Beneficios:

- Acceso a información sobre tecnologías sostenibles.
- Posibilidad de ser priorizado para futuros proyectos de biodigestores en la zona.

3. Riesgos:

- No existen riesgos físicos. Solo se requerirá mi tiempo para las actividades mencionadas.

4. Confidencialidad:

- Mis respuestas serán **anónimas** y solo se usarán para fines académicos.
- Los datos se almacenarán en archivos protegidos y no se compartirán con terceros.

5. Derechos:

- Participo **voluntariamente** y puedo retirarme en cualquier momento sin explicación.
- Recibiré una copia de este consentimiento y los resultados finales del proyecto.

6. Declaración de aceptación:

"He leído (o me han leído) esta información, comprendo los propósitos del estudio y acepto participar libremente."

Firma o huella del participante: _____

Fecha: ____ / ____ / 2025

Firma del investigador: _____

Teléfono de contacto: [Incluir número]

Notas para la implementación:

1. Adaptación cultural:

- Si el participante no sabe leer, el investigador leerá el contenido en voz alta y anotará: "*Manifestación verbal de consentimiento*".
- En caso de usar huella, adjuntar firma de un testigo.

2. Archivo:

- Guardar copias físicas en carpetas selladas y digitales en drive con contraseña.

1	<p>Ubicación y acceso al municipio (cercanía a la cabecera municipal)</p>	<p>La ubicación del municipio, cercano a la cabecera municipal, influye significativamente en las dinámicas del territorio, especialmente en términos de vías y acceso. Esta proximidad facilita la conectividad y el transporte, permitiendo un flujo constante de personas y bienes entre el municipio y la cabecera. Las vías de acceso suelen estar mejor desarrolladas y mantenidas, lo que mejora la movilidad y reduce los tiempos de desplazamiento. Además, esta cercanía puede atraer inversiones y fomentar el desarrollo económico, ya que las empresas y servicios encuentran más fácil establecerse en áreas con buena infraestructura vial. En resumen, la proximidad a la cabecera municipal dinamiza el territorio, mejorando la accesibilidad y promoviendo el crecimiento y desarrollo local.</p>	Secundaria	<p>Plataforma oficial del IGAC para consultar ubicación, vías y límites municipales.</p>				X		<p>Guateque está ubicado en las estribaciones de la Cordillera Oriental colombiana, El municipio tiene una superficie total de aproximadamente 36,04 km², de los cuales unos 34,22 km² corresponden en al área rural (es decir, la gran mayoría del territorio municipal), La altitud de la cabecera municipal es aproximadamente 1.815 metros sobre el nivel del mar, La temperatura a media ronda los 20 °C en la zona rural, aunque puede variar según la</p>	4
---	--	--	------------	--	--	--	--	---	--	--	---

2	<p>Categoría del territorio según población</p>	<p>El DNP y la Misión para la Transformación del Campo han sugerido una nueva clasificación para las áreas rurales de Colombia. Esta clasificación se basa en analizar las interacciones entre las zonas urbanas y rurales, con el objetivo de identificar a la población destinataria para la implementación de programas en el marco de la política de desarrollo rural y agropecuario. Además, proporciona directrices para el diseño de políticas específicas para las áreas rurales. La puntuación en esta característica debe estar basada en la ventaja o desventaja de la categoría frente al negocio rural objeto de estudio. Se debe consultar el documento: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Agriculturapecuarioforestal%20y%20pesca/Definicion%20Categor%C3%ADas%20de%20Ruralidad.pdf</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Definición de las categorías de Ruralidad basado en lo establecido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Dirección de Desarrollo Rural Sostenible (DDRS)</p>		<p>X</p>	<p>El territorio rural de Guateque se caracteriza por un relieve ondulado y quebrado propio de la cordillera Oriental, con una altitud promedio cercana a los 1.800 m s. n. m. y un clima templado de alrededor de 20 °C, lo que favorece la diversidad agrícola y pecuaria. La mayor parte de su superficie corresponde a suelo rural, con veredas y asentamientos dispersos que dependen de vías terciarias para su conectividad, aunque</p>	<p>4</p>
---	--	---	-------------------	---	--	----------	--	----------

3	Tipología de las fincas	Tipos de fincas en la vereda pueden ser: Fincas con grandes áreas en arriendo o en propiedad; Asociación pequeños propietarios o producción individual. También se puede indicar si son fincas rústicas, industriales o ubicada en áreas urbanas. En la puntuación se debe asignar basado en la ventaja o desventaja del tipo de finca frente a los propósitos del negocio rural objeto de estudio	Secundaria	Documentos institucionales y técnicos como el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Guateque, estudios del DNP sobre ruralidad y tipologías productivas en el campo colombiano, además de investigaciones académicas sobre fincas en la provincia de Oriente (Boyacá). Estas fuentes permiten caracterizar los tipos de finca predominantes en la zona rural, diferenciando entre grandes áreas en propiedad o arriendo, pequeñas propiedades familiares, y esquemas de producción individual o asociativa.		X	En el territorio rural de Guateque predominan las fincas pequeñas de propiedad individual, muchas de ellas de carácter rústico y destinadas a la producción de autoconsumo o excedentes limitados (maíz, hortalizas, tomate y ganadería de pequeña escala). También existen casos de grandes áreas en arriendo o propiedad dedicadas a la ganadería extensiva o cultivos de mayor volumen, aunque en menor proporción. La	4
---	--------------------------------	--	------------	--	--	---	---	---

4	<p>Tipo de población en el territorio</p>	<p>la población es un mosaico de diversas historias y estilos de vida. Las personas oriundas del territorio, con raíces profundas en la tierra, mantienen vivas las tradiciones y costumbres locales. Los neorurales, que han decidido mudarse desde áreas urbanas en busca de una vida más tranquila y en contacto con la naturaleza, aportan nuevas perspectivas y dinamismo a la comunidad. Los desplazados, que han llegado debido a conflictos o desastres, buscan reconstruir sus vidas y encontrar estabilidad. Algunos individuos viven en centros urbanos cercanos pero se desplazan diariamente al territorio rural para trabajar, mientras que otros residen en el territorio rural y viajan a las ciudades para sus empleos. Además, la población flotante, compuesta por personas que solo visitan los fines de semana o durante periodos de receso, añade un flujo constante de visitantes que disfrutan de la tranquilidad y belleza del entorno rural. Esta diversidad enriquece la vida comunitaria y crea un entorno vibrante y multifacético.</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Documentos técnicos y estadísticas oficiales que caracterizan la población del municipio y su entorno rural, complementados con informes académicos y diagnósticos sociales sobre movilidad poblacional y nuevas formas de ruralidad en Colombia. Estas fuentes permiten identificar la coexistencia de población nativa, neorurales, desplazados y población flotante en Guateque, destacando cómo sus historias y formas de vida impactan en el desarrollo rural y en las dinámicas productivas.</p>		<p>X</p>	<p>La población rural de Guateque es heterogénea y constituye un mosaico de identidades. Están los pobladores originarios, que conservan tradiciones agrícolas y culturales profundamente ligadas a la tierra; los neorurales, que migraron desde ciudades buscando una vida más tranquila y sostenible; y los desplazados, quienes encuentran en este territorio la posibilidad de reconstruir sus vidas. A ellos se suman</p>	<p>3</p>
---	--	--	-------------------	---	--	----------	---	----------

