

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**  
**DECANATO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**PROGRAMA MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**



**INNOVACIÓN SOCIAL COMO ESTRATEGIA PARA FOMENTAR LA**  
**ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA E**  
**HIDRÍCA DE LA FINCA LOS HORQUETEROS**

**Presentado por:**

**ING. Arturo L. González M.**

**TRUJILLO, 2025**

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**  
**DECANATO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**PROGRAMA MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**



**INNOVACIÓN SOCIAL COMO ESTRATEGIA PARA FOMENTAR LA**  
**ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA E**  
**HIDRÍCA DE LA FINCA LOS HORQUETEROS**

**Trabajo presentado para optar por el Magister en Administración de empresas**

**Presentado por:**

**ING. Arturo L. González M.**

**TRUJILLO, 2025**

## DEDICATORIA

A mis padres,

por ser el pilar firme sobre el cual construí cada paso de mi camino. Su ejemplo de esfuerzo, honestidad y constancia me enseñó que los sueños se alcanzan con disciplina y fe.

A mi esposa,

por su amor incondicional, su paciencia y su apoyo en los momentos más exigentes de este proceso. Gracias por creer en mí incluso cuando las fuerzas parecían agotarse.

A mi hija,

mi mayor inspiración y motivo de superación. Cada logro en esta investigación lleva impreso su sonrisa y la esperanza de dejarle un futuro más justo, sostenible y lleno de oportunidades.

A mi familia entera,

por acompañarme con comprensión, ánimo y cariño en esta etapa decisiva de mi vida. Este trabajo no es solo mío: es el reflejo de su amor, su confianza y su presencia constante en cada meta alcanzada.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	3
ÍNDICE .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
INDICE DE ANEXOS .....	12
VEREDICTO .....	14
RESUMEN .....	15
ABSTRACT .....	16
INTRODUCCIÓN .....	17
CAPÍTULO I EL PROBLEMA .....	19
1.1 Planteamiento del problema .....	19
1.2 Problemas de la investigación .....	23
1.2.1 Problema General .....	23
1.2.2 Problemas Específicos .....	23
1.3 Objetivos de la Investigación .....	24
1.3.1 Objetivo General .....	24
1.3.1.1 Objetivos Específicos: .....	24
1.4 Justificación de la investigación .....	24
1.4.1 Teórica .....	24
1.4.2 Práctica .....	25
1.4.3 Metodológica .....	26
1.4.4 Social .....	27
1.5 Alcances y Limitaciones .....	28
1.5.1 Alcances .....	28
1.5.2 Limitaciones .....	29
1.6 Vinculación con el Proyecto Institucional de la UVM .....	30
CAPITULO II .....	32
MARCO TEÓRICO .....	32

2.1 Antecedentes de la Investigación .....	32
2.1.1 Internacionales .....	33
2.1.2 Nacionales .....	38
2.2 Bases Teóricas .....	43
2.2.1 Bases Teóricas de la Variable: Innovación Social .....	44
2.2.2 Bases Teóricas de la Variable 2: Desarrollo Humano Sustentable .....	49
2.2.3 Bases teóricas de la Variable 3: Gestión de Agricultura, Ganadería, Energía y Agua .....	56
2.3 Bases Legales .....	63
2.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), Artículo 127 .....	64
2.3.2 Ley Orgánica del Ambiente (G.O. 5.833 Extraordinario, 22- 12- 2006) .....	64
2.3.3 Ley de Aguas (G.O. 38.040 Extraordinario, 02-01-2007) .....	65
2.3.4 Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (G.O. 38.764, 30- 04- 2006) .....	66
2.3.5 Ley de Residuos y Desechos Sólidos (G.O. 38.068, 18- 11- 2004) .....	66
2.3.6 Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (G.O. 6.129 Extraordinario, 21- 11- 2016 .....	67
2.3.7 Ley sobre Energías Renovables y Alternativas .....	68
2.4 Operacionalización de las Variables .....	68
CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO .....	72
3.1 Tipo de Investigación .....	72
3.2 Diseño de la Investigación .....	74
3.3 Población y Muestra .....	75
3.3.1 Población .....	76
3.3.2 Muestra .....	76
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	78
3.4.1 Técnicas .....	78
3.4.2 Instrumentos .....	79
3.5 Validez y Confiabilidad .....	80
3.5.1 Validez .....	81
3.5.2 Confiabilidad .....	81
3.6 Procedimiento .....	82
3.6.1 Fase I. Preparación y Diagnóstico .....	82
3.6.2 Fase II. Recolección de información .....	82

3.6.3 Fase III. Análisis e interpretación .....	83
3.6.4 Fase IV. Diseño de la propuesta .....	84
3.6.5 Fase V. Informe final y socialización .....	84
3.7 Técnicas de Análisis de Datos .....	85
3.7.1 Análisis Cualitativo .....	85
3.7.2 Análisis Cuantitativo .....	85
3.7.3 Integración de Resultados .....	86
3.8 Consideraciones Éticas .....	86
3.8.1 Consentimiento informado. ....	86
3.8.2 Confidencialidad y anonimato. ....	87
3.8.3 Beneficio mutuo y devolución de resultados. ....	87
3.8.4 Responsabilidad ambiental. ....	87
3.8.5 Resguardo y ciclo de vida de datos. ....	87
3.8.6 Integridad académica. ....	87
CAPITULO IV ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	88
4.1 Presentación de los Resultados Cualitativos .....	89
4.1.1. Entrevistas semiestructuradas .....	90
4.1.2. Resultados de Observación Directa (Datos Cualitativos) .....	101
4.2 Presentación de los Resultados (Datos Cuantitativos) .....	114
4.2.1 Resultados de Observación Directa (General - Cuantitativos) .....	114
4.2.2 Resultados de Matriz de Análisis Documental .....	121
4.3 Análisis de Resultados Cualitativos .....	127
4.3.1 Análisis de Entrevistas Semiestructuradas .....	128
4.3.2 Análisis de los Datos Cualitativos de la Observación Directa .....	132
4.4 Análisis de Resultados Cuantitativos .....	137
4.4.1 Análisis de los datos cuantitativos de la observación directa .....	137
4.4.2 Análisis de los datos de la matriz documental .....	142
4.5 Discusión de Hallazgos .....	147
4.5.1 Vinculación con los Objetivos Institucionales del DHS .....	152
CAPITULO V .....	155
CONCLUSIONES .....	155
5.1 Recomendaciones .....	161

5.1.1 En el ámbito técnico y ambiental .....	161
5.1.2 En el ámbito social y organizacional .....	162
5.1.3 En el ámbito de gestión y planificación .....	163
5.1.4 En el ámbito investigativo y de transferencia de conocimiento .....	163
5.1.5 Priorización Estratégica de Recomendaciones .....	164
5.2 Lecciones Aprendidas del Proceso Investigativo .....	167
5.2.1 En el ámbito metodológico .....	167
5.3.2 En el ámbito técnico y ambiental .....	168
5.2.3 En el ámbito social y organizacional .....	168
5.2.4 En el ámbito de gestión y planificación .....	169
5.2.5 Reflexión integradora .....	170
5.3 Líneas Futuras de Investigación .....	171
5.3.1 Estudios de validación técnica y operativa del sistema integral .....	171
5.3.2 Investigaciones comparativas y longitudinales en otros contextos rurales .....	171
5.3.3 Evaluación del impacto socioeducativo de la innovación social .....	172
5.3.4 Análisis económico y de ciclo de vida en sistemas agroecológicos .....	172
5.3.5 Incorporación de herramientas digitales y modelos de inteligencia ambiental .....	172
5.4 Reflexión sobre aplicabilidad a otros contextos .....	173
5.4.1 Transferibilidad y Aplicabilidad del Modelo a Otros Contextos .....	173
5.4.2 Condiciones de contexto que favorecen la transferibilidad .....	173
5.4.3 Adaptaciones necesarias según variables contextuales .....	174
5.4.4 Limitaciones y restricciones para la transferencia .....	175
5.4.5 Escalamiento del modelo: de la finca al territorio .....	176
5.4.6 Conclusión sobre la transferibilidad .....	177
CAPITULO VI LA PROPUESTA .....	178
6.1 Fundamentación Teórica y Conceptual de la Propuesta .....	179
6.1.1 Innovación Social y Gobernanza Colaborativa .....	180
6.1.2 Desarrollo Humano Sustentable (DHS) .....	180
6.1.3 Economía Circular y Economía Regenerativa .....	181
6.1.4 Gestión Integrada de Agricultura, Ganadería, Energía y Agua .....	182
6.2 Descripción de la Propuesta .....	183
6.2.1 Arquitectura del Sistema (Visión General) .....	185

6.2.2 Estructura por Subsistemas (Diseño Conceptual) .....	188
6.2.3 Roles y Responsabilidades (RACI de Referencia) .....	199
6.2.4 Objetivos de la Propuesta .....	205
6.3 Fases y Etapas del Diseño (Ruta Metodológica) .....	206
6.3.1 Fase 1. Preparación de Diseño .....	206
6.3.2 Fase 2. Pre-Dimensionamiento y Selección Tecnológica .....	207
6.3.3 Fase 3. Ingeniería Conceptual .....	207
6.3.4 Fase 4. Ingeniería Básica .....	207
6.3.5 Fase 5. Plan de Implementación y Evaluación (Documentado, No Ejecutado) .....	208
6.3.6 Actividades Clave por Subsistema (Catálogo) .....	208
6.4 Indicadores y Tableros (KPIs de Diseño) .....	210
6.4.1 Indicadores Energéticos .....	211
6.4.2 Indicadores Hídricos .....	212
6.4.3 Indicadores de Suelo y Cultivos .....	213
6.4.4 Indicadores Ambientales .....	214
6.4.5 Indicadores Sociales y de Gestión .....	215
6.4.6 Indicadores de Sostenibilidad Económica y de Producción .....	216
6.6 Criterios de Factibilidad y Riesgos (Enfoque de Diseño) .....	217
6.6.1 Factibilidad Técnica .....	218
6.6.2 Factibilidad Económica .....	219
6.6.3 Factibilidad Operativa .....	219
6.6.4 Factibilidad Legal .....	220
6.6.5. Riesgos Clave y Controles Asociados .....	221
6.7 Evaluación e implementación de la propuesta .....	222
6.8 Conclusión del Capítulo .....	226
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	228
ANEXOS .....	236

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Operacionalización de las Variables</i> .....	69
<b>Tabla 2.</b> <i>Codificación de los Entrevistados</i> .....	90
<b>Tabla 3.</b> <i>Tabla de Gestión Energética</i> .....	96
<b>Tabla 4.</b> <i>Tabla de Codificación del Item 12 (Energético e Hídrico)</i> .....	96
<b>Tabla 5.</b> <i>Tabla de Codificación Grupal (Item 17-18)</i> .....	98
<b>Tabla 6.</b> <i>Tabla de Codificación (Items 17-18)</i> .....	99
<b>Tabla 7.</b> <i>Seguridad Alimentaria Cualitativa (Pecuaria)</i> .....	103
<b>Tabla 8.</b> <i>Eficiencia Energética Cualitativa (Area Pecuaria)</i> .....	104
<b>Tabla 9.</b> <i>Eficiencia Hídrica Cualitativa (Pecuaria)</i> .....	104
<b>Tabla 10.</b> <i>Circularidad de Flujos Cualitativa (Pecuaria)</i> .....	106
<b>Tabla 11.</b> <i>Seguridad Alimentaria Cualitativa (Agrícola)</i> .....	110
<b>Tabla 12.</b> <i>Salud Ambiental Cualitativa (Agrícola)</i> .....	111
<b>Tabla 13.</b> <i>Eficiencia Energética Cualitativa (Agrícola)</i> .....	112
<b>Tabla 14.</b> <i>Eficiencia Hídrica Cualitativa (Agrícola)</i> .....	112
<b>Tabla 15.</b> <i>Circularidad de Flujos Cualitativa (Agrícola)</i> .....	113
<b>Tabla 16.</b> <i>Seguridad Alimentaria Cuantitativa (Observación Directa)</i> .....	115
<b>Tabla 17.</b> <i>Salud Ambiental Cuantitativa (Observación Directa)</i> .....	116
<b>Tabla 18.</b> <i>Eficiencia Energética Cuantitativa (Observación Directa)</i> .....	118
<b>Tabla 19.</b> <i>Circularidad de Flujos Cuantitativo (Observación Directa)</i> .....	120
<b>Tabla 20.</b> <i>Registros de Producción</i> .....	121
<b>Tabla 21.</b> <i>Registros de Consumo</i> .....	124
<b>Tabla 22.</b> <i>Análisis Económico</i> .....	125
<b>Tabla 23.</b> <i>Matriz de Recomendaciones</i> .....	164
<b>Tabla 24.</b> <i>Presupuesto de Sistemas</i> .....	197
<b>Tabla 25.</b> <i>Matriz RACI del Sistema Integral Circular (SIC)</i> .....	201
<b>Tabla 26.</b> <i>Actividades Clave por Subsistema</i> .....	208

<b>Tabla 27.</b> <i>Indicadores Energéticos (KPI)</i> .....	211
<b>Tabla 28.</b> <i>Indicadores Hídricos (KPI)</i> .....	212
<b>Tabla 29.</b> <i>Indicadores de Suelo y Cultivos (KPI)</i> .....	213
<b>Tabla 30.</b> <i>Indicadores Ambientales (KPI)</i> .....	214
<b>Tabla 31.</b> <i>Indicadores Sociales y de Gestión (KPI)</i> .....	215
<b>Tabla 32</b> <i>Tabla de Indicadores Económicos</i> .....	216
<b>Tabla 33.</b> <i>Factibilidad Técnica</i> .....	218
<b>Tabla 34.</b> <i>Factibilidad Económica</i> .....	219
<b>Tabla 35.</b> <i>Factibilidad Operativa</i> .....	219
<b>Tabla 36.</b> <i>Factibilidad Legal</i> .....	220
<b>Tabla 37</b> <i>Riesgos Clave y Controles Asociados</i> .....	221
<b>Tabla 38</b> <i>Plan de Evaluación e Implementación</i> .....	222

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> <i>Superficie y Productos</i> .....	115
<b>Figura 2.</b> <i>Gráfica de Aprovechamiento de Residuos</i> .....	117
<b>Figura 3.</b> <i>Producción Mensual (USD)</i> .....	123
<b>Figura 4.</b> <i>Volumen Físico Mensual</i> .....	123
<b>Figura 5.</b> <i>Gráfico de Ingresos</i> .....	126
<b>Figura 6.</b> <i>Gráfico de Consumo</i> .....	126

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> <i>Gallinas en la Finca</i> .....	236
<b>Anexo 2</b> <i>Vacas en la Finca</i> .....	237
<b>Anexo 3.</b> <i>Cultivos en la Finca</i> .....	238
<b>Anexo 4</b> <i>Platanos y otros cultivos</i> .....	239
<b>Anexo 5</b> <i>Vista al Sitio</i> .....	240
<b>Anexo 6</b> <i>Vista de Montero</i> .....	241
<b>Anexo 7</b> <i>Pueblo en Montero</i> .....	242
<b>Anexo 8</b> <i>Observación en la Finca - Gallinas</i> .....	243
<b>Anexo 9</b> <i>Observación en la Finca - Vacas</i> .....	244
<b>Anexo 10</b> <i>Observación en la Finca - Producción de Huevos</i> .....	245
<b>Anexo 11</b> <i>Observación en la Finca - Cultivos</i> .....	246
<b>Anexo 12</b> <i>Observación en la Finca - Cultivos en otra zona</i> .....	247
<b>Anexo 13</b> <i>Observación en la Finca - Limones</i> .....	248
<b>Anexo 14</b> <i>Observación en la Finca – Cebollines</i> .....	249
<b>Anexo 15.</b> <i>Diagrama General de Funcionamiento</i> .....	250
<b>Anexo 16</b> <i>Diagrama de Subsistema de Bioenergía Híbrida</i> .....	251
<b>Anexo 17</b> <i>Subsistema de Tratamiento y Reuso de Aguas Grises</i> .....	252
<b>Anexo 18</b> <i>Flujograma de Proceso de Filtrado de Plantas Potabilizadoras</i> .....	253
<b>Anexo 19</b> <i>Subsistema de Nutrientes: Proceso de Compostaje y Aplicación Agrícola</i> .....	254
<b>Anexo 20.</b> <i>Subsistema de Nutrientes: Ciclo Circular del Biol y Compost</i> .....	255
<b>Anexo 21.</b> <i>Entrada a PASA</i> .....	256
<b>Anexo 22</b> <i>Sistema de Sedimentación</i> .....	257
<b>Anexo 23</b> <i>Tanques de Bioinsumos Líquidos</i> .....	258
<b>Anexo 24.</b> <i>Producto hecho con biodigestores (BROKA 5)</i> .....	259
<b>Anexo 25</b> <i>Misiones y Objetivos de PASA</i> .....	260
<b>Anexo 26</b> <i>Vistazo a los Equipos que usan</i> .....	261

<b>Anexo 27.</b> <i>Flujograma de Biodigestores y BioInsumos en PASA</i> .....	262
<b>Anexo 28</b> <i>Subsistema de Gobernanza</i> .....	263
<b>Anexo 29</b> <i>Organigrama de Roles</i> .....	264


## VEREDICTO

### VICERRECTORADO ACADÉMICO DECANATO DE INVESTIGACION Y POSTGRADO


#### VEREDICTO

Nosotros, Prof. Gilberto Rojas, Profa. María Teresa Bravo, Profa. Karelis del Valle Paredes, designados como miembros del Jurado examinador del Trabajo de Grado: **“INNOVACIÓN SOCIAL COMO ESTRATEGIA PARA FOMENTAR LA ECONOMÍA CIRCULAR EN SERVICIOS HIDROELÉCTRICOS DE LA FINCA LOS HORQUETEROS.”**, presentado por el ciudadano: Ingeniero **GONZALEZ MORENO ARTURO LUIS**, titular de la Cedula de Identidad No. V-15.042.982, nos hemos reunido para revisar dicho Trabajo y después de la presentación, e interrogatorio correspondiente, lo consideramos aprobado con la calificación de **VEINTE (20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle de Momboy, referente a la evaluación de los Trabajos de Grado para optar al título de Magister Scientiarum en Administración de Empresas.

En fe de lo cual firmamos en Carvajal, estado Trujillo a los veintiocho (28) días del mes de noviembre de dos mil veinticinco (2025).

  
Prof. Gilberto Rojas  
C.I. No. V-19.285.228  
**JURADO PRINCIPAL**

  
Profa. María Teresa Bravo  
C.I. No. V-9.016.405  
**TUTORA**

  
Profa. Karelis del Valle Paredes  
C.I. No. V-14.799.624  
**PRESIDENTE DEL JURADO**

  
  
Prof. Marilyn Briccño  
C.I. No. V-13.205.436  
**DECANA**

  
  
Profa. Walevska Lopez  
C.I. No. V-10.104.896  
**VICERRECTORA ACADÉMICA**



+58 412 2263605



www.uvm.edu.ve



universidadvalledelmomboy@uvm.edu.ve

## RESUMEN

La investigación titulada “Innovación social como estrategia para fomentar la economía circular en la gestión energética e hídrica de la finca Los Horqueteros” tiene como propósito diseñar un sistema integral que optimice el uso del agua y la energía bajo principios de sostenibilidad. El estudio se fundamenta en los enfoques de Economía Circular (EC), Desarrollo Humano Sustentable (DHS) e Innovación Social (IS), orientados a fortalecer la eficiencia productiva y la participación comunitaria en el ámbito rural venezolano. Metodológicamente, se aplicó un enfoque mixto, de tipo descriptivo y proyectivo, que combinó observación directa, entrevistas semiestructuradas y análisis documental. Los resultados evidencian deficiencias en la gestión de residuos, la dependencia de fuentes no renovables y la falta de tratamiento de aguas residuales en la finca, lo que limita su sostenibilidad. Se propuso un modelo basado en cuatro subsistemas: bioenergía mediante biodigestores, aprovechamiento de aguas grises y pluviales, producción de biofertilizantes orgánicos y un componente de gobernanza participativa. La integración de estos elementos permite cerrar los ciclos de materia, energía y agua, generando beneficios ambientales, económicos y sociales. Se concluye que la aplicación de estrategias circulares y de innovación social en unidades agropecuarias favorece la reducción de impactos negativos, la autosuficiencia energética e hídrica y la creación de comunidades más resilientes. Se recomienda replicar el modelo en otras zonas rurales y promover políticas públicas que respalden la economía circular en el sector agroproductivo.

**Palabras clave:** innovación social, economía circular, desarrollo sustentable, energía renovable, gestión hídrica.

## ABSTRACT

The research titled “Social Innovation as a Strategy to Promote Circular Economy in Energy and Water Management at Los Horqueteros Farm” aims to design an integrated system that optimizes water and energy use based on sustainability principles. The study relies on the approaches of Circular Economy (CE), Sustainable Human Development (SHD), and Social Innovation (SI), focused on improving productivity and community participation in rural Venezuela. Methodologically, a mixed descriptive and projective approach was applied, combining direct observation, semi-structured interviews, and documentary analysis. The results reveal deficiencies in waste management, dependence on non-renewable sources, and lack of wastewater treatment, limiting sustainability. A model composed of four subsystems was proposed: bioenergy through biodigesters, use of greywater and rainwater, organic biofertilizer production, and participatory governance. The integration of these components closes the cycles of matter, energy, and water, generating environmental, economic, and social benefits. The study concludes that applying circular and social innovation strategies in agricultural units enhances sustainability, promotes self-sufficiency, and strengthens community resilience. It is recommended to replicate the model in other rural areas and to encourage public policies that support the circular economy in the agro-productive sector.