5	<p>Transformaciones de uso de suelo de acuerdo a las prácticas de las comunidades</p>	<p>Las transformaciones de uso de suelo reflejan las prácticas y necesidades de las comunidades locales. A medida que las comunidades crecen y evolucionan, adaptan el uso del suelo para satisfacer sus demandas agrícolas, residenciales, comerciales e industriales. Por ejemplo, áreas que inicialmente se dedicaban a la agricultura pueden convertirse en zonas residenciales debido al aumento de la población y la urbanización. Asimismo, prácticas sostenibles pueden llevar a la reforestación de terrenos previamente deforestados, promoviendo la conservación del medio ambiente. Estas transformaciones son dinámicas y responden a factores económicos, sociales y ambientales, mostrando cómo las comunidades interactúan y modifican su entorno para mejorar su calidad de vida y asegurar su desarrollo a largo plazo.</p>	Secundaria	<p>Documentos oficiales y estudios técnicos que analizan los cambios en el uso del suelo del municipio. Estos incluyen registros sobre expansión urbana hacia suelos rurales, presión sobre áreas agrícolas, reforestación en zonas erosionadas, y procesos de sustitución de cultivos. Estas fuentes permiten evidenciar cómo las comunidades de Guatemala han transformado el territorio en función de sus necesidades agrícolas, residenciales y ambientales. La información proviene de planes de ordenamiento territorial (PBOT de Guatemala), diagnósticos ambientales del DNP y</p>		X	<p>En el territorio rural de Guatemala se evidencian transformaciones dinámicas del uso del suelo que reflejan tanto las necesidades de sus comunidades como los cambios en el entorno socioeconómico. Áreas tradicionalmente destinadas a la agricultura de subsistencia y cultivos de maíz, tomate y hortalizas han experimentado un proceso de fragmentación en parcelas más pequeñas, lo que ha favorecido el uso residencial</p>	4
---	--	---	------------	--	--	---	--	---

6	<p>Transformaciones según Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT - POT)</p>	<p>Las transformaciones del uso del suelo según el Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT - POT) son procesos planificados que buscan organizar y regular el desarrollo urbano y rural de un territorio. Estos planes establecen directrices para el uso adecuado del suelo, promoviendo un crecimiento ordenado y sostenible. Por ejemplo, pueden designar áreas específicas para la construcción de viviendas, zonas industriales, espacios verdes y áreas de conservación ambiental. Además, los EOT y POT consideran las necesidades de infraestructura, servicios públicos y movilidad, asegurando que el desarrollo del territorio sea equilibrado y beneficie a toda la comunidad. Estas transformaciones son esenciales para mejorar la calidad de vida de los habitantes y proteger los recursos naturales.</p>	Secundaria	<p>La fuente principal es el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de Guatemala, en el cual se establecen directrices para el uso del suelo, la protección de áreas ambientales, la zonificación de usos agrícolas, residenciales y de infraestructura, así como la planificación de servicios básicos y movilidad. Este documento, junto con normas nacionales (Ley 388 de 1997) y políticas departamentales, permite comprender cómo el municipio organiza las transformaciones territoriales de forma planificada y sostenible.</p>					X	<p>El PBOT de Guatemala orienta las transformaciones del territorio rural mediante una zonificación que diferencia áreas de uso agrícola, áreas de expansión urbana, zonas de conservación y áreas para infraestructura productiva y de servicios. En las zonas rurales, se promueve la permanencia de usos agropecuarios tradicionales, aunque con lineamientos de sostenibilidad ambiental y recuperación de</p>	5
---	---	---	------------	---	--	--	--	--	---	--	---

	(EOT - POT)			<p>diagnósticos territoriales (geografía, recursos, dinámicas productivas), talleres comunitarios, consultas con actores sociales y productivos, así como la articulación con políticas departamentales y nacionales. El PBOT de Guateque incluye apartados que reflejan estas etapas y la importancia de la participación ciudadana en la definición del modelo territorial.</p>					<p>comunidad rural tuvo un papel activo a través de talleres y consultas, expresando sus percepciones sobre el uso del suelo, la protección de las fuentes hídricas y las necesidades de vivienda e infraestructura. Este proceso combinó diagnósticos técnicos con la visión social y cultural del territorio, articulando las políticas locales con las directrices departamentales y nacionales. La dinámica permitió generar un modelo de ordenamien</p>	
--	-------------	--	--	---	--	--	--	--	--	--

			<p>orientadas tanto a consumo local como a la venta de excedentes en mercados cercanos. Estas fuentes permiten identificar la diversidad de actividades agropecuarias presentes en el territorio rural.</p>					<p>La ganadería bovina, enfocada en la producción de leche y carne, ocupa áreas importantes del suelo rural y constituye un complemento clave para la economía campesina. De manera secundaria, existen iniciativas de apicultura para producción de miel y derivados, y prácticas de forestación y reforestación ligadas a la conservación de microcuencas. Esta diversidad de actividades refleja la capacidad del</p>	
--	--	--	---	--	--	--	--	---	--

<p>9</p>	<p>Tipos de actividades no agropecuarias</p>	<p>En un territorio rural, las actividades no agropecuarias son diversas y abarcan múltiples sectores. Estas incluyen el turismo rural, que aprovecha los paisajes y la cultura local para atraer visitantes; la artesanía, donde se elaboran productos tradicionales y contemporáneos; y el comercio local, que abarca tiendas, mercados y servicios básicos. Además, existen actividades como la industria ligera, que puede incluir la producción de bienes a pequeña escala, y los servicios educativos y de salud, que son esenciales para el bienestar de la comunidad. También se encuentran las actividades de conservación ambiental, que buscan proteger y gestionar los recursos naturales del área</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Se consultaron documentos institucionales y académicos que analizan la dinámica económica del municipio más allá de lo agropecuario. Entre ellos, el PBOT de Guatemala, informes turísticos departamentales y planes de desarrollo municipal, que destacan actividades como turismo rural, comercio, artesanías y prestación de servicios básicos (educativos y de salud). Estas fuentes permiten identificar cómo las comunidades rurales complementan sus ingresos y fortalecen la economía local a través de prácticas no agrícolas.</p>		<p>X</p>	<p>En el territorio rural de Guatemala, las actividades no agropecuarias se expresan en un abanico de prácticas que diversifican la economía local. Destaca el turismo rural, apoyado en la riqueza paisajística, la cultura campesina y la cercanía a atractivos naturales como la represa de Chivor. La artesanía constituye otra actividad importante, donde se elaboran productos tradicionales que reflejan la identidad cultural de la región. El</p>	<p>5</p>
-----------------	---	--	-------------------	--	--	----------	---	----------

<p>10</p>	<p>Cobertura de servicios públicos</p>	<p>La cobertura de servicios públicos en zonas rurales es crucial para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y promover el desarrollo sostenible. Servicios como el agua potable, el saneamiento, la electricidad y las telecomunicaciones son esenciales para satisfacer las necesidades básicas y garantizar el bienestar de la población. Además, una adecuada infraestructura de servicios públicos facilita el acceso a la educación y la salud, reduciendo las desigualdades entre áreas urbanas y rurales. La disponibilidad de estos servicios también puede atraer inversiones y fomentar el crecimiento económico, creando oportunidades de empleo y mejorando las condiciones de vida en las comunidades rurales</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Se consultaron documentos oficiales de planeación y estadísticas nacionales, en los que se identifican los niveles de cobertura de agua potable, saneamiento básico, energía eléctrica y telecomunicaciones en la zona rural. Estas fuentes muestran que, aunque la cabecera municipal tiene una cobertura aceptable, las veredas presentan desigualdades en el acceso, lo cual limita la calidad de vida y la competitividad de la economía campesina. Proviene de diagnósticos del PBOT de Guateque, planes de desarrollo municipal, informes de la Gobernación de Boyacá y estadísticas del</p>		<p>X</p>	<p>En el territorio rural de Guateque, la cobertura de servicios públicos presenta desigualdades entre la cabecera y las veredas. Mientras que la electricidad tiene una cobertura casi total, el acceso a agua potable y saneamiento básico en zonas rurales aún es limitado, con presencia de acueductos veredales de capacidad variable. Las telecomunicaciones han mejorado con la expansión de la telefonía móvil, aunque la conectividad</p>	<p>5</p>
------------------	---	--	-------------------	---	--	-----------------	---	-----------------

<p>1 1</p>	<p>Percepción de la comunidad frente al desempeño o gubernamental</p>	<p>La percepción de una comunidad rural frente al desempeño gubernamental se basa en cómo los habitantes evalúan la eficacia y eficiencia de las autoridades en la gestión de los asuntos públicos. Esta percepción se forma a partir de la experiencia directa con los servicios públicos, la transparencia en la toma de decisiones y la capacidad del gobierno para resolver problemas locales. Factores como la calidad de la infraestructura, la seguridad, la educación y la salud pública influyen en esta evaluación. En las comunidades rurales, la percepción puede ser más crítica debido a la histórica falta de atención y recursos. Una percepción positiva puede fortalecer la confianza y la cooperación entre la comunidad y el gobierno, mientras que una percepción negativa puede generar desconfianza y descontento</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Proviene de planes de desarrollo municipal, diagnósticos comunitarios y estudios académicos que analizan la gobernanza rural en Boyacá. No se aplicaron encuestas directas a la población en este caso. e consultaron documentos institucionales y estudios sociales que recogen evaluaciones comunitarias sobre la gestión pública en municipios rurales. Estos documentos evidencian percepciones en torno a la cobertura de servicios básicos, la inversión en infraestructura, la transparencia de las administraciones locales y la capacidad de respuesta a problemáticas</p>				<p>X</p>	<p>En Guateque, la percepción de la comunidad rural frente al desempeño gubernamental es mixta. Por un lado, se reconocen avances en cobertura de energía eléctrica, ampliación de la infraestructura educativa y programas de apoyo al agro. Sin embargo, persiste una visión crítica respecto a la baja cobertura de agua potable y saneamiento en veredas, la falta de inversión sostenida en vías terciarias y la limitada transparencia</p>	<p>3</p>
----------------	--	--	-------------------	--	--	--	--	----------	---	----------

			<p>rurales. En el caso de Guateque, informes del PBOT y del Plan de Desarrollo Municipal reflejan tanto avances en electrificación y educación, como limitaciones en agua potable, saneamiento y conectividad digital, factores que condicionan la opinión de los habitantes rurales.</p>						<p>ia en algunos procesos administrativos. Esta percepción genera sentimientos encontrados: confianza moderada hacia la institucionalidad, pero también demandas de mayor presencia estatal en las zonas rurales más apartadas.</p>	
--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--

<p>1 2</p>	<p>Organizaciones en la comunidad</p>	<p>Las organizaciones comunales en un contexto rural son estructuras fundamentales para la cohesión y el desarrollo de las comunidades. Estas organizaciones, como las Juntas de Acción Comunal (JAC) en Colombia, permiten a los habitantes participar activamente en la toma de decisiones y en la gestión de proyectos que mejoran su calidad de vida. A través de estas entidades, se promueven iniciativas de desarrollo local, se gestionan recursos y se fortalecen las redes de apoyo comunitario. Además, las organizaciones comunales facilitan la comunicación entre la comunidad y las autoridades gubernamentales, asegurando que las necesidades y prioridades locales sean consideradas en las políticas públicas</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Se consultaron documentos oficiales y académicos que explican el papel de las organizaciones comunales en Colombia. Estos incluyen las Juntas de Acción Comunal (JAC), asociaciones campesinas y cooperativas productivas, que funcionan como estructuras de participación local. En Guateque, estas organizaciones canalizan recursos, gestionan proyectos veredales y facilitan la comunicación entre la comunidad y las autoridades gubernamentales, fortaleciendo la cohesión social y el desarrollo local.</p>		<p>X</p>	<p>En Guateque, las Juntas de Acción Comunal (JAC) representan la principal forma de organización comunitaria en el área rural, actuando como instancias de gestión de proyectos y de representación ante la administración municipal. Estas juntas coordinan iniciativas relacionadas con infraestructura veredal, acceso a servicios básicos y promoción de actividades comunitarias. Asimismo, existen asociaciones</p>	<p>5</p>
------------------------------	--	--	-------------------	--	--	----------	--	----------

<p>1 3</p>	<p>Aspectos ambientales</p>	<p>abarcan la interacción entre las comunidades y su entorno natural, destacando la importancia de la conservación y el uso sostenible de los recursos. En las zonas rurales, el medio ambiente juega un papel crucial en la vida diaria, proporcionando recursos esenciales como agua, suelo fértil y biodiversidad. La gestión adecuada de estos recursos es vital para la agricultura, la ganadería y otras actividades económicas locales. Además, la preservación de los ecosistemas naturales ayuda a mantener el equilibrio ecológico y a prevenir la degradación ambiental. Las prácticas sostenibles, como la reforestación y el manejo responsable de los desechos, son fundamentales para asegurar la salud del medio ambiente y el bienestar de las comunidades rurales</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Proviene de documentos ambientales y de planeación como el PBOT de Guateque, informes de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corboboyacá), estadísticas del DANE y estudios académicos sobre sostenibilidad en zonas rurales de Boyacá.</p>		<p>X</p>	<p>El territorio rural de Guateque posee una riqueza ambiental marcada por la presencia de microcuencas que abastecen de agua a la población y a la producción agrícola, suelos fértiles para cultivos tradicionales y una biodiversidad que contribuye al equilibrio ecológico. Sin embargo, enfrenta desafíos ambientales como la deforestación en áreas de ladera, el uso intensivo del suelo por la ganadería extensiva y la gestión insuficiente</p>	<p>4</p>
-----------------------	------------------------------------	---	-------------------	--	--	----------	---	----------

<p>1 4</p>	<p>Recursos Hídricos</p>	<p>Los recursos hídricos en un contexto rural son fundamentales para la vida y el desarrollo de las comunidades. Estos recursos incluyen ríos, lagos, acuíferos y fuentes de agua subterránea, que son esenciales para el consumo humano, la agricultura, la ganadería y otras actividades económicas. La gestión adecuada de estos recursos es crucial para garantizar su disponibilidad y calidad, evitando la sobreexplotación y la contaminación. En las zonas rurales, la conservación de los recursos hídricos implica la implementación de prácticas sostenibles, como la captación de agua de lluvia, el uso eficiente del agua en la agricultura y la protección de las cuencas hidrográficas</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Proviene del PBOT de Guateque, informes de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) y estudios ambientales del DNP, los cuales documentan la disponibilidad, usos y estado de conservación de las fuentes hídricas en el municipio.</p>		<p>X</p>	<p>En Guateque, los recursos hídricos constituyen un pilar fundamental para la vida rural y el desarrollo productivo. El municipio hace parte de la cuenca del río Súnuba, alimentada por afluentes como el Aguacías y el Machetá, que proveen agua para consumo humano, agricultura y ganadería. A nivel veredal, los acueductos comunitarios se abastecen de quebradas y nacederos, aunque con variaciones en caudal y calidad según la</p>	<p>5</p>
-----------------------	---------------------------------	--	-------------------	--	--	-----------------	--	-----------------