**Keywords:** social innovation, circular economy, sustainable development, renewable energy, water management.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación para la Finca Agropecuaria Los Horqueteros, orientada a la sostenibilidad energética, hídrica y ambiental mediante principios de economía circular e innovación social, se enmarca en la necesidad de transformar los modelos de producción rural hacia esquemas sostenibles que integren la eficiencia técnica con la responsabilidad ambiental y social. El estudio parte del reconocimiento de las limitaciones actuales en la gestión de energía, agua y residuos en las unidades agropecuarias venezolanas, donde la dependencia de fuentes no renovables, la escasez hídrica y la subutilización de desechos orgánicos comprometen la productividad y el equilibrio ecológico.

El proyecto se sustenta en tres pilares teóricos: la Economía Circular (EC), el Desarrollo Humano Sustentable (DHS) y la Innovación Social (IS), los cuales orientan la búsqueda de soluciones que promuevan el aprovechamiento eficiente de los recursos y la participación activa de las comunidades rurales. Bajo este enfoque, la investigación propone el diseño de un modelo integral que articula tecnologías apropiadas como biodigestores híbridos, sistemas fotovoltaicos, humedales naturales y procesos de compostaje, complementados con un esquema de gobernanza participativa que fomente la corresponsabilidad en la gestión de los recursos.

Desde el punto de vista metodológico, se empleó un enfoque mixto de carácter descriptivo y proyectivo, permitiendo analizar la situación actual de la finca Los Horqueteros, identificar las potencialidades locales y desarrollar una propuesta técnica viable que responda a las condiciones reales del entorno. Este proceso incluyó la recolección de datos primarios y secundarios, el análisis comparativo de modelos similares y la integración de buenas prácticas en sostenibilidad rural.

El documento se estructura en seis capítulos que abarcan desde el planteamiento del problema y la fundamentación teórica hasta la formulación de la propuesta final. En conjunto, el estudio ofrece una visión integral del diseño de sistemas circulares aplicados al ámbito agropecuario, proponiendo soluciones adaptables y sostenibles que contribuyen a mejorar la eficiencia energética, optimizar el uso del agua, valorizar los residuos orgánicos y fortalecer las capacidades humanas en contextos rurales.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

En el contexto mundial actual, la gestión sostenible de los recursos naturales enfrenta varios desafíos estructurales, relacionados con el aumento de la demanda, la degradación ambiental y los efectos del cambio climático. El acceso a agua dulce y a fuentes de energía segura se ha visto comprometido por factores como el crecimiento demográfico, la urbanización acelerada y los patrones intensivos de producción y consumo. Según UNESCO & ONU-Agua, (2024), “En 2022, 2 200 millones de personas carecían de acceso a agua potable gestionada de forma segura. Cuatro de cada cinco personas que no disponían de servicios básicos de agua potable vivían en zonas rurales.” (p. 2). Esta situación se agrava ante la proyección de que la demanda mundial de agua aumentará cerca de un 55 % para el año 2050, superando con creces la capacidad de reposición natural del recurso.

De forma paralela, la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023) advierte que, si persiste la brecha de energía, más de 660 millones de personas podrían seguir sin acceso a electricidad para 2030. En 2022, esta cifra ya ascendía a 685 millones. La falta de energía eléctrica incide negativamente en el desarrollo humano, al limitar el funcionamiento de los sistemas de agua, salud y producción de alimentos. En este escenario, el agua y la energía constituyen elementos esenciales para la sostenibilidad global, pues su gestión eficiente repercute directamente en la seguridad alimentaria, la salud pública y el equilibrio ambiental. Por lo tanto,

la transición hacia modelos de economía circular que reduzcan la generación de residuos y optimicen el uso de los recursos surge como una estrategia clave para enfrentar estos desafíos.

A nivel regional, los países de América Latina y el Caribe enfrentan profundas brechas en el acceso a servicios básicos, especialmente en zonas rurales. Según la CEPAL (2024), cerca del 46 % de las aguas residuales generadas en la región no recibe tratamiento adecuado, lo que representa una amenaza directa para los suelos, los cuerpos hídricos y la salud de la población. Este panorama revela un uso ineficiente de recursos valiosos como los nutrientes, el agua regenerada y la energía contenida en el biogás. Asimismo, subsisten dificultades para garantizar el acceso a agua potable y saneamiento seguro: aproximadamente 2,5 de cada 10 personas carecen de abastecimiento gestionado de forma segura y 5 de cada 10 no disponen de saneamiento básico. Esta situación es especialmente crítica en áreas rurales alejadas de los centros urbanos (OMS/UNICEF, 2024), lo que evidencia una condición estructural que limita el desarrollo sostenible y demanda soluciones integrales y contextualizadas.

Frente a estas restricciones, han surgido iniciativas de innovación social impulsadas por organizaciones locales y cooperativas rurales. Entre las que se incluyen microrredes de energías renovables, sistemas de reciclaje comunitario y tecnologías de bajo costo que permiten abordar las deficiencias desde un enfoque participativo. Diversos estudios destacan que una perspectiva basada en la economía circular y la innovación social puede contribuir a disminuir la pobreza, fortalecer el capital humano y construir comunidades resilientes.

Un caso ejemplar es el documentado por CODESPA (2024) en Perú, donde mujeres indígenas transforman desechos agrícolas en productos artesanales sostenibles, fortaleciendo su autonomía económica y reducido la presión ambiental sobre sus territorios. Otro ejemplo lo presenta Aguiñaga y Treviño (2022), quienes describen el funcionamiento de la planta EOS–

REPARE de Coca-Cola FEMSA, inaugurada en 2019 en Querétaro, México. Esta planta recupera, repara, reutiliza o recicla componentes de enfriadores usados en puntos de venta, según su estado y funcionalidad. Estas experiencias demuestran el potencial de América Latina para promover soluciones colaborativas que integren tecnología apropiada, gestión colectiva y sostenibilidad ambiental.

En Venezuela, las deficiencias estructurales en los sistemas de electricidad y agua han generado graves limitaciones en el acceso a servicios esenciales, particularmente en las zonas rurales. La red eléctrica nacional presenta una alta vulnerabilidad debido a años de escasa inversión y mantenimiento, derivando en cortes frecuentes que afectan el funcionamiento de escuelas, hospitales y sistemas de bombeo de agua. Como resultado, alrededor de 20 millones de personas quedan sin acceso a agua potable cuando se interrumpe el suministro eléctrico, ya que los sistemas de distribución hídrica dependen de plantas eléctricas centralizadas (Hernández y Zuñiga, 2019). Además, solo el 18 % de la población tiene acceso continuo a agua potable de calidad, debido a que menos del 60 % de la infraestructura hídrica se encuentra operativa (Ostos, 2019).

En el área de la energía eléctrica, se estima que alrededor de medio millón de personas viven sin electricidad, principalmente en zonas rurales apartadas. Ante esta situación, se han impulsado soluciones descentralizadas, como sistemas fotovoltaicos con bombeo solar, que han permitido garantizar el suministro de agua en algunas comunidades durante apagones prolongados. Iniciativas como el proyecto “Sembrando Luz” ofrecieron una alternativa de energía basada en la organización comunitaria (Observatorio de Ecología Política de Venezuela, 2024). Sin embargo, muchas de estas experiencias no lograron mantenerse en el tiempo debido a limitaciones técnicas, logísticas y de apropiación local. Esto evidencia la necesidad de desarrollar

modelos sostenibles a pequeña escala que, desde la autonomía energética y la gestión comunitaria, respondan a la fragilidad de las infraestructuras convencionales.

En este contexto, la finca agropecuaria Los Horqueteros, ubicada en Montero, estado Trujillo, representa a escala local los retos antes descritos. Esta unidad de producción, según González (2025), cuenta con aproximadamente 1.500 gallinas ponedoras, 6 vacas lecheras y diversos cultivos (Ver Anexo 1 a 6), y se encuentra en una zona rural sin soluciones integradas para la gestión eficiente del agua, la energía y los residuos.

En primer lugar, los desechos agropecuarios generados por aves y ganado no son tratados ni reaprovechados, lo que los convierte en un pasivo ambiental en lugar de constituir insumos valiosos para otros procesos productivos. Se desaprovechan así las oportunidades de producir biogás y biofertilizantes, recursos útiles para cubrir las necesidades energéticas y mejorar la fertilidad del suelo. En segundo lugar, la finca carece de sistemas de captación, tratamiento o reutilización de aguas grises y negras, lo que implica riesgos de contaminación, reduce la eficiencia en el uso del recurso hídrico y aumenta la dependencia de un suministro externo irregular, afectado por fallas eléctricas frecuentes. En tercer lugar, las operaciones dependen casi exclusivamente de la red eléctrica nacional y de combustibles fósiles, exponiéndose a interrupciones constantes y elevando los costos de producción.

Adicionalmente, se observa una limitada participación comunitaria en la gestión de los recursos, debido a la ausencia de comités locales, programas de capacitación y vínculos con otras propiedades vecinas, lo cual restringe el intercambio de saberes y la generación de sinergias productivas. En conjunto, estos elementos configuran una problemática de carácter técnico, ambiental y social, que compromete la viabilidad del modelo productivo actual y amenaza la sostenibilidad del entorno inmediato.

Ante este panorama, resulta pertinente la formulación de una propuesta técnica que integre los principios de la economía circular con estrategias de innovación social adaptadas a las condiciones de la finca. Se plantea, en este sentido, la implementación de un sistema integral que permita transformar desechos orgánicos en biogás y fertilizantes, establecer mecanismos para el tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales, e incorporar fuentes de energía renovable como los paneles solares. Asimismo, se propone fortalecer la organización comunitaria mediante la creación de comités locales de sostenibilidad, la capacitación técnica de los actores involucrados y la articulación con otras experiencias productivas del entorno. De este modo, se espera construir un modelo replicable de gestión sostenible que reduzca la dependencia de insumos externos, mejore la eficiencia de los procesos agropecuarios y promueva una cultura de participación activa.

## **1.2 Problemas de la investigación**

### ***1.2.1 Problema General***

¿Cómo diseñar un sistema integral basado en economía circular e innovación social que optimice el manejo energético e hídrico en la finca agropecuaria Los Horqueteros, considerando las condiciones técnicas, ambientales y sociales del entorno rural venezolano?

### ***1.2.2 Problemas Específicos***

- ¿Cuáles son las limitaciones actuales en la gestión de residuos, energía y agua en la finca Los Horqueteros, y cómo afectan su sostenibilidad?
- ¿Qué tecnologías apropiadas y prácticas comunitarias podrían ser viables para transformar residuos agropecuarios en recursos útiles dentro del contexto de la finca?
- ¿De qué forma puede integrarse la participación comunitaria en la gestión de recursos para fomentar innovación social en la finca y su entorno?

- ¿Qué criterios técnicos, ambientales y sociales deben considerarse para el diseño de un sistema integral que promueva la economía circular en la finca?
- ¿Cómo puede estructurarse una propuesta proyectiva que articule estos elementos en un modelo funcional, replicable y sostenible a mediano plazo?

### **1.3 Objetivos de la Investigación**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

Diseñar un sistema integral basado en economía circular e innovación social para optimizar la gestión energética e hídrica en la finca agropecuaria Los Horqueteros, considerando las condiciones técnicas, ambientales y sociales del entorno rural venezolano.

##### ***1.3.1.1 Objetivos Específicos:***

- Analizar las condiciones actuales de manejo de residuos, energía y agua en la finca Los Horqueteros y su impacto sobre la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.
- Identificar tecnologías apropiadas y estrategias comunitarias que permitan aprovechar los residuos agropecuarios para la generación de energía y producción de biofertilizantes.
- Establecer criterios de diseño técnico, ambiental y social para el desarrollo de un sistema integral de economía circular adaptado al contexto rural.
- Formular una propuesta proyectiva de sistema integrado que permita aplicar los principios de la economía circular con enfoque participativo en la finca Los Horqueteros.

### **1.4 Justificación de la investigación**

#### ***1.4.1 Teórica***

La justificación teórica de este proyecto se sustenta en los principios de la sustentabilidad, la economía circular y la innovación social aplicados a la gestión agropecuaria. En consonancia,

la economía circular enfatiza la optimización en el uso de los recursos naturales y la minimización de los residuos, promoviendo la conversión de desechos en insumos útiles. En el marco de la finca Los Horqueteros, estos principios apoyan el concepto de utilizar los desechos orgánicos producidos por las labores pecuarias para la generación de energía renovable (con biogás) y fertilizantes orgánicos, así como para alimentar la planta de potabilización con energía producida con biogás, finalizando de esta manera los ciclos de materia, agua y energía.

Desde una perspectiva académica, la investigación contribuye al cuerpo de conocimiento al integrar conceptos multidisciplinarios en un modelo práctico. Dado que, al armonizar las técnicas agrícolas convencionales con perspectivas de economía circular y administración sostenible del agua y la energía, el análisis busca corroborar y mejorar las teorías ya existentes, evidenciando su utilidad en un contexto real. Además, esta base teórica posibilita situar el diseño del sistema integral sugerido dentro de un marco científico robusto, proporcionando un modelo para investigaciones futuras que intenten fusionar la sostenibilidad y la innovación social en el sector agropecuario

#### ***1.4.2 Práctica***

La justificación práctica radica en la necesidad de resolver problemas concretos de gestión de recursos en la finca Los Horqueteros. Actualmente, la finca carece de un sistema para aprovechar sus residuos orgánicos (según su dueño, estiércol de las 1500 gallinas, 6 vacas y restos de cultivos) y no cuenta con generación local de energía, lo que deriva en oportunidades desaprovechadas y potenciales impactos ambientales negativos. Por otro lado, una gestión incorrecta de estos residuos puede causar emisiones contaminantes, olores desagradables y peligros para la salud, además de desaprovechar materiales que podrían convertirse en recursos valiosos, y también simultáneamente, la necesidad de recursos externos como combustibles

fósiles para energía o fertilizantes químicos eleva los gastos operativos y la susceptibilidad a variaciones en su disponibilidad.

Frente a esta problemática, el estudio propone un sistema integral orientado a generar soluciones prácticas y sostenibles. El diseño de un biodigestor permitirá producir biogás a partir del estiércol generado en la finca, brindando una fuente de energía renovable que podrá utilizarse para la iluminación, la cocción de alimentos y otras actividades productivas. A su vez, los residuos del proceso de biodigestión servirán para elaborar biofertilizantes orgánicos destinados a las cosechas, cerrando el ciclo de nutrientes y disminuyendo la dependencia de fertilizantes químicos externos.

Además, la incorporación de un sistema de tratamiento de aguas residuales permitiría reutilizar el agua para riego u otros fines productivos, optimizando el uso hídrico. Por ende, estas medidas potenciarían la eficacia operacional de la finca y disminuirían considerablemente su efecto en el medio ambiente. También, al reducir la necesidad de recursos externos, se potenciaría la sostenibilidad económica de la explotación, instaurando un modelo práctico de administración agropecuaria sostenible que podría ser replicado en situaciones parecidas.

### ***1.4.3 Metodológica***

El fundamento metodológico de la investigación se fundamenta en la implementación de un enfoque holístico e interdisciplinario para tratar el problema propuesto. Por lo tanto, el proyecto utiliza una mezcla de técnicas y técnicas sociales: por una parte, el diseño del sistema (biogás, biofertilizantes y tratamiento de agua) se fundamenta en instrumentos de ingeniería y agronomía; y por otro, la dimensión de participación comunitaria se trabaja mediante técnicas de investigación participativa. Adicionalmente, este método combinado es adecuado dado que la solución propuesta no se restringe a la tecnología, sino que conlleva cambios en las prácticas de gestión y en el comportamiento de los participantes locales. Asimismo, al incluir a la comunidad

en el procedimiento de diagnóstico y diseño, se asegura que las estrategias formuladas sean culturalmente apropiadas y operativamente factibles, incrementando de esta manera la posibilidad de adopción y la sostenibilidad a largo plazo.

Además, el componente de análisis de microorganismos para crear biofertilizantes refuerza la rigurosidad metodológica, pues permite validar supuestos técnicos del sistema propuesto la investigación obtiene datos concretos que respaldan las recomendaciones. Por lo tanto, la elección de esta metodología se justifica porque proporciona una visión del problema que combinaría evidencia cuantitativa de laboratorio y evaluaciones técnicas con información cualitativa obtenida de la comunidad. De esta forma, el estudio genera un modelo de economía circular con innovación social respaldado por datos científicos y adaptado a la realidad local.

#### ***1.4.4 Social***

La razón social de la investigación reside en las ventajas comunitarias y medioambientales que puede producir el proyecto. Así pues, al incluir a residentes y empleados locales en la organización y posterior puesta en marcha del sistema, se promueve el empoderamiento de la comunidad y la sensibilización acerca de prácticas de agricultura sustentable. Además, una correcta administración de desechos y agua en la finca no solo optimizaría las condiciones de salud y medioambientales a corto plazo, sino que también aportaría a la salud pública al disminuir fuentes de contaminación y peligros relacionados.

En un entorno rural como Montero (Trujillo), proyectos de esta naturaleza pueden potenciar la capacidad de resistencia de la comunidad y brindar posibilidades educativas, como, por ejemplo, a través de la formación en métodos de biogás y agricultura sustentable. Asimismo, estas iniciativas contribuyen a mejorar la calidad de vida al promover un entorno más limpio y asegurar la disponibilidad de recursos de energía locales.

Desde el punto de vista de la innovación social, el proyecto va más allá del beneficio personal de la finca con el fin de generar un efecto más extenso en la comunidad. Finalmente, la implicación comunitaria conjunta facilita la formación de redes de cooperación local y fortalece el sentimiento de responsabilidad compartida en la protección del medio ambiente. Igualmente, los saberes y aprendizajes producidos pueden ser difundidos a otras comunidades rurales, promoviendo la repetición de prácticas de economía circular. De esta forma, la investigación aporta un valor social considerable al alinearse con metas de desarrollo sostenible, evidenciando cómo una empresa agropecuaria puede transformarse en impulsor de avance comunitario y mejora del medio ambiente.

## **1.5 Alcances y Limitaciones**

### ***1.5.1 Alcances***

El alcance de la presente investigación se limita al diseño de un sistema integral de economía circular adaptado a la finca agropecuaria Los Horqueteros, ubicada en Montero, estado Trujillo, Venezuela. El estudio contempla cuatro componentes principales: (1) un subsistema de bioenergía basado en la instalación de un biodigestor que produzca biogás a partir del estiércol generado por aves de corral y ganado bovino; (2) la elaboración de biofertilizantes orgánicos mediante el aprovechamiento del efluente del biodigestor como abono para los cultivos; (3) un sistema para el tratamiento y reutilización de aguas residuales y aguas pluviales, orientado a optimizar el uso del recurso hídrico; y (4) un componente de participación comunitaria, que involucre a los actores locales en la gestión de estos recursos. Adicionalmente, se incorpora un análisis microbiológico de apoyo para evaluar y optimizar los procesos biológicos involucrados tanto en el funcionamiento del biodigestor como en la calidad del biofertilizante producido.

Temporalmente, el proyecto se desarrolla entre abril y noviembre del mismo año. En donde durante este período se llevará a cabo el diagnóstico inicial, la recopilación de datos de

campo y la elaboración de la propuesta final. Por otra parte, el alcance del trabajo se delimita principalmente a la fase de planificación y diseño del sistema; si bien podrían realizarse pruebas piloto a pequeña escala durante la investigación, la implementación completa del sistema en la finca queda fuera del marco temporal del estudio.

De este modo, se espera como resultado un plan integral viable, detallado y adaptado a la realidad de Los Horqueteros, que sirva de base para su posterior puesta en marcha. Por otra parte, si bien el proyecto está enfocado específicamente en Los Horqueteros, el modelo propuesto posee un potencial de replicabilidad en otras fincas similares, lo que extiende su relevancia más allá del caso local.

### ***1.5.2 Limitaciones***

El proceso de investigación tiene ciertas restricciones inherentes a su realización. Primero, la duración del proyecto (de abril a noviembre) limita las actividades, restringiendo la oportunidad de prever resultados a largo plazo o fluctuaciones estacionales en la finca. Por lo tanto, numerosas estimaciones vinculadas a la producción de biogás, el incremento de la fertilidad del suelo o el ahorro de agua se fundamentan en estimaciones y ensayos de breve duración, en vez de información derivada de un funcionamiento extendido del sistema.

En segundo lugar, los recursos financieros y materiales son limitados al tratarse de un proyecto académico, lo que impide realizar la implementación total del sistema diseñado dentro del periodo de estudio; en su lugar, solo es factible desarrollar simulaciones, diseños técnicos y ensayos a pequeña escala. Esta restricción puede afectar la verificación empírica de algunos supuestos, por lo que se recurre a la literatura científica y a experiencias documentadas en contextos similares para fundamentar la viabilidad del sistema propuesto.