<p>1 5</p>	<p>Dinámica cultural</p>	<p>Se refiere a los procesos y cambios que ocurren en las comunidades rurales debido a la interacción de diversos factores sociales, económicos y ambientales. Estos procesos incluyen la migración de personas hacia y desde las áreas rurales, la evolución de las prácticas agrícolas, y la adaptación a nuevas tecnologías y mercados. Además, la dinámica rural abarca la manera en que las comunidades gestionan sus recursos naturales y cómo se organizan socialmente para enfrentar desafíos como el cambio climático y la globalización. Esta dinámica es esencial para entender cómo las comunidades rurales se desarrollan y se transforman, manteniendo su identidad cultural mientras buscan mejorar su calidad de vida</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Proviene de planes de desarrollo municipal, el PBOT de Guateque, estudios académicos sobre cultura campesina en Boyacá y documentos del Ministerio de Cultura sobre dinámicas socioculturales rurales. Se consultaron documentos oficiales y estudios académicos que analizan la interacción entre factores sociales, económicos y ambientales en la vida rural. Estas fuentes destacan la permanencia de tradiciones campesinas (fiestas patronales, gastronomía, prácticas agrícolas tradicionales), los efectos de la migración hacia áreas urbanas y la llegada de neorurales, así</p>		<p>X</p>	<p>En Guateque, la dinámica cultural rural refleja una mezcla entre tradición y adaptación al cambio. Las comunidades mantienen prácticas agrícolas heredadas, festividades patronales y expresiones culturales campesinas que refuerzan la identidad local. Al mismo tiempo, los procesos de migración han introducido nuevas perspectivas: algunos habitantes se trasladan a centros urbanos en busca de oportunidades, mientras que neorurales</p>	<p>5</p>
------------------------------	---------------------------------	---	-------------------	---	--	----------	--	----------

1	<p>Ubicación y acceso al municipio (cercanía a la cabecera municipal)</p>	<p>La ubicación del municipio, cercano a la cabecera municipal, influye significativamente en las dinámicas del territorio, especialmente en términos de vías y acceso. Esta proximidad facilita la conectividad y el transporte, permitiendo un flujo constante de personas y bienes entre el municipio y la cabecera. Las vías de acceso suelen estar mejor desarrolladas y mantenidas, lo que mejora la movilidad y reduce los tiempos de desplazamiento. Además, esta cercanía puede atraer inversiones y fomentar el desarrollo económico, ya que las empresas y servicios encuentran más fácil establecerse en áreas con buena infraestructura vial. En resumen, la proximidad a la cabecera municipal dinamiza el territorio, mejorando la accesibilidad y promoviendo el crecimiento y desarrollo local.</p>	Secundaria	<p>Plataforma oficial del IGAC para consultar ubicación, vías y límites municipales.</p>					X	<p>Guateque está ubicado en las estribaciones de la Cordillera Oriental colombiana, El municipio tiene una superficie total de aproximadamente 36,04 km², de los cuales unos 34,22 km² corresponden al área rural (es decir, la gran mayoría del territorio municipal), La altitud de la cabecera municipal es aproximadamente 1.815 metros sobre el nivel del mar, La temperatura media ronda los 20 °C en la zona rural, aunque puede variar según la altitud y orientación de las laderas, En la zonificación rural hay una distribución de microcuencas, y el uso del suelo ha sido clasificado por tipos de cobertura (agricultura, bosques, zonas de cuenca). La conectividad rural no es homogénea: algunas zonas</p>	4
---	--	--	------------	--	--	--	--	--	---	--	---

3	<p>Tipología de las fincas</p>	<p>Tipos de fincas en la vereda pueden ser: Fincas con grandes áreas en arriendo o en propiedad; Asociación pequeños propietarios o producción individual. También se puede indicar si son fincas rústicas, industriales o ubicada en áreas urbanas. En la puntuación se debe asignar basado en la ventaja o desventaja del tipo de finca frente a los propósitos del negocio rural objeto de estudio</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Documentos institucionales y técnicos como el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Guateque, estudios del DNP sobre ruralidad y tipologías productivas en el campo colombiano, además de investigaciones académicas sobre fincas en la provincia de Oriente (Boyacá). Estas fuentes permiten caracterizar los tipos de finca predominantes en la zona rural, diferenciando entre grandes áreas en propiedad o arriendo, pequeñas propiedades familiares, y esquemas de producción individual o asociativa.</p>					X	<p>En el territorio rural de Guateque predominan las fincas pequeñas de propiedad individual, muchas de ellas de carácter rústico y destinadas a la producción de autoconsumo y excedentes limitados (maíz, hortalizas, tomate y ganadería de pequeña escala). También existen casos de grandes áreas en arriendo o propiedad dedicadas a la ganadería extensiva o cultivos de mayor volumen, aunque en menor proporción. La asociatividad campesina se da de forma incipiente mediante cooperativas o asociaciones, pero la producción individual sigue siendo la práctica dominante. Esta configuración refleja un</p>	4
---	---------------------------------------	---	-------------------	---	--	--	--	--	---	--	---

				<p>comunidades de Guateque han transformado el territorio en función de sus necesidades agrícolas, residenciales y ambientales.</p> <p>La información proviene de planes de ordenamiento territorial (PBOT de Guateque), diagnósticos ambientales del DNP y Gobernación de Boyacá, además de estudios académicos sobre dinámicas rurales y cambios de uso del suelo en la provincia de Oriente.</p>			<p>fragmentación en parcelas más pequeñas, lo que ha favorecido el uso residencial y la expansión de viviendas rurales. De forma paralela, la ganadería extensiva ha ocupado terrenos agrícolas en algunas veredas, generando presión sobre los suelos. Sin embargo, también se han impulsado prácticas sostenibles, como la reforestación de zonas erosionadas y la recuperación de microcuencas, con el fin de garantizar disponibilidad hídrica y conservar la biodiversidad. Estas transformaciones muestran cómo la población rural adapta el territorio, equilibrando la tradición agrícola con nuevas dinámicas ambientales y residenciales.</p>	
--	--	--	--	---	--	--	--	--

6	<p>Transformaciones según Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT - POT)</p>	<p>Las transformaciones del uso del suelo según el Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT - POT) son procesos planificados que buscan organizar y regular el desarrollo urbano y rural de un territorio. Estos planes establecen directrices para el uso adecuado del suelo, promoviendo un crecimiento ordenado y sostenible. Por ejemplo, pueden designar áreas específicas para la construcción de viviendas, zonas industriales, espacios verdes y áreas de conservación ambiental. Además, los EOT y POT consideran las necesidades de infraestructura, servicios públicos y movilidad, asegurando que el desarrollo del territorio sea equilibrado y beneficie a toda la comunidad. Estas transformaciones son esenciales para mejorar la calidad de vida de los habitantes y proteger los recursos naturales.</p>	Secundaria	<p>La fuente principal es el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de Guatemala, en el cual se establecen directrices para el uso del suelo, la protección de áreas ambientales, la zonificación de usos agrícolas, residenciales y de infraestructura, así como la planificación de servicios básicos y movilidad. Este documento, junto con normas nacionales (Ley 388 de 1997) y políticas departamentales, permite comprender cómo el municipio organiza las transformaciones territoriales de forma planificada y sostenible.</p>					X	<p>El PBOT de Guatemala orienta las transformaciones del territorio rural mediante una zonificación que diferencia áreas de uso agrícola, áreas de expansión urbana, zonas de conservación y áreas para infraestructura productiva y de servicios. En las zonas rurales, se promueve la permanencia de usos agropecuarios tradicionales, aunque con lineamientos de sostenibilidad ambiental y recuperación de microcuencas. El plan contempla también el ordenamiento de asentamientos veredales, buscando mejorar su conectividad y acceso a servicios básicos. Asimismo, se delimitan áreas de protección ambiental alrededor de fuentes</p>	5
---	---	---	------------	---	--	--	--	--	---	---	---