Igualmente, hay restricciones de naturaleza contextual y metodológica. En consecuencia, ya que la investigación se centra en una única unidad productiva, los descubrimientos y

sugerencias podrían no ser directamente aplicables a otras fincas sin las adaptaciones necesarias, lo que limita su alcance en cuanto a su aplicabilidad universal. A la vez, la participación comunitaria, aunque planificada, depende de la disposición e interés de los actores locales durante el desarrollo del proyecto.

Por lo tanto, esto podría influir en el volumen y profundidad de la información social recolectada, además de la representatividad de las perspectivas tomadas en cuenta. Finalmente, el componente de análisis de microorganismos podría limitar la profundidad de la información recolectada. A pesar de estas restricciones, se han implementado acciones para minimizarlas en la medida de lo posible, y los hallazgos y conclusiones de la investigación se analizan considerando estos límites.

### **1.6 Vinculación con el Proyecto Institucional de la UVM**

La presente tesis, titulada “Innovación social como estrategia para fomentar la economía circular en el manejo de los servicios de electricidad y agua potable en la finca agropecuaria Los Horqueteros”, se alinea directamente con el Proyecto de Investigación UVM 2025, específicamente con la estrategia institucional de integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dentro del marco académico de la Universidad Valle del Momboy, a través del modelo de Desarrollo Humano Sustentable (DHS). En este sentido, la investigación se ajusta a los pilares establecidos en el mencionado proyecto al sugerir una solución interdisciplinaria, de alcance regional, fundamentada en la sostenibilidad, la innovación aplicada y la conexión comunitaria.

Primero, esta tesis se encuentra en el marco de investigación dirigido a los alumnos de maestría en Administración de Empresas, especialmente en lo concerniente al desarrollo de modelos de DHS, la valoración del impacto regional y la creación de estrategias de innovación a nivel local. A su vez, consideramos que este estudio contribuye a los cinco objetivos estratégicos establecidos por la UVM: promueve la excelencia académica mediante la incorporación de

principios de economía circular en el diseño de sistemas productivos; fortalece la sinergia institucional al integrar conocimientos administrativos, tecnológicos y sociales; aporta al impacto regional al atender necesidades concretas del ámbito rural trujillano; impulsa la innovación a través de una propuesta centrada en el uso de biogás y en la participación comunitaria; y promueve una gestión eficiente de los recursos mediante la formulación de un modelo replicable y autosustentable.

Además, esta tesis aporta al modelo de articulación sugerido en el proyecto institucional, dado que es una investigación con relevancia territorial en la comunidad de Montero, estado Trujillo, llevada a cabo con un enfoque combinado dirigido a solucionar problemas reales a través de la implicación de participantes comunitarios, la aplicación de tecnologías adecuadas y la creación de conocimiento contextualizado y transferible. Finalmente, consideramos que esta propuesta se encuentra alineada con los principios del enfoque de desarrollo humano sustentable promovido por la Universidad Valle del Momboy, y se articula con las metodologías, estructuras y plataformas de acompañamiento académico establecidas en el Proyecto UVM 2025, lo cual reafirma su pertinencia académica, regional y estratégica dentro del marco investigativo institucional.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Este capítulo del marco teórico establece los principios teóricos que respaldan la evaluación de viabilidad y la creación del sistema integral de economía circular para la finca Los Horqueteros. En este contexto, se fundamenta en tres ejes interconectados: la innovación social como herramienta para crear y ajustar soluciones a situaciones específicas; el desarrollo humano sostenible comprendido en términos de habilidades, prácticas y bienestar relacionados con la producción y utilización eficaz de recursos; y la administración integrada de agricultura, ganadería, energía y agua como los sectores operativos donde se pueden minimizar flujos y crear sinergias.

Basándose en estos fundamentos, se establecen las categorías analíticas que orientarán el diagnóstico inicial, el reconocimiento de oportunidades circulares y la elaboración de la propuesta piloto. Adicionalmente, este capítulo establece cada idea, examina sus vínculos teóricos pertinentes y define los criterios fundamentales que se aplicarán para convertir dicha teoría en indicadores operativos y en cuestiones de exploración técnica. Por lo tanto, en ese procedimiento se busca no tomar nada asegurado, sino comenzar desde el inicio en la identificación de flujos, posibilidades y disposiciones, de manera que el diseño futuro se fundamente firmemente en la realidad de la finca.

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

El presente estudio se enmarca en el abordaje de problemáticas contemporáneas vinculadas a la sostenibilidad rural, particularmente en el contexto de la gestión integrada de recursos hídricos, energéticos y orgánicos. En este sentido, resulta imprescindible revisar investigaciones previas que hayan explorado experiencias similares en el diseño e

implementación de sistemas circulares aplicados al ámbito agropecuario, especialmente aquellos orientados a la generación de bioenergía, la producción de biofertilizantes y el tratamiento de aguas residuales.

La revisión de antecedentes permite establecer un marco comparativo entre distintas metodologías, enfoques y resultados, lo cual fortalece la validez de la propuesta planteada. Para ello, se han seleccionado ocho estudios recientes —cuatro de origen nacional y cuatro internacionales— desarrollados entre 2020 y 2025, que abordan desde distintas perspectivas temáticas relacionadas con la economía circular, el uso eficiente de los recursos en fincas rurales, la aplicación de biodigestores, la participación comunitaria y el tratamiento sustentable del agua.

### **2.1.1 Internacionales**

Loor Jiménez y Rivadeneira Cortés (2025) presentaron la investigación titulada: “*Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola para su reutilización en riego agrícola*”. Esta fue desarrollada en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, como trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental. El objetivo general proponer un sistema de tratamiento y aprovechamiento de aguas grises generadas en áreas de bioseguridad, con el fin de reutilizarlas en actividades agrícolas, en concordancia con la normativa ambiental ecuatoriana.

La investigación fue de tipo experimental con un enfoque cuantitativo, que a su vez estuvo sustentada en análisis físico-químicos y microbiológicos de laboratorio, y en pruebas de tratabilidad como el ensayo de jarras. Entre los resultados más relevantes, se evidenció que el tratamiento propuesto reduce significativamente la carga contaminante del agua gris, permitiendo su uso posterior en riego. También, el análisis financiero demostró que el sistema es viable económica y ambientalmente, al evitar impactos negativos en el suelo y optimizar el recurso hídrico.

Este estudio constituye un referente técnico y ambiental para el diseño de soluciones sostenibles en entornos agroproductivos rurales, como la finca Los Horqueteros, al demostrar la factibilidad de reutilizar aguas grises tratadas dentro de un enfoque de economía circular y gestión eficiente del agua. En concreto, aporta elementos clave para la propuesta tecnológica de esta investigación, tales como: la selección de parámetros críticos para la caracterización del agua residual (pH, turbidez, coliformes, DBO5, entre otros), la elección de tecnologías apropiadas para el pretratamiento y clarificación, la validación del uso del agua tratada en riego agrícola, y finalmente, la inclusión de un análisis financiero que permite comparar los costos de inversión frente a los beneficios ambientales y productivos del sistema propuesto. Por lo tanto, estas características ayudan a fortalecer el desarrollo del modelo sostenible de gestión hídrica en la finca, ya que brindan una base científica y técnica replicable y adaptada al contexto rural venezolano.

Mamani Salinas (2024) presentó la investigación titulada *La economía circular aplicada a la gestión sostenible de plantas de tratamiento de aguas residuales – Puno, 2020*. Fue realizada en la Escuela Universitaria de Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal para optar al grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. El objetivo fue determinar la influencia de la economía circular en la gestión sostenible de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las riberas del Lago Titicaca, región Puno, en sus dimensiones ambiental, económica y social.

La investigación se caracterizó por emplear un enfoque descriptivo con diseño no experimental y métodos analítico-sintético, tomando como universo a funcionarios y directivos de 20 PTAR de la región Puno y una muestra del 80% (16), y recolectando datos mediante encuestas y entrevistas; el procesamiento involucró análisis documental y tratamiento estadístico

con SPSS. Los resultados mostraron que la economía circular influye de forma significativa y favorable en la gestión sostenible de esas PTAR en las dimensiones ambiental, económica y social, y se recomendó profundizar en su aplicación en aguas residuales industriales.

Esta investigación aporta a la tesis de Los Horqueteros una base de viabilidad conceptual y metodológica: permite inferir que un enfoque multidimensional (ambiental, económico y social) es útil para evaluar intervenciones circulares en gestión hídrica y de residuos, respalda el uso combinado de encuestas y entrevistas para diagnosticar percepciones y prácticas, y valida la idea de que la recuperación de subproductos y el reúso del agua pueden mejorar la sostenibilidad del sistema.

En tercer lugar, Jaramillo Núñez (2023) presentó la investigación titulada: *“Estudio de caso: Biogás como sistema complementario de combustibles fósiles”*. Este trabajo fue realizado en la Universidad de Guayaquil, como parte del proceso para optar al título de Ingeniero Industrial. El objetivo de la investigación fue evaluar la viabilidad del biogás como alternativa complementaria al gas licuado de petróleo (GLP), a partir del aprovechamiento de residuos orgánicos urbanos, en el contexto del sistema energético ecuatoriano.

Por otra parte, la investigación fue un estudio de caso con enfoque mixto, apoyado en el análisis documental de fuentes científicas indexadas y en el desarrollo de una propuesta técnica. También, se aplicaron encuestas en zonas urbanas para cuantificar la producción de residuos y se diseñó un biodigestor tipo batch adaptado a condiciones domésticas. Además, entre los resultados, se determinó que el biogás no es viable para ser almacenado en cilindros de 15 kg bajo condiciones domésticas, pero sí representa una alternativa comunitaria sostenible. También, se definió que su implementación puede generar beneficios ambientales y sociales en sectores vulnerables, siempre que se prioricen estrategias comunitarias y políticas públicas de apoyo.

Es importante acotar que, esta investigación aporta significativamente a nuestro trabajo sobre la sostenibilidad en la finca Los Horqueteros, al demostrar que el uso del biogás derivado de residuos orgánicos no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental, sino que también representa una alternativa energética viable para zonas rurales o agroproductivas. Su enfoque técnico y social fortalece el planteamiento de soluciones basadas en economía circular e innovación social, pilares fundamentales del modelo propuesto para la finca.

En cuarto lugar, Ochoa López (2022) presentó la investigación titulada: “Estudio de prefactibilidad para la construcción de un biodigestor como propuesta para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos provenientes del restaurante, y del mantenimiento de zonas verdes en el Parque Industrial Corona, Sopó”. Esta investigación fue realizada en la Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia, como trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental. En donde, el objetivo de la investigación fue realizar un estudio de prefactibilidad de un biodigestor que permita el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos generados en el restaurante y áreas verdes del Parque Industrial Corona, como una contribución al modelo de economía circular empresarial.

Por otra parte, la investigación se caracterizó por ser de enfoque mixto, con alcance descriptivo, correlacional y exploratorio, aplicando métodos inductivo y deductivo, y utilizando técnicas como observación directa, entrevistas, análisis documental, análisis de laboratorio y evaluación de consumo energético. Además, se diagnosticó la generación de residuos sólidos orgánicos (RSO), se estimó el potencial teórico de producción de metano ( $703,67 \text{ m}^3/\text{mes}$ ) y se evaluaron alternativas de biodigestores, concluyendo que el más adecuado sería un reactor CSTR de régimen continuo.

Es importante acotar que, este estudio aporta significativamente a la presente investigación al demostrar la viabilidad técnica y ambiental de implementar biodigestores como solución para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos, enmarcados en un enfoque de economía circular. Sus hallazgos permiten orientar el diseño de sistemas similares en contextos rurales como la finca Los Horqueteros, donde también se generan desechos agropecuarios con potencial energético. Además, la metodología utilizada que combina diagnóstico de residuos, estimación energética y evaluación de alternativas tecnológicas sirve como base referencial para estructurar un modelo integral adaptado a las condiciones técnicas, ambientales y sociales del entorno rural venezolano.

En quinto lugar, Campozano Villegas (2021) presentó la investigación titulada: “Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua para Consumo Humano para la Parroquia Membrillal del Cantón Jipijapa”. Esta tesis se realizó en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Técnicas, Carrera de Ingeniería Civil, como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, con el objetivo general de diseñar una planta de tratamiento de agua para consumo humano en dicha parroquia.

Por otra parte, la investigación se caracterizó por combinar un método bibliográfico, para recopilar y revisar la normativa y antecedentes en potabilización, y un método deductivo, partiendo de hipótesis de diseño que luego fueron comprobadas con cálculos concretos en cada unidad de tratamiento.

Se tomó una muestra de agua cruda del río local, se evaluaron sus parámetros físico-químicos y microbiológicos siguiendo los métodos de referencia BAM CAP 04 FDA y Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23<sup>a</sup> Ed.), y a partir de ahí se dimensionaron las etapas de aireación, sedimentación, filtración y desinfección. Los resultados

permitieron estimar la población a 25 años, las dotaciones de servicio y los caudales de diseño (p. ej. QPT = 4,27 L/s), así como el área y volúmenes de los procesos unitarios. Con base en estos cálculos se elaboraron planos hidráulicos y estructurales, y se confeccionó un presupuesto para la ejecución de la planta.

Es importante acotar que, gracias a este enfoque de diseño detallado, esta investigación aporta a la tesis de Los Horqueteros un marco riguroso para dimensionar sistemas de tratamiento de agua adaptados a condiciones rurales de baja cobertura, estableciendo procedimientos y fórmulas que pueden aplicarse para optimizar la gestión hídrica en la finca, garantizar el suministro seguro de agua y cerrar ciclos de uso dentro de un modelo de economía circular.

### **2.1.2 Nacionales**

En primer lugar, Morillo Piña, Parragué Moraga y Dudamell Graterol (2022) presentaron la investigación titulada: “**Importancia de los bioinsumos agrícolas en la economía circular**”. Este artículo fue publicado en *Revista In Situ* de la Universidad Nacional Experimental del Yaracuy (UNEFA) como parte de la línea de investigación en bioeconomía, con el objetivo de analizar el papel de los bioinsumos agrícolas dentro de los modelos de producción basados en economía circular.

Por otra parte, la investigación se caracterizó por ser de tipo cualitativo, exploratorio descriptivo, fundamentada en una revisión documental exhaustiva de fuentes secundarias sobre economía circular, desarrollo de bioinsumos y bioeconomía. En donde, se abordaron aspectos como los problemas generados por la fertilización tradicional, las tendencias en ecodiseño y la clasificación funcional de bioinsumos (biofertilizantes, bioestimulantes y biocontroladores).

Los resultados determinaron que los bioinsumos permiten reducir la generación de residuos y emisiones de gases de efecto invernadero, se ajustan a estrategias de ecodiseño (p.ej., UNE-EN ISO 14006:2011) y ofrecen una alternativa viable para sustituir parcial o totalmente a

los agroquímicos, contribuyendo a la sostenibilidad social, económica y ambiental. Por lo tanto, se concluyó la necesidad de impulsar normativas de respaldo, políticas públicas y alianzas interinstitucionales para consolidar la bioeconomía en el sector agroalimentario.

Es importante acotar que, para la tesis de la finca Los Horqueteros, este antecedente aporta un marco conceptual y metodológico esencial: define las características y categorías de los bioinsumos agrícolas y establece los fundamentos del ecodiseño que pueden integrarse al sistema agroecológico de la finca. En particular, la aplicación de biofertilizantes, bioestimulantes y biocontroladores en los cultivos de Los Horqueteros favorecerá la fertilidad del suelo, reducirá la dependencia de agroquímicos y permitirá cerrar los ciclos de nutrientes en el modelo de economía circular de la finca.

En segundo lugar, Galindo y Marcano (2022) presentaron la investigación titulada: “Diseño de un biodigestor portátil agroecológico de flujo semicontinuo de cúpula fija, en la Comunidad de Barranca, Municipio General Pedro María Freites, Estado Anzoátegui.” Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, con el objetivo de proponer el diseño de un biodigestor que reutilice las aguas residuales de la comunidad para producir fertilizante, biogás y agua para riego.

Por otra parte, la investigación se caracterizó por ser de tipo descriptivo con investigación de campo, empleando observación directa, análisis e interpretación de datos documentales y visitas al área de estudio, además de cálculos hidráulicos (diámetro de tuberías, volúmenes, caudales) y estructurales (esfuerzo a corte, flexión y compresión), y elaborando planos en AutoCAD, un prototipo físico y una guía de operación y mantenimiento.

Los resultados evidenciaron que las aguas servidas de Barranca son aptas para su tratamiento agroalimentario; se dimensionó un biodigestor con capacidad de 10 130 L que genera entre 50 y 60 kg de fertilizante por ciclo, se produjeron planos 3D detallados y se desarrolló una guía de operación y mantenimiento con procedimientos claros para asegurar su funcionamiento óptimo.

Es importante acotar que, para la tesis de la finca Los Horqueteros, este antecedente aporta un modelo metodológico y práctico directamente aplicable al diseño y dimensionamiento del biodigestor en la finca. En particular, las técnicas de cálculo hidráulico y estructural, el prototipado y la guía de mantenimiento pueden replicarse para gestionar las aguas residuales agropecuarias de Los Horqueteros, contribuyendo al objetivo de economía circular y al uso eficiente del recurso hídrico.

En tercer lugar, Díaz-Arias (2022) presentó la investigación titulada: “Biogás: una fuente de energía para las generaciones futuras en la era post-petrolera”. Este artículo de revisión fue elaborado en la Universidad Politécnica Territorial de Yaracuy Arístides Bastidas, Yaracuy, Venezuela, con el objetivo de analizar la situación energética en la era post-petrolera y evaluar el potencial del biogás como fuente alternativa de energía para satisfacer la demanda futura en países en desarrollo.

Por otra parte, la investigación se caracterizó por ser de tipo revisión documental exhaustiva, abarcando publicaciones de los últimos veinte años (2002-2022) sobre energías alternativas (solar fotovoltaica, eólica y biogás), consultando bases de datos académicas, reportes de organismos internacionales y estudios de caso.

Los resultados mostraron que, aunque la solar y la eólica liderarán la transición energética, el biogás ofrece ventajas clave, reducción de emisiones de metano, gestión de

residuos orgánicos, producción de fertilizante de alta calidad y generación de empleo local, pero su crecimiento está limitado por la falta de políticas de estado integrales. Además, se concluyó la necesidad de adoptar un enfoque multisectorial e interinstitucional que promueva el biogás mediante incentivos, normativas y alianzas público-privadas para incorporarlo eficazmente en la matriz energética futura.

Es importante acotar que, para la tesis de la finca Los Horqueteros, esta investigación aporta un marco conceptual y metodológico esencial: demuestra cómo diseñar e integrar un biodigestor agropecuario dentro de un modelo de economía circular, resaltando la importancia de acompañarlo con planes de separación de residuos, políticas de respaldo y sistemas de monitoreo digital que garanticen la eficiencia energética y la sostenibilidad hídrica en la finca.

En cuarto lugar, Rodríguez-Antón y Durán-García (2021) presentaron la investigación titulada: “Control del biogás de vertedero en Venezuela y el resto del mundo. Entre los Acuerdos de Kioto y París”. Esta investigación se realizó en la Universidad Simón Bolívar como requisito para optar al grado de Magister en Desarrollo y Ambiente y Doctor en Desarrollo Sostenible, con el objetivo de identificar, mediante una revisión sistemática de la literatura, el marco institucional y las políticas públicas implementadas tras los Acuerdos de Kioto y París para el manejo y control del biogás generado en vertederos en Venezuela y compararlo con experiencias internacionales.

Por otra parte, la investigación se caracterizó por ser de tipo descriptivo y de revisión sistemática, abarcando el periodo 2000-2017. Se emplearon buscadores académicos (EBSCOhost, Google Académico), bases de datos especializadas (Fuente Académica Plus, Green File, Scielo, Redalyc) y documentos de organismos multilaterales (PNUD, CEPAL, UNFCCC). Además, inicialmente se identificaron 64 artículos mediante los descriptores “desechos” y

“biogás”, aplicando criterios de exclusión por duplicidad, rango temporal, metodología o relevancia, para finalmente analizar 28 estudios de manera detallada.

Los resultados evidenciaron mecanismos de política pública como incentivos tributarios, creación de normativas para estimular la inversión en tecnologías limpias, y estrategias para convertir vertederos a cielo abierto en rellenos sanitarios controlados. Además, se reconoció la oportunidad de inserción en el mercado de carbono y la necesidad de fortalecer la institucionalidad mediante la creación de una Autoridad Nacional Designada (ADN) para gestionar los Mecanismos de Desarrollo Sostenible, así como de promover programas de separación de residuos en origen.

Es importante acotar que, al vincularse directamente con la tesis de la finca Los Horqueteros, esta investigación aporta la base institucional y metodológica necesaria para justificar el diseño de un biodigestor en la finca. Además, muestra cómo las políticas públicas y el fortalecimiento institucional pueden respaldar la gestión de biogás a partir de los desechos agropecuarios generados por gallinas, ganado y cultivos en Los Horqueteros, aportando al modelo de economía circular y al objetivo de innovación social de la tesis.

En quinto lugar, Pimiento y Cárdenas González (2021) presentaron la investigación titulada: “Evaluación del tratamiento preliminar y primario para las aguas residuales del procesamiento industrial de alimentos en La Grita (Venezuela)”. Esta investigación fue realizada por Kleiver Pimiento (Alfatlantic C.A.) y Marco José Cárdenas González (UNET), publicada en INGE CUC (vol. 17, n.º 1), con el objetivo de evaluar el desempeño de las unidades de pretratamiento tanque de bombeo, tanque de igualación, coagulación/floculación y flotación por aire disuelto en una planta industrial de alimentos, para identificar deficiencias y proponer mejoras .

Por otra parte, la investigación se caracterizó por ser de tipo experimental y evaluativo de campo, desarrollada entre julio de 2018 y marzo de 2019. Se midieron caudales reales (0,95–2,84 L/s vs. 12,16 L/s de diseño), se analizaron parámetros físico-químicos (pH, SST,  $\text{DBO}_5$  ,  $\text{NH}_4$  , nitrógeno y fósforo) en cada unidad de tratamiento y se realizaron ensayos de coagulación- floculación (pruebas de jarras). Los resultados mostraron:

- **Reducción del pH** de  $6,10 \pm 0,23$  a  $5,34 \pm 0,23$ , atribuida a procesos anaeróbicos por alta retención.
- **Eficiencias** del 79 % en SST y 62 % en  $\text{DBO}_5$  en el DAF, pero **eliminación excesiva de nutrientes** ( $2,5 \pm 1$  mg N/L y  $9 \pm 4$  mg P/L), lo que desequilibra el tratamiento biológico siguiente.
- **Conclusiones:** el caudal y la calidad real del efluente difieren mucho del diseño original, afectando la coagulación y la dosificación de químicos, por lo que se requieren ajustes en tiempos de mezcla y puntos de inyección de coagulante.

Es importante acotar que, para la tesis de la finca Los Horqueteros, este antecedente aporta un protocolo sistemático de evaluación de pretratamientos de aguas residuales que puede adaptarse al contexto agropecuario: dimensionar correctamente los tanques de bombeo e igualación según variaciones de caudal, controlar el pH para optimizar procesos de coagulación/floculación, y valorar el uso de flotación por aire disuelto o métodos alternativos de separación de sólidos antes de la reutilización del agua en riego o producción de biogás en la finca.

## 2.2 Bases Teóricas

En esta parte se muestran las Bases Teóricas que respaldan la investigación, ordenadas según las variables establecidas en el estudio. Es importante resaltar que cada subsección elabora

los marcos teóricos y modelos más significativos obtenidos que aclaran los fenómenos de Innovación Social, Desarrollo Humano Sustentable y Economía Circular en la Administración Energética e Hídrica. Así, se ubica el problema de la finca Los Horqueteros en un marco teórico robusto, lo que facilita la comprensión de las raíces y la evolución de cada concepto esencial.

Mediante un estudio crítico, se analizan las teorías más relevantes, se determinan los postulados y se cotejan diversas perspectivas para establecer su utilidad en el contexto agroecológico. Además, este análisis no solo esclarece los conceptos y términos clave, sino que también muestra la postura del autor ante cada tendencia, garantizando consistencia entre los principios teóricos, los propósitos de la investigación y las hipótesis propuestas.

### ***2.2.1 Bases Teóricas de la Variable: Innovación Social***

**2.2.1.1. Teoría de la Innovación Social.** La teoría de la innovación social se enfoca en la creación de nuevas prácticas, servicios o modelos que cubren las demandas sociales de forma más eficiente y sostenible que las respuestas convencionales. De acuerdo con Maestre, Páez, Lombana y Vega (2021), este concepto empezó a evolucionar desde 2006, lo que demuestra su naturaleza naciente en el ámbito académico y su persistente elaboración teórica. Además, se percibe como un concepto reciente en su fase de consolidación, lo que aclara la variedad de definiciones y métodos que conviven en la literatura.

En esencia, la innovación social se centra en el fortalecimiento de la comunidad y en el trabajo conjunto entre sectores. En donde, es comprendido que las redes de participantes, como las ONG, el gobierno, el sector privado y los ciudadanos, desempeñan un papel crucial, ya que es en la interacción entre estos donde se generan soluciones de gran repercusión social. Además, esta perspectiva desafía la percepción convencional de que la innovación es un proceso confinado y tecnológico, ubicándola en un entorno socio institucional donde el capital social y la confianza tienen la misma importancia que los métodos o instrumentos utilizados.

En términos metodológicos, las investigaciones sobre innovación social han utilizado tanto análisis bibliométricos para trazar el desarrollo del concepto, las tendencias y los autores más destacados como estudios de caso que registran procesos locales de creación, prototipado y escalado. Por lo tanto, este doble enfoque facilita entender no solo la evolución teórica del concepto, sino también su utilidad práctica al elaborar políticas públicas y estrategias de intervención comunitaria.

Desde el punto de vista de la finca Los Horqueteros, ubicar el problema de investigación en el marco de la teoría de la innovación social significa examinar cómo las prácticas de participación y las colaboraciones institucionales pueden potenciar la implementación de un sistema completo de economía circular. En este contexto, la tesis adoptará un enfoque crítico hacia los métodos de gobernanza colaborativa, valorando tanto los procesos de generación de valor conjunta como los resultados en relación a la cohesión y el bienestar de la comunidad.

**2.2.1.2. Capital Social.** La teoría del capital social de Robert Putnam, tal como la analiza Urteaga, coloca el foco en la sociedad como unidad de observación y en el ciudadano comprometido como actor clave. Según Urteaga (2013), lo que dice Putnam da a entender el capital social como las redes, las normas y la confianza que permiten la cooperación y coordinación para beneficios mutuos, y plantea que el capital social se acumula con el uso y facilita la vida, reconciliando el interés individual y el interés general. Bajo este enfoque, comunidades con elevados grados de participación cívica y agrupaciones voluntarias establecen reglas de reciprocidad y confianza que indican resultados sociales, políticos y económicos superiores. Por lo tanto, esto convierte al capital social en un instrumento estratégico para la puesta en marcha colectiva de prácticas sostenibles.

Sin embargo, Urteaga también muestra las deficiencias y tensiones en el discurso de Putnam: percibe confusión conceptual, circularidad en ciertas definiciones y una retórica que en ocasiones subraya la vulnerabilidad de su tesis principal, además del uso discutible de algunos indicadores que podrían subestimar o malinterpretar la existencia auténtica de capital social en distintos contextos. Además, esta crítica exige no aceptar de manera mecánica que la presencia de redes implica una colaboración eficaz; en cambio, requiere una evaluación contextualizada y reflexiva de la confianza, la participación y la reciprocidad, ajustando los instrumentos al entramado social particular de Los Horqueteros.

En el marco de la tesis, el capital social se opera como variable que articula la innovación social: su fortalecimiento mediante mecanismos de participación, co-gestión y empoderamiento puede amplificar la adopción y sostenibilidad de un sistema integral de economía circular. Al reconocer tanto su potencial como sus limitaciones teóricas y empíricas, la investigación adopta una posición crítica: utilizará el concepto como guía para diseñar procesos colaborativos, pero validará localmente su presencia y calidad antes de inferir efectos en el nivel de sostenibilidad integral.

**2.2.1.3. Empoderamiento Social.** El empoderamiento social se define como el proceso de formación de autonomía, poder, confianza y otros recursos indispensables para fomentar transformaciones y trazar ruta hacia un futuro más prometedor. De acuerdo con Martínez (2022), este fenómeno sucede tanto a nivel personal, permitiendo a los individuos obtener recursos internos y externos para tomar decisiones acerca de su ambiente y estilo de vida. Además, a nivel colectivo, centrado en entidades e instituciones que posibilitan a grupos desfavorecidos el acceso a bienes materiales, salud, educación, sensación de pertenencia y posibilidades económicas.

Desde la perspectiva del empoderamiento social, el impulso de la autoeficacia y la conciencia crítica son elementos clave que desmantelan obstáculos de exclusión y regulan la voluntad de los participantes para involucrarse en procesos de cambio comunitario. Al identificar y eliminar los bloqueos de poder directos (estructuras que obstaculizan el acceso a la educación, trabajo o vivienda) e indirectos (narrativas internalizadas de inferioridad), se promueve un ambiente favorable para la acción grupal y la capacidad de resistencia social.

En el marco de la teoría del empoderamiento social, la tesis busca examinar cómo las acciones como talleres comunitarios, espacios de co-gestión y vías de comunicación participativa pueden crear las condiciones de confianza y agencia requeridas para que productores y habitantes adopten y mantengan el sistema integral de economía circular. Así, el empoderamiento social no solo se interpreta como una meta en sí misma, sino también como un instrumento para la puesta en marcha y la factibilidad de las innovaciones técnicas y organizativas sugeridas.

**2.2.1.4. Gobernanza Colaborativa.** La gobernanza colaborativa se define como un método de decisión participativa donde participantes de los sectores público, privado y comunitario colaboran para establecer metas compartidas, compartir recursos y responsabilidades, y elaborar políticas o iniciativas que enfrenten problemas sociales complejos con un alto nivel de transparencia e inclusión.

Además, de acuerdo con Jain (2024), este modelo impulsa el uso óptimo de recursos y la innovación en la solución de problemas, al fusionar las visiones y saberes de diversos actores involucrados, lo que promueve el acuerdo y robustece la confianza y las redes de cooperación a largo plazo.

Es crucial destacar que, en el caso de la finca Los Horqueteros, la gobernanza colaborativa proporciona un esquema estratégico que incluye a productores, técnicos, autoridades locales y comunidades vecinas en la administración conjunta de los sistemas de economía circular. Mediante la creación de comités diversos y sistemas de conversación constante, se podrá asegurar la sostenibilidad y la capacidad de adaptación de las prácticas puestas en marcha, desde la creación del biodigestor hasta la administración de aguas residuales.

**2.2.1.5. Aprendizaje Social.** La teoría del aprendizaje social, desarrollada por Albert Bandura, postula que el aprendizaje ocurre al observar e imitar comportamientos de otras personas, integrando tanto elementos ambientales como cognitivos que modelan la forma en que las conductas se adquieren y reproducen. Según lo explicado por Cherry (2024), las personas aprenden a través de la observación, la imitación y el modelado, y esa obtención se ve influenciada por elementos como la atención, la motivación, las posturas y las emociones. Adicionalmente, esta perspectiva se aleja de las teorías puramente conductistas y cognitivas al admitir que el refuerzo no requiere ser directo, sino que puede ser vicario, de tal manera que las gratificaciones o sanciones que el observador percibe influyen en su predisposición a adoptar nuevas conductas.

El proceso de aprendizaje social se organiza en cuatro fases fundamentales: atención, para centrarse en los estímulos pertinentes; retención, para guardar la información percibida; reproducción, al llevar a cabo el comportamiento observado; y motivación, que establece si el comportamiento se replica o no. Además, estas etapas son cruciales para que el aprendizaje observacional se refleje en una modificación eficaz de conducta, dado que cada una de ellas debe realizarse de manera secuencial para que la imitación sea perdurable y funcional.

Dentro del marco de la finca Los Horqueteros, esta teoría propone que las prácticas de economía circular se implementarán de manera más efectiva si los productores y la comunidad se involucran en sesiones de modelado y demostraciones prácticas (como el uso de biodigestores o métodos de reúso de agua), creando un efecto bola de nieve, en el que cada nuevo integrante fortalece y propaga el aprendizaje al resto del grupo, garantizando que el saber se propague de manera equitativa

### ***2.2.2 Bases Teóricas de la Variable 2: Desarrollo Humano Sustentable***

**2.2.2.1. Desarrollo Sustentable.** Se entiende por desarrollo sustentable a un modelo de desarrollo social que, de acuerdo con Editorial Etece (2025), aspira a balancear las demandas económicas e industriales con el bienestar social y la preservación del medio ambiente, de tal forma que el crecimiento económico no amenace la supervivencia del planeta. En su núcleo, este método busca un equilibrio equilibrado entre los tres pilares de la sostenibilidad económica, ambiental y social a través de prácticas conscientes de aprovechamiento de recursos, análisis de impactos y la adopción de tecnologías ecológicas.

Igualmente, el Informe Brundtland de 1987 estableció esta noción al indicar que el desarrollo sustentable es "La capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades". Por lo tanto, esta definición enfatiza dos ideas fundamentales: la igualdad entre generaciones y la exigencia de políticas a largo plazo que incorporen estrategias de preservación y aprovechamiento eficaz de los recursos.

Para la tesis de la finca Los Horqueteros, encuadrar el estudio en la teoría del desarrollo sustentable implica:

- Análisis de prácticas de gestión de recursos hídricos y energéticos que garanticen la suficiencia actual sin agotar las condiciones del entorno para las próximas generaciones.
- Evaluación de indicadores sociales (salud, educación, cohesión comunitaria) y económicos (generación de ingresos, eficiencia productiva) en paralelo con métricas ambientales (calidad de agua, emisiones de biogás).
- Propuesta de estrategias como sistemas de reúso de aguas grises y generación de biogás diseñadas para cerrar ciclos de recurso y fortalecer el equilibrio entre los tres pilares.

**2.2.2.2. Economía Circular.** Se entiende por economía circular a un modelo de producción que transforma el paradigma lineal de "producir-usar-desechar" en un ciclo constante de utilización de recursos. Según El Parlamento Europeo, la economía circular sugiere un ciclo constante de utilización de bienes: compartir, alquilar, reparar y reciclar productos tantas veces como sea factible, prolongando de esta manera su vida útil y creando valor adicional.

En términos prácticos, esta estrategia tiene como objetivo reducir al mínimo la producción de desechos, manteniendo los materiales en circulación a través de procesos de reciclaje y reacondicionamiento. Por ello, esto conlleva un rediseño consciente de productos y embalajes desde la etapa de concepción.

Además de sus ventajas medioambientales, la adopción de un modelo circular presenta evidentes beneficios socioeconómicos: la adopción de un modelo circular puede incrementar la competitividad, fomentar el desarrollo económico y crear nuevas oportunidades de trabajo. Por lo tanto, este elemento demuestra que el cambio hacia la circularidad no solo disminuye la presión sobre los recursos naturales, sino que también fomenta la innovación en la creación de

productos y la generación de oportunidades de trabajo en áreas en ascenso de reparación, mantenimiento y reciclaje.

En el contexto de la finca Los Horqueteros, encuadrar el estudio en la economía circular implica evaluar el diseño de sistemas integrados de reúso de agua y recuperación de nutrientes, dimensionar ciclos de producción de biogás y biofertilizantes, y rediseñar protocolos de gestión de residuos orgánicos para maximizar la eficiencia de recursos y enriquecer la autonomía agroecológica de la finca.

**2.2.2.3. Gobernanza Ambiental.** La gobernanza ambiental comprende, según Wikipedia (s.f) “el conjunto de reglas, prácticas y entidades institucionales que enmarcan la gestión del ambiente en sus distintas modalidades (conservación, protección, explotación de recursos naturales, etc.)”. Además, Este enfoque sitúa la administración de los ecosistemas en un marco de colaboración entre actores estatales, privados y comunitarios, subrayando la dimensión planetaria de desafíos como el cambio climático o la pérdida de biodiversidad.

No obstante, a pesar de la firma de múltiples tratados multilaterales en las últimas décadas, su aplicación efectiva a escala nacional y regional ha sido insuficiente, lo que ha propiciado que continúe el deterioro de los recursos naturales. Dado que, este problema entre la elaboración de políticas y su implementación real pone de manifiesto la importancia de robustecer los mecanismos de supervisión, responsabilidad y participación ciudadana en todos los estratos de gobernabilidad.

Dentro del contexto de la tesis de la finca Los Horqueteros, esta propuesta teórica resalta la relevancia de crear estructuras de administración cooperativa para la gestión del agua y la energía, incorporando comités locales, sistemas de vigilancia conjunta y vías de conversación constante. Así, la gobernanza ecológica se transforma en el cimiento para asegurar la

sostenibilidad y la equidad en la utilización de los recursos dentro del sistema completo de economía circular.

**2.2.2.4. Economía Regenerativa.** La teoría de económica regenerativa sugiere una transformación significativa al interpretar la economía no como un proceso de consumo lineal de recursos, sino como un sistema enfocado en la renovación de los activos que mantienen nuestro bienestar. Según Wikipedia, la economía regenerativa es un sistema económico que se enfoca en la regeneración de los activos de capital, entendiendo que los bienes naturales y sociales no deben desvanecerse, sino preservarse y robustecerse con el paso del tiempo.

Lo que verdaderamente diferencia este método de la teoría económica tradicional es su énfasis en valorar de manera explícita los recursos esenciales: considera y otorga un valor económico específico a los bienes iniciales: la tierra y el sol. Así, los servicios ecosistémicos y la energía solar son incluidos en el cálculo económico, evitando las "externalidades" negativas características de un modelo enfocado exclusivamente en el crecimiento.

Los fundamentos de la economía regenerativa abarcan, entre otros aspectos, la circulación de recursos en múltiples escalas, la reinversión regenerativa, la conservación de entradas confiables, la generación de salidas saludables, la diversidad funcional y el aprendizaje colectivo adaptable. Por lo tanto, estos componentes, en conjunto, aspiran a potenciar la resistencia de todo el sistema, comprendiendo que cada subsistema ya sea una finca, una comunidad o un ecosistema debe tener la capacidad de auto mantenerse y aportar a la regeneración global.

Para la tesis de la finca Los Horqueteros, la implementación de esta teoría conlleva la creación de procesos agroecológicos como biodigestores, humedales creados o circuitos de nutrientes que no solo administren sus desechos y aguas grises, sino que también aporten materia

y energía al medio ambiente, completando así de manera efectiva el ciclo de recursos. Por lo tanto, el modelo sugerido busca asegurar que la finca no sea simplemente un consumidor de recursos, sino un agente regenerativo que mejore la calidad del suelo, del agua y del capital social de la comunidad en cada ciclo de producción.

**2.2.2.5. Medioambiente.** La noción de medioambiente se enmarca en un sistema complejo donde confluyen elementos naturales y humanos para sostener la vida en la Tierra. En su definición más integral, se entiende que “el medioambiente es el entorno que sostiene la vida en la Tierra, compuesto por factores bióticos, abióticos y elementos artificiales generados por el ser humano” (BBVA, 2025). Por esta razón, esta perspectiva resalta la interrelación entre los elementos vivos (flora, fauna, microorganismos), los inertes (suelo, agua, aire) y las estructuras sociales (infraestructura, cultura, usos del suelo), enfatizando que cualquier modificación en uno de estos subsistemas impacte en el balance global.

Los servicios ecosistémicos, que comprenden la suministran de recursos (agua, nutrientes, alimentos), la regulación de procesos (clima, calidad del aire, polinización) y la asistencia a ciclos biogeoquímicos, son manifestaciones palpables de esta interconexión. Por otro lado, se mide la calidad ambiental mediante indicadores como la calidad del agua, la biodiversidad y los grados de contaminación, lo que evidencia la habilidad del sistema para preservar su operatividad y resistencia frente a alteraciones.

Sin embargo, la presión antrópica ha llevado a un acelerado deterioro de estos sistemas. De hecho, “Sin embargo, hoy entre el 60 % y el 70 % de los ecosistemas del mundo se está degradando más rápido de lo que pueden recuperarse” (BBVA, 2025). Lo cual, es un dato que pone de manifiesto la urgencia de implementar estrategias de gestión integrada que consideren la capacidad de carga ambiental, los límites planetarios y la regeneración de recursos.

Dentro del marco de la tesis de la finca Los Horqueteros, este marco teórico sostiene la importancia de elaborar soluciones que se encuentren en sintonía con el medio ambiente. Por ejemplo, la edificación de humedales para el tratamiento de aguas grises no solo debería priorizar la eficacia de la depuración, sino también la conservación de la biodiversidad y la reposición del acuífero local. Asimismo, la implementación de biodigestores para desechos orgánicos debe organizarse teniendo en cuenta el ciclo de nutrientes y la liberación regulada de gases, para que cada acción técnica aporte al robustecimiento del medio ambiente en general.

**2.2.2.6. El Capital Humano.** La noción de capital humano enfatiza que “Las personas que conforman una organización, con su conjunto único de conocimientos, habilidades y experiencia, representan el activo máspreciado de cualquier compañía” (REPSOL, s.f). Por ello, se reconoce que el equipo humano va más allá de un rol colaborativo, ejerciendo como motor de productividad, creatividad y flexibilidad organizacional.

Bajo esta perspectiva, la administración de la finca Los Horqueteros debe incorporar programas de formación y desarrollo de habilidades que potencien la implementación de tecnologías de economía circular, tales como biodigestores y humedales edificados, a la vez que promuevan la dedicación y la permanencia del talento local. Por lo tanto, la inversión en capital humano no solo mejora los procesos técnicos, sino que también fomenta una cultura organizativa resistente y enfocada en el aprendizaje constante, elemento esencial para la sostenibilidad global de la comunidad.