				Guateque incluye apartados que reflejan estas etapas y la importancia de la participación ciudadana en la definición del modelo territorial.						territorio, articulando las políticas locales con las directrices departamentales y nacionales. La dinámica permitió generar un modelo de ordenamiento que busca equilibrar la producción agropecuaria con la conservación ambiental, fomentando un desarrollo rural más sostenible e incluyente.,	
8	Tipos de actividades agropecuarias	En un territorio pueden existir diversas actividades agropecuarias, cada una con su propio enfoque y propósito. La agricultura incluye el cultivo de plantas para producir alimentos, fibras y materias primas, abarcando desde granos y cereales hasta frutas y hortalizas. La ganadería se centra en la cría y cuidado de animales para obtener productos como carne, leche y huevos. La forestación implica el manejo sostenible de bosques para la producción de madera y otros productos forestales. Además, actividades como la apicultura (cría de abejas para la producción de miel) y la floricultura (cultivo de flores) también forman parte del sector agropecuario	Secundaria	Se consultaron documentos institucionales y académicos que describen la vocación productiva del municipio. El PBOT de Guateque y estadísticas sectoriales del DANE destacan la importancia de cultivos agrícolas como maíz, tomate, frijol y hortalizas, complementados con la ganadería bovina para carne y leche. Además, se registran prácticas de menor escala				X	El territorio rural de Guateque presenta una fuerte vocación agropecuaria, donde la agricultura y la ganadería son las actividades predominantes. En la agricultura destacan los cultivos de maíz, tomate, frijol y hortalizas, orientados tanto al autoconsumo como a la comercialización en mercados locales y regionales. La	4	

				<p>como apicultura y producción forestal, orientadas tanto a consumo local como a la venta de excedentes en mercados cercanos. Estas fuentes permiten identificar la diversidad de actividades agropecuarias presentes en el territorio rural.</p>							<p>ganadería bovina, enfocada en la producción de leche y carne, ocupa áreas importantes del suelo rural y constituye un complemento clave para la economía campesina. De manera secundaria, existen iniciativas de apicultura para producción de miel y derivados, y prácticas de forestación y reforestación ligadas a la conservación de microcuencas. Esta diversidad de actividades refleja la capacidad del territorio para sostener un modelo de fincas autosustentables, aprovechando la complementariedad entre cultivos, ganadería y prácticas sostenibles.</p>	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

9	<p>Tipos de actividades no agropecuarias</p>	<p>En un territorio rural, las actividades no agropecuarias son diversas y abarcan múltiples sectores. Estas incluyen el turismo rural, que aprovecha los paisajes y la cultura local para atraer visitantes; la artesanía, donde se elaboran productos tradicionales y contemporáneos; y el comercio local, que abarca tiendas, mercados y servicios básicos. Además, existen actividades como la industria ligera, que puede incluir la producción de bienes a pequeña escala, y los servicios educativos y de salud, que son esenciales para el bienestar de la comunidad. También se encuentran las actividades de conservación ambiental, que buscan proteger y gestionar los recursos naturales del área</p>	Secundaria	<p>Se consultaron documentos institucionales y académicos que analizan la dinámica económica del municipio más allá de lo agropecuario. Entre ellos, el PBOT de Guateque, informes turísticos departamentales y planes de desarrollo municipal, que destacan actividades como turismo rural, comercio, artesanías y prestación de servicios básicos (educativos y de salud). Estas fuentes permiten identificar cómo las comunidades rurales complementan sus ingresos y fortalecen la economía local a través de prácticas no agrícolas.</p>					X		<p>En el territorio rural de Guateque, las actividades no agropecuarias se expresan en un abanico de prácticas que diversifican la economía local. Destaca el turismo rural, apoyado en la riqueza paisajística, la cultura campesina y la cercanía a atractivos naturales como la represa de Chivor. La artesanía constituye otra actividad importante, donde se elaboran productos tradicionales que reflejan la identidad cultural de la región. El comercio local se desarrolla a través de tiendas, plazas de mercado y pequeños servicios, que garantizan el abastecimiento básico de la población. A estas se suman los servicios educativos y de salud, fundamentales para la calidad de vida rural, y las</p>	5
---	---	--	------------	---	--	--	--	--	---	--	--	---

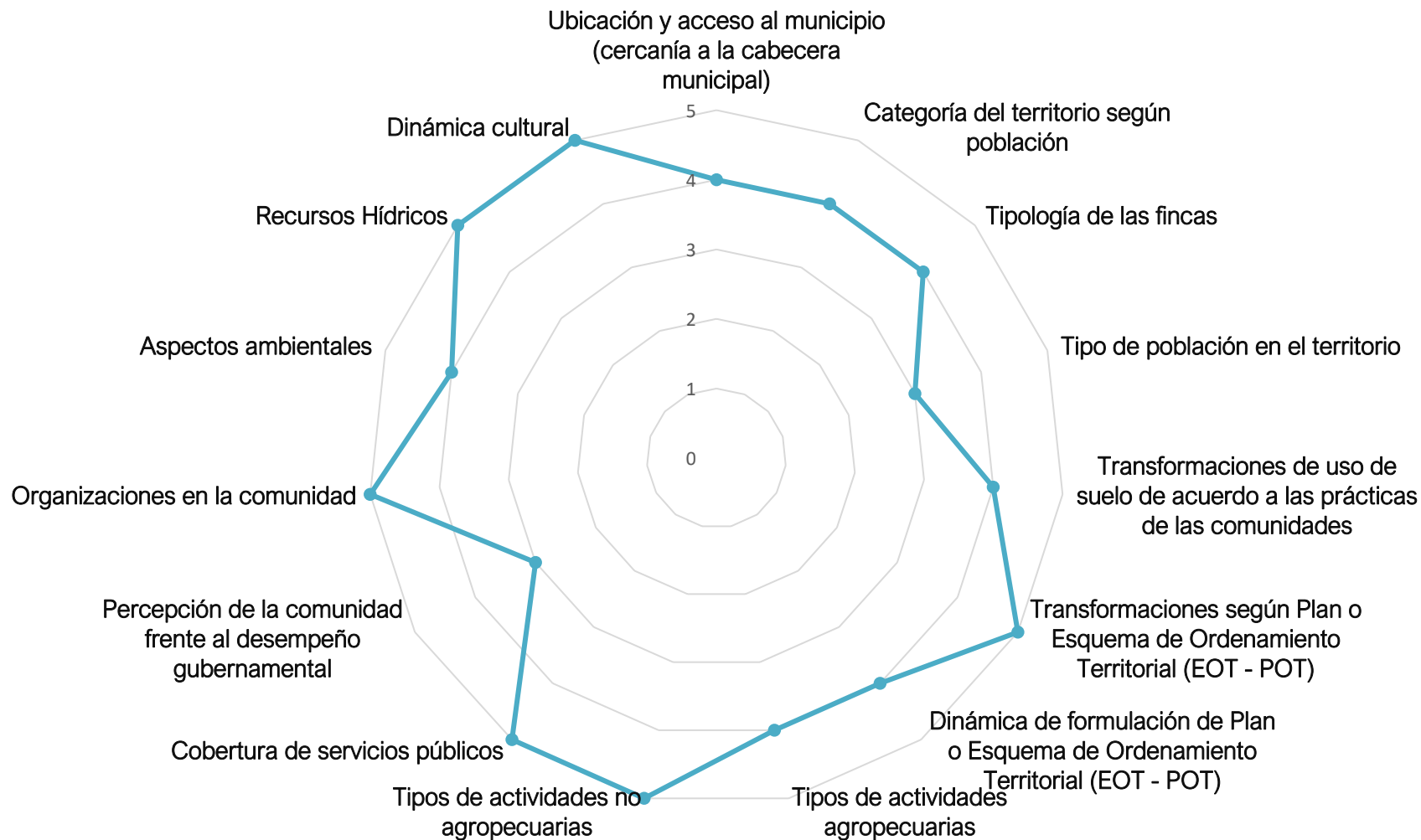
			<p>recogen evaluaciones comunitarias sobre la gestión pública en municipios rurales. Estos documentos evidencian percepciones en torno a la cobertura de servicios básicos, la inversión en infraestructura, la transparencia de las administraciones locales y la capacidad de respuesta a problemáticas rurales. En el caso de Guatemala, informes del PBOT y del Plan de Desarrollo Municipal reflejan tanto avances en electrificación y educación, como limitaciones en agua potable, saneamiento y conectividad digital, factores que condicionan la opinión de los habitantes rurales.</p>				<p>visión crítica respecto a la baja cobertura de agua potable y saneamiento en veredas, la falta de inversión sostenida en vías terciarias y la limitada transparencia en algunos procesos administrativos. Esta percepción genera sentimientos encontrados: confianza moderada hacia la institucionalidad, pero también demandas de mayor presencia estatal en las zonas rurales más apartadas.</p>	
--	--	--	---	--	--	--	--	--