Además, el capital humano trasciende la idea de simple colaboración, puesto que “los empleados no son simples colaboradores, sino la fuerza que impulsa la productividad, la innovación y la capacidad de adaptación de una organización” (REPSOL, 2025). Así, la

inversión en su crecimiento mediante formación, bienestar y posibilidades de avance se transforma en un elemento crucial para alcanzar metas y la sostenibilidad a largo plazo.

Dentro del marco de la finca Los Horqueteros, la implementación de la teoría del capital humano conlleva la creación de estrategias de capacitación constante y mecanismos de participación que aprecien la importancia de cada agricultor y empleado. Por lo tanto, no solo se garantizan procesos más eficaces en la gestión de biodigestores y sistemas de reutilización de agua, sino que también se potencia el sentimiento de pertenencia y el fortalecimiento de la comunidad, factores esenciales para la implementación y conservación de un sistema completo de economía circular.

**2.2.2.7. Reciclaje.** El reciclaje se define como el proceso mediante el cual los materiales de desecho se transforman en nuevas materias primas o productos, con el fin de prolongar su vida útil y reducir la acumulación de residuos en el entorno. En este sentido, según Editorial Etece (2021) “reciclar implica convertir desechos en materia prima u otros productos”, lo cual permite reintegrar al ciclo productivo materiales provenientes de industrias y consumo cotidiano, disminuyendo la demanda de recursos vírgenes y los impactos asociados a su extracción.

Desde un punto de vista ecológico, el reciclaje es un instrumento esencial para la regulación de la contaminación, dado que evita la dispersión de desechos en terrenos y cuerpos de agua. Al reciclar materiales como cartón, vidrio, aluminio, papel y plásticos, se reducen los impactos adversos en los procesos biológicos y los ciclos naturales, ya que "Reciclar es una forma de combatir la contaminación de los suelos y mares, ya que la presencia prolongada de basura en ellos acarrea cambios impredecibles en sus procesos bióticos y ecológicos." (Editorial Etece, 2021)

Para la tesis de la finca Los Horqueteros, el reciclaje se posiciona como un elemento esencial en el sistema completo de economía circular: no solo guía el diseño de los flujos de desechos sólidos (embalajes, empaques y subproductos agrícolas), sino que también define los fundamentos metodológicos para aplicar técnicas de separación en origen, recolección selectiva y procesos de valorización, asegurando de esta manera un uso eficaz de los recursos y la disminución de la huella

### ***2.2.3 Bases teóricas de la Variable 3: Gestión de Agricultura, Ganadería, Energía y Agua***

#### **Agroecología**

La agroecología se concibe como “la ciencia, el movimiento y la práctica de aplicar procesos ecológicos en los sistemas agrícolas” (Wikipedia, s.f), incorporando no únicamente los elementos biológicos y ambientales, sino también los conocimientos tradicionales de comunidades rurales e indígenas para maximizar la producción de forma sustentable. Por lo tanto, este enfoque integral reconoce al agroecosistema como unidad de análisis, en el que factores socioculturales, técnicos y económicos se entrelazan para optimizar la eficacia de los recursos y preservar la capacidad del sistema para resistir alteraciones.

De acuerdo con Wikipedia, sus principios esenciales incluyen: el reciclaje de nutrientes, la optimización de la eficiencia energética, el desarrollo de la diversidad biológica, la regulación natural de plagas y la creación de sinergias entre elementos culturales y ecológicos. En donde, estas pautas no proporcionan recetas estrictas, sino que promueven la creación de prácticas específicas al entorno local, desde la elección de cultivos y variedades adaptadas, hasta la inclusión de barreras vivas y policultivos, con el fin de finalizar ciclos de materia y energía de manera autónoma.

En la tesis de la finca Los Horqueteros, el enfoque teórico de la agroecología conlleva la adopción de un modelo de administración agrícola que utilice los desechos orgánicos y las aguas

grises mediante biodigestores y humedales edificados, promoviendo la agrobiodiversidad y consolidando la soberanía alimentaria. Además, este método apoya la construcción conjunta de saberes con los productores locales, asegurando que las intervenciones técnicas se diseñen y ajusten de forma colaborativa, fomentando de esta manera un sistema de producción genuinamente integrado y regenerativo.

**2.2.3.1. Biogás.** El biogás se define como un combustible renovable generado por la descomposición de residuos orgánicos en ausencia de oxígeno. En este sentido, “el biogás es un tipo de gas renovable que se obtiene a partir de los desechos orgánicos de industrias como la alimentaria, la agrícola o la ganadera” (REPSOL, s.f). Por lo que, este proceso, ocurre en un biodigestor donde microorganismos especializados transforman la materia biodegradable en una mezcla de metano, dióxido de carbono y trazas de otros gases.

La generación de biogás se realiza mediante un ciclo de cuatro etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, que posibilita la liberación de energía acumulada en sustancias orgánicas y la generación de un gas con gran capacidad calorífica. Aparte de su utilidad energética, según REPSOL (s.f), la conversión de desechos en gases de combustión de baja huella de carbono facilita la disminución del volumen de residuos que se acumulan en los vertederos, lo que produce un efecto beneficioso en el entorno y desempeña un rol crucial en el proceso de descarbonización

Dentro del marco de la finca Los Horqueteros, el biogás se incorpora como un elemento esencial del sistema de economía circular, mediante la transformación de los desechos agropecuarios estiércol, residuos de cosecha y aguas residuales en energía térmica o eléctrica y en biofertilizante obtenido del proceso de digestión. Así pues, este método no solo concluye los ciclos de nutrientes y reduce la producción de residuos, sino que también fomenta la

independencia energética y la disminución de emisiones, en consonancia con los principios de sostenibilidad y autogestión del modelo completo.

**2.2.3.2. Biodigestores.** El biodigestor es un reactor anaeróbico hermético diseñado para aprovechar los residuos orgánicos de origen animal y vegetal. Tal como señala Fundación Aquae (2021), “los biodigestores se presentan como una tecnología que permite dar una segunda oportunidad a los residuos para generar energía de manera sostenible”. Prácticamente, en su funcionamiento, estos sistemas conducen la materia biodegradable a través de las fases de hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, produciendo una mezcla rica en metano, el biogás y un efluente líquido cargado de nutrientes.

Un biodigestor, según la Fundación Aquae (2021), es un contenedor cerrado de forma hermética que contiene residuos orgánicos de origen vegetal o animal. Pues, en este espacio aislado del oxígeno, los microorganismos degradan la materia y generan dos productos de valor:

- Biogás: enviado a un motor o caldera para generar calor o electricidad, esto posibilita el reciclaje de la energía presente en los desechos y disminuye la necesidad de combustibles fósiles.
- Efluente líquido: cargado con nutrientes como nitrógeno y fósforo, este puede ser reutilizado después de un tratamiento secundario (como construir humedales o realizar una filtración sofisticada) para el riego de cultivos, finalizando así el ciclo de agua y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema.

Así, la creación de un biodigestor para la finca Los Horqueteros no solo convierte los residuos agropecuarios en fuentes de energía, sino que también permite la recuperación y "reciclaje" del agua residual, junto con la potencial producción de microorganismos que podrían

generar bioinsumos, integrándola al esquema de economía circular de la finca y garantizando un uso óptimo de los recursos existentes.

**2.2.3.3. Agricultura de Precisión.** La agricultura de precisión se fundamenta en el uso intensivo de tecnologías digitales para ajustar las prácticas de cultivo a las condiciones específicas de cada parcela. Esta modalidad, como explica BBVA, consiste en “Este tipo de agricultura mide las cualidades de los cultivos, del suelo y los factores climáticos para aplicar el mejor tratamiento en el lugar y el momento justos” (BBVA, 2024). De este modo, se abandona el modelo uniforme de aplicación de insumos y se recurre a sensores, imágenes satelitales y sistemas de información geográfica (SIG) que aportan datos precisos sobre humedad, nutrientes y estrés vegetal.

La incorporación de vehículos autónomos (drones), tractores equipados con GPS y estaciones meteorológicas locales facilita, además, la automatización de tareas de riego y fumigación, asegurando que cada operación se realice con la dosis y frecuencia ideales. Adicionalmente, este control granular promueve un considerable ahorro de agua, dado que el riego por áreas de descarga variable se adapta a las necesidades reales de la planta, en concordancia con los principios de economía circular al minimizar pérdidas y promover el reúso de aguas tratadas. Igualmente, la capacidad de seguimiento que brinda la digitalización proporciona claridad al consumidor y genera posibilidades para obtener certificaciones de sostenibilidad.

Dentro del contexto de la finca Los Horqueteros, la implementación de la agricultura de precisión podría posibilitar la creación de una red de sensores de humedad y pH en el terreno, vinculados a una plataforma digital que guíe la administración del agua y la nutrición de los cultivos, representando una propuesta innovadora y futurista para la finca Los Horqueteros.

Adicionalmente, este método no solo mejora la utilización del agua y los fertilizantes, sino que también fortalece la resistencia del sistema agroecológico, garantizando que cada gota y cada grano de recurso se utilicen de manera eficaz dentro del ciclo cerrado de recursos que fomenta la tesis.

**2.2.3.4. Bioenergía.** La bioenergía se basa en la habilidad para transformar la biomasa, desechos orgánicos provenientes de plantas o animales en formas de energía valiosas, utilizando la energía solar acumulada durante el proceso de fotosíntesis. Hoy en día, de acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (ISO, s.f), este recurso renovable cubre cerca del 10% de la demanda energética mundial y proporciona cerca de la mitad de toda la energía renovable utilizada en el planeta, lo que evidencia su importancia como opción frente a los combustibles fósiles.

Este modelo ofrece dos beneficios: en primer lugar, favorece la administración sostenible de desechos, ya que convierte residuos agropecuarios e industriales en recursos energéticos; en segundo lugar, produce energía accesible y asequible a la demanda, superando la intermitencia de otras energías renovables como la solar o la eólica.

Los principales procesos para producir bioenergía incluyen:

- Combustión directa, en la que la biomasa se quema para generar calor o mover turbinas de vapor.
- Digestión anaeróbica, donde microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, liberando metano (biogás) con alto poder calorífico.
- Conversión termoquímica (pirólisis y gasificación), que descompone la biomasa a alta temperatura para obtener gases de síntesis, bioaceites y biocarbón.

Los materiales pueden variar desde astillas de madera y desechos agrícolas (como paja, cáscaras, estiércol) hasta cultivos energéticos cultivados específicamente para este propósito. Por lo tanto, la selección de la materia prima y la tecnología establece la factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto.

En la finca Los Horqueteros, la implementación de la bioenergía implica la incorporación de biodigestores que no solo generen metano para generar calor o electricidad, sino que, al tratar los efluentes líquidos derivados, posibiliten el reaprovechamiento del agua para irrigación o limpieza, finalizando así tanto los ciclos energéticos como los de agua en un sistema de economía circular.

**2.2.3.5. Digestión Anaeróbica.** La digestión anaeróbica es un proceso biotecnológico en el cual comunidades microbianas transforman la materia orgánica en ausencia total de oxígeno. En este sentido, “la digestión anaeróbica es el proceso por el cual microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno”. (Wikipedia, s.f). Por eso, esta vía metabólica permite la descomposición de compuestos complejos polisacáridos, lípidos y proteínas en diversos productos, sobresaliendo el metano y el dióxido de carbono, que posteriormente pueden ser utilizados como fuente de energía. Además, este procedimiento produce una variedad de gases, siendo el dióxido de carbono y el metano los más predominantes.

El mecanismo se estructura en cuatro etapas secuenciales:

- Hidrólisis, donde las macromoléculas se fragmentan en monómeros mediante enzimas hidrolíticas;
- Acidogénesis, en la que las moléculas simples se convierten en ácidos grasos volátiles;
- Acetogénesis, etapa en la que dichos ácidos se transforman en acetato, hidrógeno y  $\text{CO}_2$  ;

- Metanogénesis, fase final en la que arqueas especializadas producen metano y CO<sub>2</sub> a partir del acetato y el hidrógeno.
- Factores como la temperatura y el pH influyen de manera determinante en la eficiencia del proceso: mantener un rango termófilo o mesófilo y un pH cercano a la neutralidad optimiza la actividad microbiana y el rendimiento de biogás.

Para la finca Los Horqueteros, el proceso de digestión anaeróbica constituye el soporte tecnológico del sistema de manejo de desechos orgánicos. Un biodigestor correctamente diseñado no solo genera biogás para consumo autónomo de energía, sino que también produce un efluente líquido rico en nutrientes, junto con la capacidad de generar bioinsumos mediante los microorganismos producidos. También, este líquido, después de un tratamiento secundario (por ejemplo, creación de humedales o filtrado), puede ser reutilizado para riego, incorporando de esta manera un ciclo circular de agua en el modelo de economía circular de la propiedad.

**2.2.3.6. Bioinsumos Agrícolas.** Los bioinsumos se conciben como productos biológicos derivados de organismos vivos microorganismos, extractos botánicos o compuestos bioactivos cuyo propósito es mejorar la salud del cultivo y del suelo mediante mecanismos naturales. Según, Arboleda (2021), “Los bioinsumos son un conjunto de productos claves dentro de la producción agrícola y es importante su integración dentro de los programas de manejo del cultivo.”

Dentro de este amplio grupo, los principales bioinsumos son: biopesticidas, bioestabilizadores, bioestimulantes, bioinoculantes, biocontroladores y biofertilizantes.

Cada categoría cumple funciones específicas:

- Biopesticidas: utilizados para controlar plagas mediante agentes vivos o sus toxinas.
- Bioestabilizadores: mejoran la estructura y retención de agua del suelo.
- Bioestimulantes: promueven el crecimiento vegetal y la resistencia al estrés.

- Bioinoculantes: introducen microorganismos beneficiosos que favorecen la disponibilidad de nutrientes.
- Biocontroladores: regulan patógenos a través de microorganismos antagonistas o sustancias antimicrobianas.
- Biofertilizantes: suministran nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio) mediante procesos biológicos.

Estos productos aportan ventajas clave para la sostenibilidad agroecológica: reducen la dependencia de agroquímicos, minimizan el impacto ambiental y refuerzan el capital biológico del sistema de producción. En la finca Los Horqueteros, incorporar bioinsumos al sistema de economía circular conlleva la creación de protocolos de uso que optimicen la eficiencia de cada categoría, garantizando la regeneración del suelo, la regulación natural de las plagas y el incremento constante de la productividad sin poner en riesgo la salud del ecosistema.

### **2.3 Bases Legales**

En esta parte se expone el marco legal que valida y apoya la investigación, estructurando las leyes, reglamentos y regulaciones relacionadas con la gestión de desechos, agua, energía y la implicación de la comunidad en el escenario de la finca Los Horqueteros. Ya que, no se trata de reproducir de manera literal los textos legales, sino de proporcionar una interpretación parcial de sus contenidos fundamentales, detallando cómo cada norma se relaciona con el problema de investigación y con los objetivos concretos propuestos, especialmente en lo concerniente a sostenibilidad, gobernanza participativa y economía circular.

Se elige la Constitución, las leyes ambientales, de aguas, de desechos, de energías renovables y de derechos ciudadanos, y se estructura su estudio en base a su contribución al

diseño, puesta en marcha y sostenibilidad del sistema sugerido. En donde, se citará correctamente cada disposición para asegurar la trazabilidad y prevenir plagio, y se detallará de forma precisa su vínculo funcional con los elementos técnicos, sociales y organizativos del proyecto, fortaleciendo de esta manera la consistencia entre la base legal y la propuesta de intervención.

### **2.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), Artículo 127**

Para la Carta Magna, “toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado, y el Estado lo protegerá”. Por lo que, este precepto constitucional legitima cualquier iniciativa que busque garantizar la calidad del agua, el aire y los suelos en la finca, y ampara la participación comunitaria en la gestión ambiental.

Así pues, este marco posibilita la creación de indicadores y mecanismos (como comités comunitarios de co-diseño y supervisión) como métodos específicos para concretar ese derecho, y emplearlos para legitimar frente a autoridades y la comunidad en su conjunto, reforzando su legitimidad y apropiación. Además, facilita la negociación de respaldos institucionales y la defensa del proyecto ante resistencias, ya que se sitúa dentro de las responsabilidades constitucionales de preservación del medio ambiente.

### **2.3.2 Ley Orgánica del Ambiente (G.O. 5.833 Extraordinario, 22-12-2006)**

La **Ley Orgánica del Ambiente** de la República Bolivariana de Venezuela establece las disposiciones y principios rectores para la gestión del ambiente en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber del Estado y la sociedad, y desarrolla las garantías constitucionales de un ambiente seguro, sano y equilibrado (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela, 2006); incorpora además principios clave como la corresponsabilidad,

la prevención, la participación ciudadana, la tutela efectiva y la obligación de evaluar impactos antes de actuar.

Opera a través de una estructura institucionalizada: una Autoridad Nacional Ambiental desempeña el papel de rectoría y coordina políticas, planes y normas técnicas, demandando una planificación ambiental completa que equilibre lo económico, sociocultural y ecológico, incluyendo evaluación y prevención como elementos estructurales. Simultáneamente, establece la participación ciudadana como un derecho y un deber, promueve la educación en medio ambiente y establece esquemas de responsabilidad compartida y supervisión (preventiva y de seguimiento) en la administración ambiental, de manera que la comunidad no solo se convierte en receptora, sino también en actor y observador.

Respecto a la tesis, esta normativa respalda legalmente un modelo de intervención ambiental participativa y planificada: avala la inclusión de la dimensión ambiental en políticas y proyectos locales y exige la elaboración de la administración del agua y los ecosistemas con criterios de calidad y sostenibilidad (incluyendo la evaluación de impactos), y mantiene la organización colectiva a través de la responsabilidad compartida de la comunidad en su implementación y supervisión.

### ***2.3.3 Ley de Aguas (G.O. 38.040 Extraordinario, 02-01-2007)***

La Ley de Aguas, regula el agua como bien público estratégico, estableciendo su gestión integral con énfasis en sostenibilidad, prioridad para consumo humano y participación comunitaria (Asamblea Nacional, 2007).

Esta acción se realiza a través de una entidad (Autoridad Nacional de las Aguas, consejos de cuenca, planes integrales y concesiones) que exige que cualquier uso, reúso o descarga se realice con permiso y bajo criterios técnicos y de participación activa. Por lo tanto, según la tesis de Los Horqueteros, el proyecto debe comenzar con un análisis por cuenca, conseguir las

licencias pertinentes, organizar la gobernanza que incluya a la comunidad y dar prioridad al uso humano y a la preservación, garantizando de esta manera legitimidad jurídica y consistencia con la sostenibilidad requerida por la Ley.

#### ***2.3.4 Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (G.O. 38.764, 30-04-2006)***

La Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento regula la provisión, calidad, acceso y gobernanza de esos servicios, reconociéndolos como derechos y adaptando sus mecanismos a contextos rurales, con énfasis en equidad, eficiencia y sostenibilidad. (Asamblea Nacional de Venezuela, 2006)

Opera estableciendo una institucionalidad sectorial coordinada, asegurando acceso universal y de alta calidad, e incluyendo una participación comunitaria organizada, como, por ejemplo, a través de comités o audiencias, además de permitir soluciones descentralizadas y técnico-sociales para áreas rurales; todo esto con el objetivo de proporcionar el servicio con legitimidad social y responsabilidad conjunta.

Para la tesis de Los Horqueteros, esta norma da respaldo legal a un sistema hídrico circular y participativo: permite usar tecnologías rurales como humedales construidos y reúso para riego, y habilita espacios de ecodiseño y supervisión comunitaria que fortalecen apropiación y capital social, mientras que sus principios de calidad, eficiencia y coordinación guían los criterios técnicos y sociales de la propuesta.

#### ***2.3.5 Ley de Residuos y Desechos Sólidos (G.O. 38.068, 18-11-2004)***

La Ley de Residuos y Desechos Sólidos establece un régimen jurídico para minimizar la generación de residuos, proteger la salud y el ambiente, y promover la planificación, prevención y acceso a la información y participación ciudadana en su gestión (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela, 2004).

Opera a través de una institucionalidad gradual (planes a nivel nacional, estatal y local), principios de administración integral, responsabilidad compartida, educación en medio ambiente, involucramiento organizado de la comunidad y mecanismos de supervisión como la contraloría social, de manera que la administración no sea únicamente técnica, sino también socialmente monitorizada y validada.

Para la tesis de Los Horqueteros, esta ley legitima y obliga a incorporar un sistema de gestión de residuos que combine prevención en la fuente, separación, aprovechamiento y educación comunitaria, con gobernanza participativa y vigilancia social; exige que el diseño esté articulado con planes locales y que la comunidad tenga voz activa en control y co-diseño, fortaleciendo la sostenibilidad y la legitimidad del proyecto.

### ***2.3.6 Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (G.O. 6.129 Extraordinario, 21-11-2016***

La Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía, tiene por objeto promover y orientar el uso racional y eficiente de la energía para preservar los recursos naturales, minimizar impactos ambientales y sociales, y contribuir al bienestar y equidad mediante políticas, educación energética y certificaciones (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela, 2011); declara ese uso como de interés social, público y prioridad nacional.

Se ejecuta a través de lineamientos y políticas dictadas por el Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de energía eléctrica, con coordinación interinstitucional, creación de unidades de gestión energética, seguimiento y evaluación de planes, y participación del Poder Popular en diseño, ejecución y contraloría social.

Para la tesis, la norma da respaldo legal para incorporar gestión energética articulada al sistema hídrico rural: exige crear una unidad de gestión energética local con capacidad de seguimiento y control, obliga al diseño con criterios de uso racional y eficiente, y habilita la

participación comunitaria como contraloría social, fortaleciendo así la sostenibilidad y gobernanza del sistema integrado

### ***2.3.7 Ley sobre Energías Renovables y Alternativas***

La Ley sobre Energías Renovables y Alternativas busca promover, impulsar y regular el desarrollo, generación, transformación, autogeneración y uso racional de energías renovables y alternativas para diversificar la matriz energética con prácticas ecosocialistas y de economía circular, además de blindar la estabilidad del sistema eléctrico nacional frente a vulnerabilidades previas. (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela, 2024)

Opera a través de la formación de un marco institucional que promueve la investigación y el desarrollo, asigna recursos y mecanismos de respaldo para proyectos de energía renovable, promueve la implicación de los ciudadanos en la gestión energética y habilita estrategias de generación descentralizada (microrredes, autogeneración) vinculadas a criterios de resistencia y economía circular.

Para la tesis de Los Horqueteros, esta norma da respaldo legal y operativo a un sistema hídrico-energético rural integrado: legitima el uso de energías renovables descentralizadas (solar, eólica, biogás) para potabilización, bombeo, tratamiento y riego, facilita el acceso a incentivos o apoyos para microrredes rurales y autoproducción, y articula la participación comunitaria en la gobernanza de la energía, fortaleciendo la soberanía local, la resiliencia del sistema y su coherencia con una economía circular.

## **2.4 Operacionalización de las Variables**

En esta sección se presenta la operacionalización de las variables estudiadas, proceso mediante el cual se traducen los conceptos teóricos en indicadores concretos y medibles. Cada variable independiente y la variable dependiente se desglosan en dimensiones e indicadores específicos, vinculándolos con las técnicas de recolección de datos y los instrumentos más

adecuados. De este modo, se garantiza que los datos obtenidos responderán de manera precisa a los objetivos de la investigación y permitirán evaluar empíricamente las relaciones planteadas en las hipótesis.

A continuación, se describe para cada variable el indicador, su definición operativa, la escala de medición y el instrumento de recolección previsto (cuantitativo o cualitativo). Esta matriz de operacionalización sirve de guía práctica para el diseño y ejecución del trabajo de campo, asegurando la compatibilidad metodológica y la coherencia entre los objetivos, las hipótesis y los métodos de análisis empleados

**Tabla 1.**  
*Operacionalización de las Variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Definición Operacional	Escala	Técnica	Ítems
Innovación Social	Gobernanza Participativa	Nivel de participación comunitaria	Grado en que la comunidad participa en decisiones sobre gestión de recursos (Nulo=0, Bajo=1, Medio=2, Alto=3)	Ordinal	Entrevista	1, 2
		Mecanismos de co-gestión	Cantidad de espacios formales de decisión conjunta existentes	Razón	Entrevista + Observación	3
	Empoderamiento Comunitario	Autoeficacia colectiva	Percepción de la comunidad sobre su capacidad para resolver problemas locales (Muy baja=1 a Muy alta=5)	Ordinal	Entrevista	4, 5
		Capacitación en sostenibilidad	Número de personas capacitadas en prácticas sostenibles en últimos 2 años	Razón	Entrevista + Documentos	6
Desarrollo	Seguridad	Diversificación	Número de	Razón	Observación +	7

<b>Humano Sustentable</b>	<b>Alimentaria</b>	<b>productiva</b>	<b>tipos de cultivos/productos de la finca</b>		<b>Entrevista</b>	
		<b>Prácticas agroecológicas</b>	<b>Porcentaje de superficie bajo manejo agroecológico</b>	<b>Razón</b>	<b>Observación + Documentos</b>	<b>8</b>
	<b>Salud Ambiental</b>	<b>Manejo de residuos orgánicos</b>	<b>Porcentaje de residuos orgánicos que reciben tratamiento adecuado</b>	<b>Razón</b>	<b>Observación + Medición</b>	<b>9</b>
		<b>Calidad del agua</b>	<b>Cumplimiento de parámetros básicos de calidad (pH, turbidez, coliformes) Cumple/No cumple</b>	<b>Nominal</b>	<b>Análisis + Observación</b>	<b>10</b>
<b>Gestión Energética e Hídrica</b>	<b>Eficiencia Energética</b>	<b>Dependencia energética externa</b>	<b>Porcentaje del consumo energético total que proviene de fuentes externas</b>	<b>Razón</b>	<b>Documentos + Medición</b>	<b>11</b>
		<b>Diversificación energética</b>	<b>Número de fuentes energéticas utilizadas en la finca</b>	<b>Razón</b>	<b>Observación + Entrevista</b>	<b>12</b>
	<b>Eficiencia Hídrica</b>	<b>Aprovechamiento de agua lluvia</b>	<b>Porcentaje de agua lluvia captada respecto al potencial disponible</b>	<b>Razón</b>	<b>Cálculo + Observación</b>	<b>13</b>
		<b>Reúso de aguas grises</b>	<b>Porcentaje de aguas grises reutilizadas</b>	<b>Razón</b>	<b>Medición + Observación</b>	<b>14</b>
<b>Sistema Integral Circular</b>	<b>Circularidad de Flujos</b>	<b>Aprovechamiento de residuos</b>	<b>Porcentaje de residuos convertidos en insumos para otros procesos</b>	<b>Razón</b>	<b>Medición + Observación</b>	<b>15</b>
		<b>Cierre de ciclos productivos</b>	<b>Número de ciclos productivos cerrados (residuo de un proceso = insumo de otro)</b>	<b>Razón</b>	<b>Observación + Análisis</b>	<b>16</b>
	<b>Viabilidad de Implementación</b>	<b>Disposición al</b>	<b>Nivel de aceptación de</b>	<b>Ordinal</b>	<b>Entrevista</b>	<b>17, 18</b>

---

n	cambio	nuevas prácticas por parte de actores clave (Muy baja=1 a Muy alta=5)
---	--------	---

---

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El enfoque metodológico que guía la investigación se presenta en este capítulo. Por lo tanto, el marco metodológico es el conjunto de técnicas y procedimientos sistemáticos que posibilitan tratar el objeto de estudio con precisión científica, asegurando la concordancia entre los objetivos propuestos, las variables estudiadas y los resultados previstos. En este sentido, Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que el marco metodológico establece la ruta que debe seguir el investigador para responder a los problemas y objetivos planteados, articulando los métodos de recolección, análisis e interpretación de los datos dentro de un diseño estructurado y lógico.

A lo largo de este capítulo se precisan el tipo y diseño de la investigación, el enfoque adoptado, la población y muestra considerada, así como las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos. Asimismo, se describen los parámetros que garantizan la validez y la fiabilidad del estudio, el procedimiento metodológico estructurado por etapas, y las pautas éticas que guían la labor de campo. En donde todo esto se debe a la exigencia de crear un modelo completo que esté basado no solamente en el aspecto técnico, sino también en la participación de la comunidad, los conocimientos locales y la sostenibilidad del medio ambiente.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación constituye la clasificación que se otorga a un estudio según la finalidad que persigue y la forma en que aborda su objeto de análisis. En términos generales, la metodología científica distingue entre investigaciones básicas, orientadas a generar nuevos conocimientos sin una aplicación inmediata; aplicadas, dirigidas a resolver problemas prácticos en contextos específicos; y mixtas, que integran ambas finalidades. Asimismo, los estudios

pueden tipificarse según su alcance como exploratorios, descriptivos, correlacionales o explicativos, de acuerdo con el nivel de profundidad con que se caractericen los fenómenos investigados (Bernal, 2010). Por lo que, esta clasificación permite al investigador seleccionar las estrategias más pertinentes para garantizar que el proceso investigativo guarde coherencia con los objetivos planteados y con el contexto donde se desarrolla.

En el caso de la presente tesis, la investigación se clasifica como aplicada, ya que busca generar soluciones prácticas a los problemas detectados en la gestión energética e hídrica de la finca agropecuaria Los Horqueteros, proponiendo un sistema integral sustentado en economía circular e innovación social. Desde el punto de vista temporal, corresponde a un estudio transversal, dado que la recolección de datos se llevará a cabo en un periodo específico (abril-noviembre de 2025), ofreciendo un panorama representativo de la situación actual de la finca. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), los estudios transversales permiten describir un fenómeno en un momento concreto, constituyéndose en una estrategia adecuada cuando se requiere obtener un diagnóstico preciso sin necesidad de realizar un seguimiento longitudinal.

Asimismo, por su alcance, la investigación se considera descriptiva-propositiva, pues no solo caracteriza las condiciones presentes de manejo de recursos, sino que también formula un modelo proyectivo para mejorar su sostenibilidad en el corto y mediano plazo. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), los estudios descriptivos buscan especificar propiedades y características importantes de un fenómeno, mientras que la dimensión propositiva se orienta a plantear soluciones prácticas y contextualizadas a partir de la información obtenida. En este sentido, el presente trabajo se alinea con ambos enfoques, al diagnosticar las condiciones de la finca Los Horqueteros y, a la vez, proponer un sistema integral de economía circular con innovación social como estrategia de transformación sostenible.

La elección de este tipo de investigación se basa en que el estudio no se limita a generar conocimiento teórico, sino que pretende responder a una problemática concreta, aportando un diseño técnico-metodológico que pueda aplicarse en contextos rurales similares. Tal como señalan Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada se distingue porque utiliza los conocimientos existentes para resolver problemas prácticos inmediatos, lo cual se ajusta plenamente al propósito de esta tesis: proponer un sistema integral replicable que optimice la gestión energética e hídrica mediante innovación social y principios de economía circular.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de investigación constituye la estrategia general que orienta los procedimientos metodológicos, determinando cómo se recolectarán, analizarán e integrarán los datos para responder a los objetivos planteados. En términos generales, los diseños pueden clasificarse en experimentales, cuando existe manipulación deliberada de variables y control de condiciones, y no experimentales, cuando el investigador se limita a observar y analizar fenómenos en su contexto natural sin alterarlos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Asimismo, dentro de los diseños no experimentales se distinguen los estudios documentales, de campo y mixtos, dependiendo de las fuentes de información empleadas y el grado de interacción con la realidad estudiada.

En el caso de la presente tesis, el diseño se clasifica como no experimental de campo, ya que se centra en observar y analizar las condiciones actuales de la finca agropecuaria Los Horqueteros en su contexto real, sin manipular las variables que intervienen en la gestión de recursos. Adicionalmente, se adopta un enfoque mixto con predominancia cualitativa, lo cual permite integrar información cuantitativa como las mediciones de consumos energéticos, volúmenes de agua utilizada y flujos de residuos agropecuarios con información cualitativa obtenida a partir de entrevistas, percepciones comunitarias y experiencias locales. Esta

combinación metodológica garantiza una comprensión más completa del problema, puesto que los datos técnicos se enriquecen con las visiones sociales y organizativas de los actores involucrados (Bernal, 2010).

El estudio sigue un diseño secuencial explicativo, estructurado en tres fases complementarias que responden de manera lógica a los objetivos de la investigación. La primera fase corresponde al diagnóstico cuantitativo de las condiciones actuales, mediante la recopilación de datos técnicos y documentales. La segunda fase comprende la exploración cualitativa de percepciones y propuestas de los actores clave de la finca y la comunidad. Finalmente, en la tercera fase se desarrolla la integración de resultados, orientada al diseño del sistema integral de gestión energética e hídrica sustentado en la economía circular y la innovación social.

Esta secuencia metodológica asegura que la propuesta final esté fundamentada tanto en evidencias técnicas como en la participación activa de los actores sociales, lo que refuerza su pertinencia y viabilidad. Como señalan Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño explicativo secuencial permite iniciar con datos cuantitativos y posteriormente complementarlos con información cualitativa para profundizar en la interpretación de los hallazgos y otorgar mayor solidez a las conclusiones.

### **3.3 Población y Muestra**

En la investigación científica, la población se define como el conjunto total de elementos o sujetos que poseen características comunes y que son objeto de estudio en una investigación. De acuerdo con Bernal (2010), la población es el universo o grupo de referencia sobre el cual el investigador pretende generalizar los resultados, mientras que la muestra constituye una parte representativa de esa población seleccionada mediante técnicas de muestreo. La correcta definición de estos elementos resulta esencial, ya que permite precisar el alcance del estudio y garantizar que la información obtenida sea pertinente y coherente con los objetivos planteados.

### **3.3.1 Población**

La población de la presente investigación está conformada por los actores clave involucrados en la gestión y operación de la finca agropecuaria Los Horqueteros, ubicada en Montero, estado Trujillo. Este grupo incluye al propietario y administrador de la finca, los trabajadores permanentes y temporales, los técnicos agrícolas y veterinarios que prestan asistencia técnica, representantes de la comunidad local vinculados al entorno productivo, así como autoridades ambientales y energéticas regionales (Ver Anexo 7) La inclusión de estos actores responde a la necesidad de integrar tanto la visión técnica como la comunitaria e institucional, lo cual enriquece el diagnóstico y fortalece la propuesta metodológica orientada a la innovación social y la economía circular.

### **3.3.2 Muestra**

La muestra se seleccionará mediante un muestreo no probabilístico intencional, técnica que, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), se fundamenta en la elección deliberada de informantes que poseen conocimientos o experiencias relevantes respecto al objeto de estudio. En este caso, se consideran como informantes clave aquellos actores que, por su rol y trayectoria, pueden aportar información significativa sobre la gestión energética e hídrica de la finca. La muestra queda distribuida de la siguiente manera:

- Muestra técnico-productiva (4 informantes): 1 propietario/administrador, 2 trabajadores con mayor experiencia (mínimo 3 años en la finca), 1 técnico agrícola o veterinario con conocimiento del sistema productivo.
- Muestra comunitaria (4 informantes): 2 líderes comunitarios formales, 1 representante de organizaciones locales, 1 habitante con conocimiento de la problemática hídrica y energética local.

- Muestra institucional (2 informantes): 1 representante de ente gubernamental ambiental/energético, 1 funcionario municipal relacionado con desarrollo rural.
- Muestra de contraste (2 informantes): 1 productor de finca similar en la región, 1 experto en economía circular rural.

En total, la muestra estará conformada por 12 informantes clave, cuya participación resulta estratégica para el análisis integral de las condiciones actuales y para la validación preliminar de la propuesta propositiva de sistema integral de economía circular.

Criterios de inclusión:

- Conocimiento directo de la finca Los Horqueteros o problemática similar
- Experiencia mínima de 2 años en actividades relacionadas
- Disponibilidad para participar voluntariamente
- Capacidad de proporcionar información relevante para los objetivos del estudio

Aunque el número puede considerarse reducido en comparación con otros estudios cualitativos, se fundamenta en tres criterios metodológicos:

- 1- **Saturación teórica:** en investigaciones cualitativas la saturación suele alcanzarse entre 8 y 14 entrevistas cuando los actores poseen roles claramente delimitados. En este caso, los participantes serían seleccionados por su relación directa con la problemática, lo que favorece una saturación temprana.
- 2- **Representatividad cualitativa:** la distribución garantiza la inclusión de las perspectivas técnicas, sociales e institucionales más relevantes para el análisis.
- 3- **Factibilidad:** el tamaño permite realizar entrevistas en profundidad, manteniendo la calidad del análisis dentro del tiempo y los recursos disponibles para la investigación.

En caso de que durante la recolección de información se detecte la necesidad de ampliar el número de entrevistas, se considerará la incorporación de informantes adicionales hasta alcanzar la saturación de categorías y garantizar la diversidad de perspectivas.

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

En el ámbito de la investigación científica, las técnicas de recolección de datos constituyen los procedimientos sistemáticos empleados para obtener información relevante de acuerdo con los objetivos planteados, mientras que los instrumentos son los medios o herramientas diseñadas para registrar y organizar dicha información de manera estructurada y confiable. De acuerdo con Medina Romero, Rojas León, Bustamante Hoces, Loaiza Carrasco, Martel Carranza y Castillo Acobo (2023), la selección de técnicas e instrumentos debe responder a la naturaleza del problema de investigación, al enfoque metodológico adoptado y a las características de la población estudiada. En este sentido, resulta fundamental combinar métodos cualitativos y cuantitativos para lograr un análisis integral y pertinente del fenómeno.

#### **3.4.1 Técnicas**

Para esta investigación se emplearán tres técnicas principales:

- La **entrevista semiestructurada** constituye la técnica central para la obtención de información cualitativa, ya que permite explorar en profundidad las percepciones, experiencias y propuestas de los informantes clave, facilitando una interacción flexible y orientada a los objetivos específicos. De acuerdo con Medina Romero, Rojas León, Bustamante Hoces, Loaiza Carrasco, Martel Carranza y Castillo Acobo (2023), la entrevista es una técnica ampliamente utilizada en investigación social por su capacidad de indagar actitudes, motivaciones y experiencias personales, pudiendo adaptarse en formato estructurado, no estructurado o semiestructurado según las necesidades del estudio.

- La **observación directa** se aplicará para el diagnóstico técnico de las instalaciones, procesos productivos y flujos de recursos de la finca Los Horqueteros. Esta técnica, según Medina Romero et al. (2023), permite obtener datos de primera mano en el contexto real, asegurando información objetiva y sin manipular las condiciones naturales. Por lo que, su aplicación facilita identificar fortalezas y debilidades de los procesos actuales, aportando insumos esenciales para el diseño del sistema integral de gestión propuesto.
- El análisis documental se orientará a la revisión de registros de producción, consumos energéticos, costos operativos y normativas aplicables de la finca Los Horqueteros. Esta técnica, de acuerdo con Medina Romero et al. (2023), permite recopilar y evaluar de manera sistemática información escrita relevante para el objeto de estudio. Su aplicación complementa las entrevistas y la observación directa, aportando evidencia objetiva y fortaleciendo la triangulación de datos en la investigación.

### **3.4.2 Instrumentos**

En correspondencia con las técnicas seleccionadas, se diseñarán los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- 1- Guía de entrevista semiestructurada:** elaborada en función de los objetivos específicos y la operacionalización de variables, organizada en 12 ítems distribuidos en cuatro bloques:
  - Desarrollo Humano Sustentable (ítems 1-3): prácticas alimentarias sostenibles, capacitación y salud ambiental.
  - Innovación Social (ítems 4-6): gobernanza participativa, empoderamiento y co-creación de soluciones.

- Gestión Agro-energética-hídrica (ítems 7-9): integración circular, eficiencia hídrica y autonomía energética.
- Sistema Integral Circular (ítems 10-12): disponibilidad de flujos, factibilidad técnica y disposición experimental.

**2- Ficha de observación directa:** diseñada para registrar las características técnicas, los flujos de materiales, las condiciones de la infraestructura y los procesos operativos de la finca.

**3- Matriz de análisis documental:** destinada a sistematizar la información secundaria proveniente de registros productivos, consumos de agua y energía, costos operativos y marco normativo aplicable.

La combinación de estas técnicas e instrumentos permitirá recolectar información confiable y contextualizada, garantizando la triangulación metodológica y el cumplimiento de los objetivos de la investigación

### **3.5 Validez y Confiabilidad**

En investigación científica, los conceptos de validez y confiabilidad resultan fundamentales para garantizar la calidad de los datos obtenidos y la rigurosidad metodológica del estudio. La validez se refiere al grado en que un instrumento mide realmente lo que pretende medir, mientras que la confiabilidad está relacionada con la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos al aplicar los instrumentos en diferentes momentos o circunstancias (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Por lo que, la validez asegura la pertinencia del contenido de los instrumentos en relación con los objetivos de la investigación, mientras que la confiabilidad garantiza que los datos recolectados sean estables y coherentes, lo que permite una interpretación adecuada y fundamentada de los hallazgos.

### **3.5.1 Validez**

En el presente estudio, la validez de contenido se garantizará mediante la revisión de los instrumentos por expertos en economía circular y sistemas agropecuarios, quienes verificarán que cada ítem corresponda con los objetivos e indicadores definidos. Además, se aplicará la triangulación de fuentes, integrando perspectivas técnicas, comunitarias e institucionales para reforzar la solidez del diagnóstico. También se velará por la coherencia interna entre objetivos, variables e indicadores, asegurando que exista una correspondencia lógica en todo el proceso metodológico. Asimismo, la investigación contará con validez ecológica, dado que la recolección de datos se llevará a cabo en el contexto real de la finca Los Horqueteros, preservando las condiciones naturales de operación y garantizando la pertinencia de los resultados para su aplicación en escenarios rurales similares.