<p>1 2</p>	<p>Organizaciones en la comunidad</p>	<p>Las organizaciones comunales en un contexto rural son estructuras fundamentales para la cohesión y el desarrollo de las comunidades. Estas organizaciones, como las Juntas de Acción Comunal (JAC) en Colombia, permiten a los habitantes participar activamente en la toma de decisiones y en la gestión de proyectos que mejoran su calidad de vida. A través de estas entidades, se promueven iniciativas de desarrollo local, se gestionan recursos y se fortalecen las redes de apoyo comunitario. Además, las organizaciones comunales facilitan la comunicación entre la comunidad y las autoridades gubernamentales, asegurando que las necesidades y prioridades locales sean consideradas en las políticas públicas</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Se consultaron documentos oficiales y académicos que explican el papel de las organizaciones comunales en Colombia. Estos incluyen las Juntas de Acción Comunal (JAC), asociaciones campesinas y cooperativas productivas, que funcionan como estructuras de participación local. En Guatemala, estas organizaciones canalizan recursos, gestionan proyectos veredales y facilitan la comunicación entre la comunidad y las autoridades gubernamentales, fortaleciendo la cohesión social y el desarrollo local.</p>					<p>X</p>		<p>En Guatemala, las Juntas de Acción Comunal (JAC) representan la principal forma de organización comunitaria en el área rural, actuando como instancias de gestión de proyectos y de representación ante la administración municipal. Estas juntas coordinan iniciativas relacionadas con infraestructura a veredal, acceso a servicios básicos y promoción de actividades comunitarias. Asimismo, existen asociaciones campesinas y productivas que impulsan proyectos agrícolas y ganaderos, fomentando la economía solidaria y la comercialización colectiva. A nivel cultural, las organizaciones locales también cumplen un papel en la preservación</p>	<p>5</p>
----------------	--	--	-------------------	---	--	--	--	--	----------	--	---	----------

1 4	Recursos Hídricos	<p>Los recursos hídricos en un contexto rural son fundamentales para la vida y el desarrollo de las comunidades. Estos recursos incluyen ríos, lagos, acuíferos y fuentes de agua subterránea, que son esenciales para el consumo humano, la agricultura, la ganadería y otras actividades económicas. La gestión adecuada de estos recursos es crucial para garantizar su disponibilidad y calidad, evitando la sobreexplotación y la contaminación. En las zonas rurales, la conservación de los recursos hídricos implica la implementación de prácticas sostenibles, como la captación de agua de lluvia, el uso eficiente del agua en la agricultura y la protección de las cuencas hidrográficas</p>	Secundaria	<p>Proviene del PBOT de Guateque, informes de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) y estudios ambientales del DNP, los cuales documentan la disponibilidad, usos y estado de conservación de las fuentes hídricas en el municipio.</p>					X	<p>En Guateque, los recursos hídricos constituyen un pilar fundamental para la vida rural y el desarrollo productivo. El municipio hace parte de la cuenca del río Súnuba, alimentada por afluentes como el Aguacías y el Machetá, que proveen agua para consumo humano, agricultura y ganadería. A nivel veredal, los acueductos comunitarios se abastecen de quebradas y nacedores, aunque con variaciones en caudal y calidad según la temporada. La presión de la ganadería extensiva y la deforestación ha generado riesgos de erosión y reducción de caudales en algunas microcuencas, lo que ha motivado iniciativas de reforestación y conservación hídrica lideradas por la comunidad</p>	5
--------	--------------------------	--	------------	--	--	--	--	--	---	--	---

			<p>(fiestas patronales, gastronomía, prácticas agrícolas tradicionales), los efectos de la migración hacia áreas urbanas y la llegada de neorurales, así como los procesos de adaptación tecnológica y la influencia de mercados regionales. También incluyen información sobre cómo las comunidades rurales gestionan sus recursos naturales y mantienen redes de solidaridad frente a problemáticas como el cambio climático y la globalización.</p>				<p>neorurales llegan al municipio con propuestas de vida más sostenibles. Estas interacciones han impulsado la incorporación de nuevas tecnologías en la agricultura, la diversificación productiva y el surgimiento de iniciativas de turismo cultural. La comunidad, además, responde colectivamente a desafíos ambientales y sociales mediante asociaciones y proyectos comunitarios, manteniendo un equilibrio entre la preservación de la identidad cultural y la adaptación a los cambios globales.</p>	
--	--	--	--	--	--	--	--	--

Caracterización General



Nombre de la Investigación:

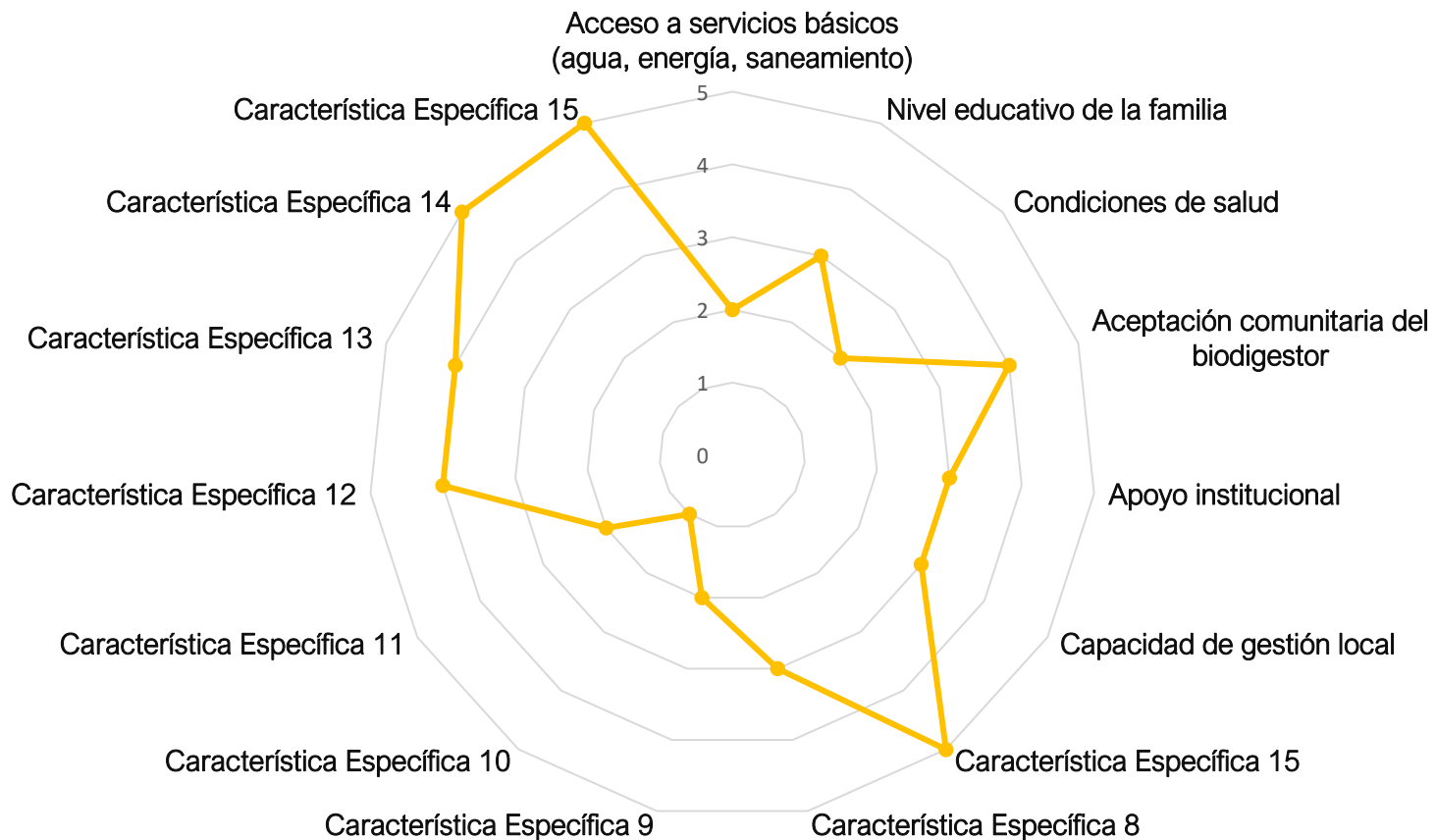
VIVIENDAS RURALES AUTOSUSTENTABLES

N°	Título de la Característica Específica (no se debe eliminar o agregar filas)	Explicación de la Característica Específica	Ámbito de la sostenibilidad en la cual se enmarca la característica específica	Tipo de Fuente de Información	Descripción de la fuente de información	Instrumento de recolección de información utilizado							Descripción de la característica específica del territorio rural donde se ubica el objeto de estudio	Puntuación de la característica (en escala de 1 a 5) de su impacto sobre el negocio rural objeto de estudio	
						Encuesta	Entrevista	Observación Directa	Grupo Focal	Análisis Documental	Panel de Expertos	Otro			
1	Acceso a servicios básicos (agua, energía, saneamiento)	Evalúa la disponibilidad de servicios que impactan directamente la calidad de vida.	Social	Secundaria	Informes DANE y Alcaldía Municipal						X			En la zona rural solo 60% de hogares tiene acueducto y el 40% depende de fuentes alternas; predominio de leña para cocinar.	2
2	Nivel educativo de la familia	Determina la capacidad de adopción de tecnologías y acceso a oportunidades.	Social	Secundaria	Estadísticas de Secretaría de Educación						X			Predomina la educación básica primaria; bajo acceso a estudios técnicos o universitarios.	3
3	Condiciones de salud	Considera prevalencia de enfermedades y acceso a servicios de salud.	Social	Secundaria	Registros del hospital local y Secretaría de Salud						X			Alta prevalencia de enfermedades respiratorias vinculadas al uso de leña y humo en cocinas.	2
4	Aceptación comunitaria del biodigestor	Mide la disposición para adoptar nuevas tecnologías sostenibles.	Social	Primaria	Opiniones comunitarias recogidas en estudios previos				X					Comunidad interesada en alternativas para reducir gastos en gas, aunque preocupa el costo inicial.	4

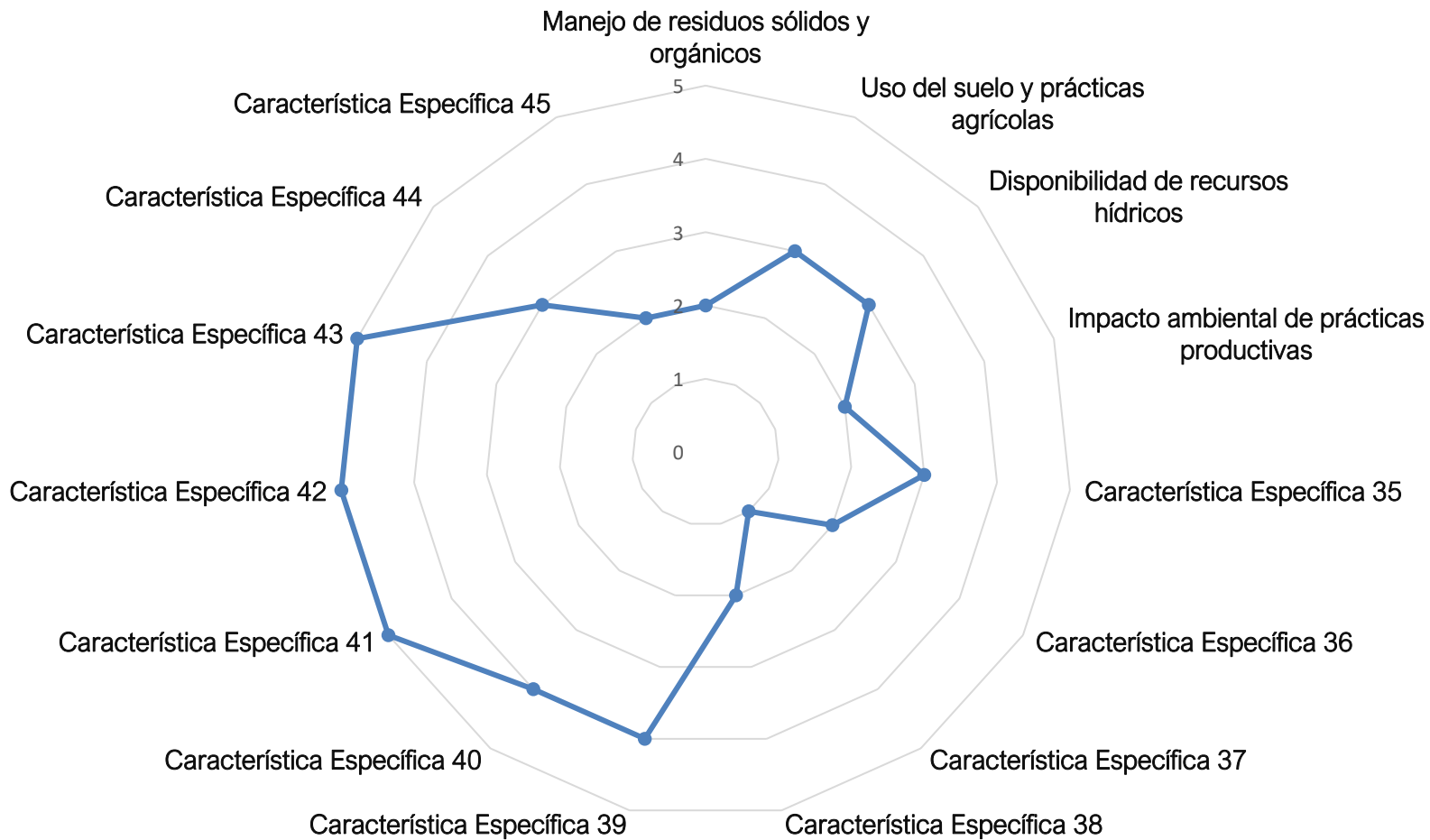
Fortalecimiento de viviendas rurales autosustentables para impulsar su sostenibilidad social a partir de la gerencia de proyectos