### **3.5.2 Confiabilidad**

En cuanto a la confiabilidad, se implementarán varias estrategias para asegurar la consistencia de la información cualitativa y cuantitativa obtenida. En primer lugar, se aplicará el criterio de consistencia interna, mediante la verificación de la coherencia en las respuestas de los informantes clave. En segundo lugar, se recurrirá a la estabilidad temporal, validando la información relevante a través de momentos diferentes durante la recolección de datos, lo que permitirá comprobar la recurrencia y solidez de los hallazgos. Finalmente, se aplicará la triangulación metodológica, contrastando los resultados derivados de las entrevistas, la observación directa y el análisis documental, con el propósito de garantizar la fiabilidad de las conclusiones obtenidas. Estas medidas permiten consolidar la confianza en los datos recopilados y sostener la pertinencia de la propuesta propositiva planteada en la investigación.

### 3.6 Procedimiento

El procedimiento metodológico organiza de forma secuencial las actividades necesarias para alcanzar los objetivos de la investigación, asegurando la coherencia entre el diagnóstico, el análisis y el diseño de la propuesta. A continuación, se describen las cinco fases previstas, con sus propósitos, actividades, productos esperados, y criterios de calidad.

#### 3.6.1 Fase I. Preparación y Diagnóstico

Propósito: dejar listos los instrumentos y establecer el marco operativo del trabajo de campo.

Actividades principales:

1. Elaboración y validación de instrumentos (entrevista, ficha de observación, matriz documental) mediante juicio de expertos.
  2. Contacto inicial y agenda con informantes clave (técnicos, comunidad y actor institucional).
  3. Diagnóstico técnico preliminar in situ mediante observación directa de instalaciones, procesos y flujos.
  4. Revisión documental de antecedentes de la finca (registros productivos, consumos, costos y normativa).
- **Productos:** versión final de instrumentos validados; actas de contacto y cronograma de campo; notas de campo preliminares; inventario documental.
  - **Criterios de calidad:** concordancia instrumento–objetivos; viabilidad logística; trazabilidad de fuentes y notas de campo.

#### 3.6.2 Fase II. Recolección de información

Propósito: obtener evidencia empírica cualitativa y cuantitativa suficiente y triangulable.

Actividades principales:

1. Aplicación de entrevistas semiestructuradas a informantes clave.
  2. Observación sistemática de procesos productivos (rutinarios y críticos).
  3. Medición de flujos de recursos y residuos (cantidades, frecuencias, usos).
  4. Registro fotográfico y técnico de infraestructura, equipos y prácticas.
- Productos: audios/transcripciones de entrevistas, fichas de observación completas, tablas de mediciones, registro fotográfico con metadatos.
  - Criterios de calidad: saturación temática en entrevistas; consistencia interna entre observaciones y mediciones; completitud de metadatos y fichas.

### ***3.6.3 Fase III. Análisis e interpretación***

Propósito: integrar hallazgos cualitativos y cuantitativos para construir un diagnóstico robusto.

Actividades principales:

1. Transcripción de entrevistas
  2. Análisis de contenido y triangulación entre técnicas (entrevista–observación–documentos).
  3. Cálculo de indicadores técnicos y ambientales (consumo/producción, eficiencia hídrica/energética, aprovechamiento de residuos).
  4. Identificación de oportunidades circulares y cuellos de botella.
- **Productos:** reporte de categorías y relaciones, tablas de indicadores, matriz de hallazgos triangulados, listado priorizado de oportunidades.
  - **Criterios de calidad:** coherencia categoría–evidencia; replicabilidad del cálculo de indicadores; trazabilidad de decisiones analíticas.

### **3.6.4 Fase IV. Diseño de la propuesta**

Propósito: traducir el diagnóstico en un sistema integral de gestión energética e hídrica con enfoque de economía circular e innovación social.

Actividades principales:

1. Definir criterios de diseño (técnicos, sociales, ambientales y de gestión).
  2. Desarrollar el modelo/prototipo proyectivo (componentes, flujos, roles, rutinas operativas).
  3. Validación preliminar con informantes clave (taller o entrevistas de contraste).
  4. Ajustes y refinamiento según feedback.
- **Productos:** documento técnico de la propuesta (diagramas de flujo, fichas de componentes, requerimientos), actas de validación y versión ajustada.
  - **Criterios de calidad:** factibilidad contextual; claridad operativa; alineación con hallazgos y criterios; aceptabilidad social.

### **3.6.5 Fase V. Informe final y socialización**

Propósito: consolidar resultados, recomendaciones y difusión responsable.

Actividades principales:

1. Redacción de resultados y conclusiones.
  2. Formulación de recomendaciones (técnicas, de gestión y de adopción social).
  3. Elaboración de productos comunicacionales (resumen ejecutivo, infografías).
  4. Socialización de resultados con la comunidad y actores clave.
- **Productos:** informe final, anexos técnicos, piezas de divulgación y actas de socialización.
  - **Criterios de calidad:** claridad y coherencia argumental; utilidad práctica; devolución social efectiva.

### **3.7 Técnicas de Análisis de Datos**

El análisis de datos constituye una de las etapas centrales de toda investigación, pues permite organizar, procesar e interpretar la información recolectada con el fin de responder a los objetivos planteados. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el análisis de datos debe ajustarse al tipo de información obtenida, distinguiendo entre procedimientos cualitativos, que buscan identificar significados y patrones de sentido, y procedimientos cuantitativos, orientados a describir, medir y proyectar fenómenos a partir de indicadores estadísticos. En esta investigación se utilizará un enfoque mixto, lo que implica combinar ambas modalidades de análisis para lograr una visión integral de la gestión energética e hídrica de la finca Los Horqueteros.

#### ***3.7.1 Análisis Cualitativo***

Para los datos de carácter cualitativo, derivados principalmente de las entrevistas semiestructuradas y de la observación directa, se aplicará el análisis de contenido temático, que permitirá identificar categorías emergentes relacionadas con las dimensiones de estudio (innovación social, desarrollo humano sustentable y gestión agro-energética-hídrica). Asimismo, se deberá tomar en cuenta el establecer relaciones entre categorías y comprender la dinámica actual del sistema productivo y comunitario. Finalmente, se aplicará la triangulación metodológica, contrastando la información obtenida mediante entrevistas, observaciones y documentos, lo cual refuerza la validez y consistencia de los hallazgos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

#### ***3.7.2 Análisis Cuantitativo***

En cuanto a los datos cuantitativos, se empleará la estadística descriptiva para caracterizar los flujos de recursos, los consumos de agua y energía, así como la producción agrícola y pecuaria. Adicionalmente, se realizará un análisis de eficiencia, que permitirá calcular

indicadores técnicos tales como consumo/producción y aprovechamiento de residuos orgánicos. Asimismo, se elaborarán proyecciones técnicas a partir de los datos recopilados, con el fin de estimar el potencial energético del biogás y la capacidad de tratamiento de aguas residuales en el contexto de la finca. Estas herramientas estadísticas brindan una base objetiva para sustentar la viabilidad técnica del sistema integral propuesto (Bernal Torres, 2010).

### ***3.7.3 Integración de Resultados***

La integración de resultados cualitativos y cuantitativos permitirá construir una visión holística del problema y de la propuesta. Para ello, se utilizará una matriz de diagnóstico integral, que sistematizará las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas identificadas a lo largo del proceso de análisis. Asimismo, se elaborará un modelo lógico que articule los componentes técnicos, sociales y ambientales del sistema propuesto, permitiendo visualizar cómo interactúan las distintas variables dentro de un esquema de economía circular e innovación social. Este proceso integrador asegura la coherencia entre los hallazgos y la propuesta propositiva, fortaleciendo la pertinencia y aplicabilidad de los resultados de la investigación.

## **3.8 Consideraciones Éticas**

La investigación cumplirá principios éticos orientados a proteger a los participantes, asegurar el uso responsable de la información y minimizar cualquier impacto en el entorno.

### ***3.8.1 Consentimiento informado.***

Antes de cada entrevista/observación se explicarán objetivos, alcance, uso de la información, voluntariedad y derecho a retirarse sin consecuencias. Se solicitará autorización para grabación de audio/fotos y se firmará (o asentará) el consentimiento en formato accesible al participante.

### **3.8.2 Confidencialidad y anonimato.**

La información se codificará (p. ej., “E1-Técnico”, “E2-Comunidad”) para evitar identificación personal. Los archivos (audios, transcripciones, fotos, hojas de campo) se resguardarán de forma confidencial

### **3.8.3 Beneficio mutuo y devolución de resultados.**

Se generarán insumos útiles para los actores (resumen ejecutivo y recomendaciones) y se realizará una sesión de devolución con la comunidad, de forma que los resultados contribuyan a procesos locales de mejora y toma de decisiones.

### **3.8.4 Responsabilidad ambiental.**

Las actividades de campo se planificarán minimizando huella ambiental (traslados optimizados, no interferir con fauna/infraestructura, manejo responsable de residuos durante visitas). No se realizarán manipulaciones que alteren procesos productivos ni se comprometerá el normal funcionamiento de la finca.

### **3.8.5 Resguardo y ciclo de vida de datos.**

Se definirá un plan de manejo de datos (plazos de conservación, copias de seguridad, criterios de destrucción segura) acorde con las políticas institucionales. Para cualquier uso secundario, se solicitará autorización adicional.

### **3.8.6 Integridad académica.**

El tratamiento y la presentación de resultados observarán criterios de honestidad intelectual (citas y referencias completas; registro fiel de procedimientos y decisiones analíticas), evitando sesgos y reportando límites del estudio cuando corresponda.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a través de la aplicación de los instrumentos y técnicas de recolección de información definidos en el Capítulo III, con el propósito de diagnosticar la situación actual de la finca agropecuaria Los Horqueteros, ubicada en Montero, estado Trujillo, en relación con la gestión de residuos, prácticas agroecológicas, uso de recursos hídricos y energéticos, y procesos de innovación social vinculados a la economía circular.

El tratamiento de la información responde a un enfoque mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas para garantizar un análisis integral y riguroso. En este sentido, se aplicaron tres instrumentos principales:

- Entrevistas semiestructuradas dirigidas a actores clave vinculados a las actividades productivas de la finca, con el fin de obtener información sobre percepciones, experiencias y niveles de participación comunitaria.
- Fichas de observación directa, utilizadas en tres áreas funcionales (agrícola, pecuaria e hídrico-energética), con el objetivo de identificar prácticas, infraestructuras y condiciones ambientales presentes en el entorno productivo.
- Matriz de análisis documental, mediante la cual se examinaron registros técnicos, y documentos internos relacionados con la gestión sostenible de recursos y las prácticas agroecológicas.

La presentación y análisis de resultados se organiza en dos grandes bloques. En primer lugar, se exponen los resultados cuantitativos, provenientes de los instrumentos estructurados y

de la sistematización de datos técnicos, económicos y productivos, expresados mediante tablas y gráficos descriptivos que muestran frecuencias, porcentajes y distribuciones. En segundo lugar, se presentan los resultados cualitativos, que recogen narrativas, observaciones e interpretaciones temáticas derivadas de las entrevistas, las fichas de observación y el análisis documental, a través de categorías analíticas que responden a las variables centrales de la investigación.

Posteriormente, se realiza el análisis de los resultados cuantitativos y cualitativos por separado, interpretando tendencias, patrones, percepciones y brechas identificadas en el contexto de la finca. Finalmente, se desarrollan dos apartados: la discusión de hallazgos, en la que se contrastan los resultados obtenidos con el marco teórico, antecedentes y normativa vigente; y la vinculación con los objetivos institucionales, donde se evidencia cómo los hallazgos alcanzan y sustentan los objetivos planteados en la investigación.

#### **4.1 Presentación de los Resultados Cualitativos**

En esta sección se presentan los resultados cualitativos obtenidos a través de las entrevistas semiestructuradas, las fichas de observación directa aplicadas en las tres áreas funcionales de la finca (agrícola, pecuaria e hídrico-energética) y el análisis documental de normas y registros técnicos. Estos instrumentos permitieron recoger información descriptiva, narrativa y contextual, indispensable para comprender en profundidad las dinámicas sociales, organizativas, ambientales y productivas que caracterizan a la finca Los Horqueteros.

La presentación cualitativa se estructura de acuerdo con las categorías analíticas derivadas de las variables e indicadores definidos en el Capítulo III, las cuales abarcan aspectos de gobernanza participativa e innovación social, prácticas agroecológicas y manejo de residuos, así como gestión de recursos hídricos y energéticos. Esta organización permite una exposición sistemática de los hallazgos, facilitando la identificación de patrones discursivos, percepciones

de los actores locales, condiciones observadas en el entorno productivo y elementos normativos relevantes.

Los testimonios y fragmentos representativos de las entrevistas se presentan de manera textual, respetando el sentido original de las respuestas. A su vez, las observaciones directas se sintetizan en narrativas descriptivas que reflejan el estado real de las áreas evaluadas, complementadas con tablas de registro. Finalmente, el análisis documental aporta el marco legal y técnico que sustenta la caracterización del contexto productivo.

#### **4.1.1. Entrevistas semiestructuradas**

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de **12 entrevistas semiestructuradas** aplicadas a informantes clave vinculados a la Finca *Los Horqueteros*, conforme al procedimiento metodológico descrito en el Capítulo III.

Las entrevistas se realizaron entre el **27/09/2025** y el **02/10/2025**, de forma **presencial y telefónica**, bajo consentimiento informado y garantizando confidencialidad.

La presentación de hallazgos se organiza por bloques temáticos derivados de la matriz de operacionalización: Innovación social, Desarrollo humano sustentable, Gestión energética e hídrica y Sistema integral circular, mostrando patrones de respuestas y divergencias entre actores y acompañando cada apartado con citas textuales breves (identificadas mediante códigos: p. ej., PROP-1, TRAB-1/2, TEC-1, COM-1/2/3, HAB-1, INST-1/2, CONT-1/2).

#### **Tabla 2.**

##### *Codificación de los Entrevistados*

Profesión / Rol	Especialidad o función principal	Edad	Experiencia (años)	Detalle de experiencia relevante	Sexo	Código asignado	Fecha de aplicación	Duración aprox.
<b>Productor</b>	Propietario / gestión agropecuaria	79	40+	Dirección de la finca Los Horqueteros	M	PROP-1	28/09/2025	40 min

<b>Trabajador agrícola</b>	Siembra y cuidado de cultivos	60	30	Labores agrícolas permanentes	M	TRAB-1	28/09/2025	35 min
<b>Trabajador agrícola</b>	Producción pecuaria y agrícola	42	4	Actividades mixtas (cría, siembra, riego)	M	TRAB-2	28/09/2025	33 min
<b>Ingeniero agrónomo externo</b>	Asesor técnico agroproductivo	56	12	Asistencia técnica a pequeños productores	M	TEC-1	29/09/2025	45 min
<b>Líder comunitaria</b>	Organización vecinal	49	15	Coordinación comunitaria en temas ambientales y agrícolas	F	COM-1	30/09/2025	32 min
<b>Líder comunitario</b>	Coordinación comunitaria informal	46	20	Gestión de uso de agua y caminos vecinales	M	COM-2	30/09/2025	34 min
<b>Vocera Consejo Comunal</b>	Representación comunitaria	47	10	Programas agrícolas locales	F	COM-3	30/09/2025	31 min
<b>Habitante local</b>	Agricultura tradicional	60	30+	Conocimiento histórico de la zona	M	HAB-1	30/09/2025	36 min
<b>Ingeniero agrónomo (INSAI)</b>	Campo – Sanidad vegetal y asesoría	50	10	Supervisión técnica a fincas rurales	M	INST-1	02/10/2025	35 min

<b>Ingeniero agrónomo (INSAI)</b>	Laboratorio – Suelos, agua y fitosanidad	49	15	Análisis y recomendaciones técnicas	M	INST-2	02/10/2025	40 min
<b>Productor regional</b>	Agricultura tradicional	66	40	Producción diversificada a pequeña escala	M	CONT-1	02/10/2025	37 min
<b>Ingeniero agrícola (PASA)</b>	Economía circular y agroecología	52	+25	Experiencia en biodigestores y bioinsumos	M	CONT-2	02/10/2025	42 min

Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.1. Bloque I: Innovación Social.** En este bloque se analizan las percepciones y experiencias de los distintos actores vinculados con la Finca Los Horqueteros respecto a la participación comunitaria, co-gestión, autoeficacia colectiva y capacitación en sostenibilidad.

#### **Nivel de participación comunitaria**

En la mayoría de los casos, los entrevistados coinciden en que las decisiones internas de la finca son tomadas principalmente por el propietario y su equipo de trabajo más cercano (trabajadores con años de experiencia). No obstante, cuando las decisiones impactan a la comunidad, por ejemplo, en temas de uso del agua, caminos vecinales o distribución de recursos se generan instancias informales de consulta con vecinos o líderes comunitarios. Este patrón se repite tanto en el ámbito técnico-productivo como comunitario: se privilegia una comunicación directa, cara a cara, complementada con grupos de WhatsApp y llamadas telefónicas para resolver problemas cotidianos. Las reuniones formales son poco frecuentes, pero cuando se convocan asambleas vecinales, suelen tener buena respuesta.

#### **Mecanismos de co-gestión**

En cuanto a la organización comunitaria, todos los entrevistados reconocen la existencia de un Consejo Comunal que actúa como canal principal de articulación con actores externos

(instituciones agrícolas, entes públicos). Sin embargo, la mayoría lo percibe como una estructura limitada en alcance y periodicidad, funcionando más como un espacio de coordinación eventual que como un ente organizativo permanente.

Además del Consejo Comunal, se mencionan reuniones vecinales informales y grupos organizados para resolver temas específicos (mantenimiento del río naciente, distribución del agua, mejora de caminos), que constituyen espacios efectivos de toma de decisiones compartidas entre la finca y la comunidad.

### **Autoeficacia colectiva**

En todos los grupos entrevistados: propietarios, trabajadores, líderes comunitarios e instituciones, se evidenció una alta disposición a proponer mejoras en los procesos productivos y comunitarios.

Los trabajadores y productores indicaron que suelen hacer sugerencias prácticas relacionadas con el manejo de residuos, la ubicación de materiales, la distribución del agua y el aprovechamiento agrícola. Por su parte, los representantes institucionales y técnicos (INSAI y PASA) destacaron su capacidad de aportar recomendaciones en manejo agroecológico, uso eficiente del agua, rotación de cultivos y economía circular. En general, los entrevistados expresaron seguridad para aprender nuevas técnicas, destacando la apertura a capacitaciones en temas de biofertilizantes, energía solar, reciclaje, filtración de agua y prácticas agroecológicas.

### **Capacitación en sostenibilidad**

En este aspecto se identificó una brecha significativa. Aunque varios actores han participado de talleres en otras comunidades o poseen experiencia empírica acumulada, no existe un programa de capacitación formal y sistemático en la finca ni en la comunidad. Las temáticas señaladas como prioritarias incluyen:

Uso racional y almacenamiento de agua.

- Energías alternativas (solar y biogás rural).
- Producción y uso de fertilizantes orgánicos o bioinsumos.
- Reciclaje y aprovechamiento de residuos agropecuarios.
- Organización comunitaria para la sostenibilidad.

Tanto los actores locales como los institucionales manifestaron una amplia disposición a participar en talleres o jornadas técnicas, siempre que se adapten a las condiciones rurales y se cuente con acompañamiento técnico adecuado. Esta apertura representa un punto de partida favorable para procesos de innovación social aplicada.

**4.1.1.2. Bloque II: Desarrollo Humano Sustentable.** Los resultados cualitativos obtenidos a partir de las entrevistas semiestructuradas evidencian que la finca Los Horqueteros mantiene un sistema de producción diversificado, caracterizado por la coexistencia de cultivos agrícolas tradicionales, hortalizas de ciclo corto, frutales en desarrollo y actividades pecuarias complementarias. Tanto los actores técnico-productivos como los comunitarios y externos coincidieron en señalar que esta diversidad productiva constituye uno de los principales activos del sistema, ya que permite garantizar un flujo constante de alimentos para el autoconsumo, al tiempo que genera excedentes para la venta local.

De acuerdo con las personas entrevistadas, en la finca y su entorno inmediato se cultivan cebolla redonda, cebolla larga, cilantro, lechuga, repollo, calabacín, tomate, auyama, árboles de café, y se proyecta incorporar próximamente cultivos de aguacate. A esto se suman áreas dedicadas a la producción de maíz y yuca, así como la cría de aves de corral y ganado a pequeña escala. Esta estructura diversificada es gestionada principalmente por el propietario y los trabajadores más experimentados, quienes han mantenido prácticas agrícolas tradicionales,

complementadas con algunas orientaciones técnicas puntuales brindadas por profesionales agrónomos y entes institucionales.

Desde la perspectiva de los líderes comunitarios, esta diversidad productiva representa una garantía de seguridad alimentaria local, ya que permite disponer de productos frescos durante buena parte del año y reduce la dependencia de mercados externos. Asimismo, varios informantes destacaron que la variedad de cultivos posibilita prácticas de integración agroecológica, como el uso de estiércol para fertilización natural, el aprovechamiento de residuos agrícolas y la rotación de cultivos, lo cual mejora la resiliencia del sistema.