5	Actividad económica principal	Identifica la base productiva de las familias (agricultura, ganadería, etc.).	Económico	Secundaria	Diagnósticos rurales DNP, UMATA						X			Predomina la agricultura de subsistencia y pequeña ganadería bovina.	3
6	Diversificación de ingresos	Valora si los hogares dependen de una sola fuente de ingreso o varias.	Económico	Secundaria	Encuestas de línea base (DANE)						X			La mayoría depende solo de agricultura; baja diversificación limita la resiliencia.	2
7	Acceso a financiamiento o créditos rurales	Analiza la posibilidad de obtener recursos económicos para mejorar producción.	Económico	Secundaria	Informes de Banco Agrario y Finagro						X			Limitado acceso a créditos; trámites complejos y falta de garantías.	2
8	Costos energéticos actuales	Evalúa el gasto en combustibles (leña, gas, electricidad).	Económico	Mixta	Encuestas previas + estadísticas de consumo						X			Un hogar promedio gasta \$50.000–70.000/mes en gas propano; la leña aún es usada gratuitamente pero con impactos ambientales.	3
9	Manejo de residuos sólidos y orgánicos	Identifica prácticas de disposición o aprovechamiento de residuos.	Ambiental	Secundaria	Informes ambientales locales (CAR, Alcaldía)						X			Se practica disposición al aire libre y quema de residuos; bajo aprovechamiento de estiércol.	2
10	Uso del suelo y prácticas agrícolas	Describe el manejo de cultivos y sostenibilidad de la producción.	Ambiental	Secundaria	Diagnósticos agropecuarios ICA, FAO						X			Predomina monocultivo de maíz y pastos para ganadería; uso frecuente de agroquímicos.	3
11	Disponibilidad de recursos hídricos	Analiza el acceso a agua para consumo y riego.	Ambiental	Secundaria	Reportes CAR y UMATA						X			Existen quebradas locales, pero en verano presentan baja disponibilidad;	3

Caracterización Social



Caracterización Ambiental



Anexo 3 TABLA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

Fuente (Autor, Año)	Tipo de fuente	Categoría temática	Aporte clave	Aplicabilidad al proyecto
(Rojas, 2018)	Académica	Caracterización rural	Presenta un modelo metodológico para caracterizar zonas rurales considerando variables demográficas, educativas, económicas y ambientales.	Proporciona la base conceptual para construir la matriz de caracterización aplicada en Guatemala, permitiendo identificar prioridades sociales y ambientales.
(Corona, 2023)	Académica	Gerencia de proyectos	Propone un modelo de análisis documental en 9 pasos, con enfoque cualitativo–descriptivo, útil para revisar y organizar bibliografía relevante.	Sirvió para estructurar el proceso sistemático de análisis documental aplicado en este estudio, garantizando pertinencia y calidad de fuentes.
(Ministerio de Minas y Energía – Minenergía, 2022)	Técnica–gubernamental	Energía renovable	Define lineamientos de la política energética de Colombia y estrategias	Justifica el uso de biodigestores como alternativa energética en

			de transición hacia energías limpias en el ámbito rural.	viviendas rurales, aportando al eje de sostenibilidad energética.
(FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021)	Académica-técnica	Economía circular / Sostenibilidad	Analiza la gestión de residuos agrícolas en América Latina y las prácticas de economía circular en entornos rurales.	Refuerza la pertinencia del aprovechamiento de residuos orgánicos para biodigestores, fortaleciendo el eje de sostenibilidad ambiental.
(Torres C. , 2016)	Académica	Investigación cualitativa	Presenta técnicas de entrevistas y análisis temático para identificar percepciones y barreras culturales en comunidades rurales.	Fundamenta el diseño del guion de entrevistas semiestructuradas y el enfoque interpretativo en el análisis cualitativo.
(Flick, 2015)	Académica	Métodos mixtos	Explica la importancia de la triangulación de métodos para mejorar la	Respaldó la integración de análisis documental, caracterización y entrevistas en este

(Gobernación de Boyacá, 2020)	Gubernamental	Desarrollo rural	validez de la investigación social. Diagnóstico de necesidades rurales en Boyacá, señalando brechas en servicios básicos, vivienda y sostenibilidad productiva.	proyecto, reforzando la validez de los hallazgos. Permite contextualizar el proyecto en Guateque, alineándolo con políticas y programas regionales de desarrollo rural.
(Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2019)	Gubernamental	Política pública rural	Clasifica categorías de ruralidad y propone lineamientos para intervenciones en territorios rurales.	Aporta criterios para ubicar a Guateque en la tipología de ruralidad y diseñar propuestas acordes con su realidad poblacional.
(Hernández & Mendoza, C., 2018))	Académica	Metodología de investigación	Expone rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas para la recolección y análisis de información en proyectos sociales.	Respaldó el enfoque metodológico mixto del estudio, articulando datos documentales, entrevistas y caracterización.

(Organización de las Naciones Unidas – CEPAL, 2020)	Internacional – técnica	Desarrollo sostenible	Reporte sobre la implementación de los ODS en América Latina y el Caribe, con énfasis en áreas rurales.	Refuerza la alineación del proyecto con los ODS 7 (energía), 11 (ciudades sostenibles) y 13 (acción climática).
---	-------------------------	-----------------------	---	---

Anexo 4 GUIÓN DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Eje temático	Preguntas orientadoras	Opciones de respuesta sugeridas	Espacio para respuestas/ marque con una X
Condiciones del hogar	¿Qué tipo de vivienda habita actualmente?	Casa de ladrillo o cemento	
		Casa de bahareque o tapia	
		Casa en madera	
		Otro	
	¿Qué servicios públicos tiene disponibles en su hogar?	Agua potable	
		Energía eléctrica	
		Gas	
		Alcantarillado	
		Ninguno	
	¿Cómo maneja los residuos orgánicos y combustibles para cocinar?	Se botan en el campo	
		Se entierran / abono	
		Se queman	
		Alimentan animales	
Se cocina con leña / gas			

Percepción de tecnologías	¿Ha escuchado hablar de biodigestores o energías limpias?	Sí	
		No	
		He escuchado, pero no sé cómo funcionan	
	¿Qué opina sobre el uso de estas tecnologías en la vida rural?	Son necesarias	
		Pueden ayudar, pero son costosas	
		No confío en ellas	
		No las conozco bien	
	¿Qué beneficios cree que podrían traer?	Ahorro de dinero	
		Menos uso de leña	
		Mejor salud (menos humo)	
Barreras	¿Cuáles cree que serían las principales dificultades para implementar estas viviendas?	Costos muy altos	
		Falta de apoyo del gobierno	
		Poco conocimiento	
		Desconfianza	
	¿Las familias estarían dispuestas a apoyar estas tecnologías?	Sí, totalmente	
		Sí, con ayuda externa	
		No estoy seguro	
		No, por costos	
	¿Qué apoyo necesitarían para adoptarlas?	Capacitaciones prácticas	
		Subsidios o créditos	
		Acompañamiento técnico	
		Ninguno / no sé	
	Expectativas	¿Qué cambios le gustaría ver en su comunidad?	Mejorar vías
Más apoyo al campo			

		Servicios básicos	
		Proyectos de energía limpia	
	¿Qué espera de las autoridades locales?	Apoyo económico	
		Capacitaciones	
		Materiales y equipos	
		Seguimiento	
	¿Qué sugerencia haría para que este proyecto funcione?	Explicar bien antes	
		Involucrar a la comunidad	
		Garantizar mantenimiento	
		Prueba piloto	

Nota aclaratoria: A pesar de que el guion de entrevista semiestructurada fue diseñado como parte de la metodología, no fue posible su aplicación en campo debido a limitaciones de acceso a la población rural de Guateque, Boyacá. Por razones logísticas y geográficas, no fue posible realizar las entrevistas planeadas con las familias campesinas. Sin embargo, se incluye este guion como anexo para evidenciar el diseño metodológico y mostrar cómo se hubiera implementado el instrumento en condiciones ideales.