El ingeniero del laboratorio del INSAI subrayó que la presencia simultánea de cultivos de hortalizas y frutales, junto con actividades pecuarias, abre oportunidades para aplicar esquemas de economía circular rural, especialmente en lo referente al uso eficiente de nutrientes y agua. Por su parte, el productor externo resaltó que la combinación de rubros de ciclo corto (como cilantro o lechuga) con rubros de ciclo largo (como café y aguacate) es clave para sostener ingresos a lo largo del año y amortiguar riesgos climáticos o de mercado.

En términos generales, los entrevistados coinciden en que esta diversidad fortalece la autosuficiencia alimentaria de las familias vinculadas a la finca, facilita la generación de ingresos complementarios y constituye una base sólida para la implementación futura de un sistema integral de economía circular, al permitir cerrar ciclos de producción y aprovechar mejor los recursos disponibles.

**4.1.1.3. Bloque III: Gestión Energética e Hídrica.** Este bloque permite identificar patrones comunes y diferencias entre actores en cuanto a las prácticas actuales y las posibilidades de transición hacia sistemas más sostenibles. Los resultados se presentan inicialmente mediante

una tabla de resultados por grupos, tabla de codificación por entrevistado, seguida de una síntesis agrupada por tipo de actor y presentación en prosa

**Tabla 3.**  
*Tabla de Gestión Energética*

Variable: Gestión Energética e Hídrica				
Dimensión: Eficiencia Energética				
Ítem 12: Diversificación Energética		ENTREVISTADOS		
Pregunta	Actores Locales (4)	Actores técnicos (2)	Actores institucionales (2)	Comunidad (4)
¿Qué fuentes de energía utilizan en la finca / comunidad	Red eléctrica nacional; uso limitado de agua del río naciente para riego.	Recomiendan diversificar fuentes.	Confirman dependencia total de la red.	Coinciden en la dependencia.
¿Considera que estas fuentes son suficientes y confiables?	Bajones frecuentes, cortes eventuales.	Señalan vulnerabilidad y falta de respaldo.	Consideran que es suficiente pero frágil.	Lo perciben como inestable.
¿Han pensado en incorporar alternativas como energía solar o biogás?	Deseable pero costosa.	Recomiendan paneles solares pequeños y biodigestores rurales.	Promueven transición energética.	Aceptación positiva si hay acompañamiento.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.**  
*Tabla de Codificación del Ítem 12 (Energético e Hídrico)*

Código	¿Qué fuentes de energía utilizan en la finca?	¿Considera que estas fuentes son suficientes y confiables?	¿Han pensado en incorporar alternativas como energía solar o biogás?
PROP-1	Red eléctrica normal, la de CORPOELEC, aunque no consumimos mucha, porque solo la usamos para neveras para guardar el queso, y también los bombillos	Es normal, pero siempre hay bajones e idas de luz	Me daban ganas de probar los paneles solares, para probar, pero no hemos averiguado los precios y la instalación
TRAB-1	Pues la luz normal	Pues a veces se va cada día, pero últimamente puro hay bajones	No sé, el biogás suena bien pero no sé qué necesita, así que los paneles estarían bien creo
TRAB-2	La eléctrica nacional	Estable, pero siempre hay bajones	Pues el biogás suena bien, aquí se producen bastantes cosas, así que podría funcionar, habría que ver
TEC-1	La finca utiliza exclusivamente energía de la red eléctrica nacional,	Son estables, aunque siempre hay	Si, en mis recomendaciones incluí la

	principalmente para iluminación y refrigeración de productos lácteos	vulnerabilidad ante cortes o bajones eléctricos. Para la sostenibilidad a largo plazo, podría diversificarse	posibilidad de instalar paneles solares pequeños para la iluminación de la finca.
<b>COM-1</b>	Red eléctrica nacional	Funciona, pero hay bajones que afectan las neveras y equipos. A veces hay que organizar el uso de agua porque dependemos del río directamente.	Sí, sería excelente porque aquí el sol da bastante y hay recursos para aprovechar.
<b>COM-2</b>	La energía es solo la eléctrica pública	No es muy confiable por los bajones. Con respecto al agua, dependemos directamente del río naciente. Es limpio, pero a veces hay que organizarse entre vecinos para no abusar.	Paneles solares serían una buena idea aquí, y también sistemas sencillos para almacenar agua.
<b>COM-3</b>	La energía es solo la eléctrica pública	No es confiable por los bajones	Me agrada la idea de incluir los paneles solares en las casas, por cómo es nuestra zona
<b>HAB-1</b>	Solo la eléctrica pública	No del todo, porque hay bajones frecuentes. En cuanto al agua, dependemos del río, y en verano el caudal baja. Hay que organizarse para no desperdiciar.	Sí, se ha comentado entre vecinos. Paneles solares y sistemas para almacenar agua serían muy útiles aquí.
<b>INST-1</b>	Solo la red eléctrica pública.	Para el consumo actual, sí, pero son vulnerables ante bajones y cortes. No hay respaldo alternativo	Sí, hemos recomendado a varios productores incorporar paneles solares para mejorar la autosuficiencia.
<b>INST-2</b>	Actualmente dependen de la red eléctrica pública y de un río naciente para el agua.”	No del todo. La red presenta bajones frecuentes y el recurso hídrico no cuenta con sistemas de tratamiento ni almacenamiento, lo que podría limitar la productividad en épocas críticas.”	Según la descripción, aún no se han implementado. Técnicamente, es viable aplicar sistemas híbridos sencillos, biodigestores para estiércol y paneles solares para refrigeración y bombeo.”
<b>CONT-1</b>	Solo la red eléctrica pública.	Para el consumo actual, sí, pero son vulnerables ante bajones y cortes. No hay respaldo alternativo.	Sí, hemos recomendado a varios productores incorporar paneles solares para mejorar la autosuficiencia.
<b>CONT-2</b>	Dependen únicamente de la red eléctrica pública y del río naciente.	No son confiables en el largo plazo. Hay vulnerabilidad ante bajones eléctricos y presión sobre el recurso hídrico sin sistemas de almacenamiento.	Sí, sería viable incorporar biodigestores rurales para aprovechar estiércoles y paneles solares básicos para refrigeración y bombeo.

Fuente: Elaboración propia.

En relación con la gestión energética, se observa una dependencia generalizada de la red eléctrica nacional, utilizada principalmente para iluminación, refrigeración y labores básicas en la finca. Todos los actores —técnicos, comunitarios e institucionales— coinciden en que, aunque el servicio es funcional, presenta fallas recurrentes por bajones y cortes, lo que genera vulnerabilidad operativa. Ninguno de los entrevistados reporta el uso actual de fuentes alternativas, aunque existe consenso en que la incorporación de paneles solares y biodigestores representaría una mejora significativa. Tanto técnicos como representantes institucionales

(INSAI) señalaron la factibilidad de estas soluciones a pequeña escala, mientras que los productores y líderes comunitarios manifestaron disposición a adoptarlas si cuentan con asesoría técnica y financiamiento inicial.

**4.1.1.4. Bloque IV: Sistema Integral Circular.** Se abordan las percepciones y disposiciones de los distintos actores frente a la implementación de un sistema integral circular, articulado con las variables e ítems 17 y 18 de la matriz (Variable: Sistema Integral Circular; Dimensión: Viabilidad de implementación). Este bloque busca explorar el nivel de apertura al cambio, las condiciones consideradas necesarias para adoptar prácticas circulares, los apoyos requeridos y las posibles reacciones comunitarias, permitiendo identificar tanto el potencial social y técnico existente como las brechas que deben atenderse para una transición efectiva hacia modelos sostenibles.

**Tabla 5**  
*Tabla de Codificación Grupal (Ítem 17-18)*

Variable: Sistema Integral Circular				
Dimensión: Viabilidad de Implementación				
Ítem 17-18: Disposición al Cambio (A-B)	ENTREVISTADOS			
	Pregunta	Actores Locales (4)	Actores técnicos (2)	Actores institucionales (2)
¿Qué tan dispuesto(a) está a implementar nuevas prácticas de economía circular en la finca?	Alta disposición general; reconocen beneficios en productividad y ahorro si cuentan con apoyo. El propietario y los trabajadores muestran apertura pragmática, mientras que el productor contraste se muestra favorable, pero con cautela.	Total, disposición; lo ven como un paso necesario para modernizar la finca y mejorar sostenibilidad.	Alta disposición institucional; consideran la finca un posible piloto demostrativo regional.	Positiva; perciben que estas prácticas podrían beneficiar a la comunidad en el uso del agua y residuos. Exigen claridad y participación desde el inicio.
¿Qué condiciones considera necesarias para que estas prácticas sean exitosas?	Capacitación práctica, acceso a materiales, recursos básicos y acompañamiento técnico continuo. Necesidad de	Formación técnica, infraestructura adecuada y planificación	Articulación interinstitucional, financiamiento adaptado al contexto rural y participación activa de	Transparencia en los procesos, inclusión comunitaria, talleres informativos y resultados visibles para generar confianza

	integrar prácticas en las rutinas productivas diarias.	progresiva. Recomiendan iniciar con soluciones de bajo costo y alto impacto.	productores.	colectiva.
<b>¿Qué apoyo necesitaría para implementar nuevas prácticas de economía circular?</b>	Requieren capacitación, financiamiento inicial, dotación de herramientas y acompañamiento sostenido. Los tabuladores enfatizan la necesidad de asistencia práctica.	Apoyo técnico especializado y recursos iniciales. Recomiendan asistencia continua en campo.	Programas de financiamiento rural, asistencia técnica integral y seguimiento institucional.	Acompañamiento técnico comunitario, talleres, equipos básicos y organización interna para mantenimiento de prácticas.
<b>¿Cómo cree que reaccionaría la comunidad ante estos cambios?</b>	Se espera aceptación si se evidencian beneficios concretos (mayor producción, ahorro, mejoras locales). El productor contrasta afirma que “la gente se suma cuando ve que funciona”.	Prevén una reacción positiva si hay participación comunitaria desde el diseño y resultados tempranos.	Consideran que la receptividad es alta si se comunica bien la propuesta y se garantiza sostenibilidad técnica.	Reacción favorable si se garantiza inclusión, capacitación y se muestran resultados prácticos. Desconfianza inicial si no hay claridad.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6.**  
*Tabla de Codificación (Ítems 17-18)*

<b>Código</b>	<b>¿Qué tan dispuesto(a) está a implementar nuevas prácticas de economía circular en la finca?</b>	<b>¿Qué condiciones considera necesarias para que estas prácticas sean exitosas?</b>	<b>¿Qué apoyo necesitaría para implementar nuevas prácticas de economía circular?</b>	<b>¿Cómo cree que reaccionaría la comunidad ante estos cambios?</b>
<b>PROP-1</b>	Me gustaría, pero necesitamos alguien que nos ayude para entender todo	Pues primero el dinero, después el apoyo técnico y capacitación	Tendríamos que tener asesoría y recursos para el sitio	No a todos les gustan los cambios, pero creo que les gustaría
<b>TRAB-1</b>	Mientras que nos ayuden a mejorar todo, estaría bien, para que ahorremos y produzcamos mas	Recursos y conocimientos, pero si nos ponen a eso, ahí aprendemos	Capacitación y materiales, porque esas cosas que usted sugiere no se usan aquí en el campo	Si se hace bien y se apoya para que la gente conozca, creo que lo aceptarían
<b>TRAB-2</b>	Estoy dispuesto, mientras que eso ayude a que trabajemos mejor y aprovechemos todo.	Capacitación, materiales y que todos participen	Apoyo técnico y materiales, solo con las palabras no se puede	Si se les explica bien que se va a hacer, y lo bueno de esto, podría ser que lo acepten
<b>TEC-1</b>	Estaría totalmente dispuesto. De hecho, considero que la	Capacitación continua, acompañamiento técnico	Principalmente asistencia técnica especializada y financiamiento	La comunidad tiene una actitud abierta. Si se

	finca podría convertirse en un buen piloto para probar la economía circular.	sostenido, inversión inicial y participación activa de la comunidad	para infraestructura básica (paneles, biodigestor, sistemas de riego).	demuestra utilidad práctica y beneficios económicos, la adopción sería bastante positiva.
<b>INST-1</b>	Muy dispuesto. De hecho, promovemos la transición hacia sistemas agroecológicos y circulares en los predios rurales.”	Formación técnica, acompañamiento institucional, organización comunitaria y financiamiento inicial.”	Asistencia técnica continua, financiamiento dirigido a infraestructura básica y coordinación entre entes públicos y productores.”	La receptividad suele ser buena cuando se muestran resultados prácticos. Los productores rurales valoran las soluciones que reducen costos y mejoran rendimientos.
<b>INST-2</b>	Muy dispuesto. Considero que hay un potencial alto para aplicar estrategias circulares si se articula con un plan técnico bien estructurado.”	Formación continua, articulación institucional, participación activa de la comunidad y financiamiento inicial adaptado al contexto rural.”	Asistencia técnica especializada, seguimiento territorial, fortalecimiento de capacidades locales y recursos escalonados.”	Positivamente, siempre que se les involucre desde el inicio y vean resultados concretos en corto y mediano plazo.”
<b>COM-1</b>	Muy dispuesta. Creo que estas ideas pueden mejorar la calidad de vida y hacer más sostenible la producción	Capacitación clara, participación vecinal y apoyo técnico. Si se organiza bien, la comunidad responde.	Asesoría técnica y recursos iniciales. No se necesita lujo, solo orientación y herramientas adecuadas.	Positivamente, siempre y cuando se comunique bien y se vea el beneficio directo.
<b>COM-2</b>	Yo estoy de acuerdo con aplicar nuevas prácticas. Si ayudan a cuidar el agua y a producir mejor, hay que hacerlo. Lo importante es que se explique bien y se trabaje en conjunto.	Ccapacitación, apoyo técnico y participación vecinal.	Necesitaríamos asesoría técnica clara y algunos recursos básicos para empezar. No hace falta nada lujoso, pero sí herramientas, capacitación y acompañamiento para que las ideas se puedan aplicar de verdad	Positiva si se ve el beneficio claro.
<b>COM-3</b>	Estoy de acuerdo con aplicar nuevas prácticas, sobre todo si ayudan a que crezca este pueblo	Ccapacitación, apoyo y participación	Asesoría técnica clara y los recursos para ello	Creo que bien
<b>HAB-1</b>	Estoy de acuerdo. Si las prácticas ayudan a mejorar el uso del agua y la energía, hay que aplicarlas.	Capacitación práctica, participación de todos y apoyo técnico.	Apoyo técnico, herramientas básicas y acompañamiento constante.	Bien, sobre todo si se ven resultados en poco tiempo.
<b>CONT-1</b>	Muy dispuesto. De hecho, promovemos la transición hacia sistemas agroecológicos y circulares en los predios rurales.”	Formación técnica, acompañamiento institucional, organización comunitaria y financiamiento inicial.	Asistencia técnica continua, financiamiento dirigido a infraestructura básica y coordinación entre entes públicos y productores.”	La receptividad suele ser buena cuando se muestran resultados prácticos. Los productores rurales valoran las soluciones que reducen costos y mejoran rendimientos.
<b>CONT-2</b>	Totalmente dispuesto. Considero que este caso puede servir como piloto demostrativo de transición circular en zonas rurales.	Formación continua, articulación institucional, participación comunitaria activa y financiamiento inicial adaptado al contexto.	Asistencia técnica especializada, acompañamiento territorial y recursos financieros escalonados.”	Generalmente la receptividad es alta cuando se involucra a la comunidad desde el inicio y se muestran resultados prácticos y visibles.

Fuente: Elaboración propia.

En general, la disposición al cambio hacia prácticas de economía circular es alta entre todos los actores entrevistados, destacando especialmente el entusiasmo de los técnicos (INSAI y PASA) y de las vocerías comunitarias. Los productores y trabajadores manifiestan apertura, aunque algunos como el propietario de la otra finca, adoptan una postura más prudente, condicionada a observar resultados concretos antes de involucrarse plenamente.

En cuanto a las condiciones necesarias para que estas prácticas sean exitosas, se destacan recurrentemente cuatro elementos:

- Formación técnica y capacitación práctica, adaptada al contexto rural.
- Disponibilidad de recursos materiales e infraestructura básica.
- Acompañamiento técnico e institucional continuo.
- Organización comunitaria para coordinar esfuerzos y generar confianza colectiva.

Sobre los apoyos requeridos, tanto productores como técnicos e instituciones mencionan la necesidad de financiamiento dirigido, asistencia técnica y materiales, priorizando herramientas sencillas que faciliten la implementación gradual de sistemas circulares (ej. compostaje, biogás, paneles solares rurales).

Finalmente, respecto a la reacción comunitaria, la percepción general es positiva: la mayoría considera que la comunidad aceptaría estos cambios si se realizan procesos de sensibilización adecuados, se muestran beneficios tangibles y se incluyen espacios participativos. No obstante, se reconoce que podría haber resistencia inicial en algunos sectores más tradicionales, que requerirían ejemplos prácticos y acompañamiento para sumarse plenamente.

#### ***4.1.2. Resultados de Observación Directa (Datos Cualitativos)***

**4.1.2.1. Área Pecuaria / Compostaje.** La observación directa en el área pecuaria y de compostaje permitió identificar las dinámicas productivas, ambientales y organizativas

vinculadas a la cría de animales y el manejo de residuos orgánicos en la finca Los Horqueteros. Esta área tiene un rol importante tanto en la generación de alimentos (carne, leche, huevos) como en la provisión de insumos orgánicos para la agricultura, particularmente estiércol utilizado en procesos de fertilización y compostaje básico.

***Bloque I. Gobernanza Participativa – Ítem 3: Mecanismos de co-gestión***

- Se constató la existencia de reuniones informales en el área para coordinar actividades pecuarias y de compostaje. Si bien no existen comités formales constituidos, la participación comunitaria es media, evidenciada en la toma de decisiones compartidas sobre la limpieza de corrales, rotación de potreros y manejo de estiércol. Esto refleja una gobernanza participativa de base, sustentada en la interacción cotidiana más que en estructuras organizativas formales.

***Bloque II. Seguridad Alimentaria – Ítems 7 y 8: Diversificación productiva y Prácticas agroecológicas***

- La finca cuenta con una **superficie pecuaria de aproximadamente 1 ha**, en la que se desarrollan actividades de **cría de bovinos de carne y leche**, así como **producción avícola** (gallinas ponedoras y de engorde). Los productos obtenidos —carne, leche, huevos— se destinan tanto al **autoconsumo como a la venta local**, generando una fuente complementaria de seguridad alimentaria y económica.
- En cuanto a las prácticas agroecológicas (Ítem 8), se estima que **alrededor del 20 % de la superficie** incorpora técnicas sostenibles como reutilización de estiércol, sombra natural y rotación básica de potreros. No obstante, persiste el uso de insumos convencionales como **alimentos balanceados comerciales y**

**desparasitantes químicos**, lo que indica un **modelo productivo mixto**, en transición hacia mayores niveles de sostenibilidad.

**Tabla 7.**

*Seguridad Alimentaria Cualitativa (Pecuaria)*

Indicador	Resultado observado
<b>Diversificación pecuaria</b>	Bovinos (carne y leche), aves de corral, huevos
<b>Destino de la producción</b>	Autoconsumo y venta local
<b>Prácticas agroecológicas</b>	Reutilización de estiércol, sombra natural, rotación básica de potreros
<b>Prácticas convencionales</b>	Uso de balanceado comercial y desparasitación química
<b>Superficie bajo prácticas sostenibles</b>	20 % aproximadamente

**Bloque III. Salud Ambiental – Ítems 9 y 10: Manejo de residuos orgánicos y Calidad**

**del agua**

- En esta área se generan diariamente **más de 200 kg de estiércol y restos vegetales**, provenientes principalmente de gallinas y bovinos. Parte de estos residuos se canaliza hacia **compostaje básico o reincorporación al suelo**, mientras que otra fracción se desecha directamente en áreas no productivas, evidenciando un manejo parcial.
- La fuente principal de agua para esta área es el **río local**, con agua clara y sin olores, pero con **sedimentos visibles**. No se cuenta con análisis de laboratorio, por lo que se clasificó como “no cumple” con los parámetros básicos de calidad.

**Bloque IV. Eficiencia Energética – Ítem 12: Diversificación energética**

- La finca depende exclusivamente de la **energía eléctrica pública**, sin presencia de sistemas alternativos (solar o biogás). Se observó **dependencia total y bajones eléctricos frecuentes**, lo cual podría afectar la estabilidad de actividades que requieran refrigeración o maquinaria.

**Tabla 8.**

*Eficiencia Energética Cualitativa (Área Pecuaria)*

<b>Indicador</b>	<b>Resultado observado</b>
Fuente de energía	Eléctrica (100 %)
Energías alternativas	No existen
Confiabilidad	Dependencia total, bajones frecuentes

#### **Bloque V. Eficiencia Hídrica – Ítems 13 y 14: Captación de agua de lluvia y Reúso de aguas grises**

En el área pecuaria no existen sistemas de **captación de agua de lluvia**, lo que representa una **oportunidad de mejora** significativa, especialmente para la limpieza de corrales o riego de zonas forrajeras. El **reúso de aguas grises es limitado (≈10 %)** y se realiza de forma manual para riego en áreas cercanas.

**Tabla 9.**

*Eficiencia Hídrica Cualitativa (Pecuaria)*

<b>Indicador</b>	<b>Resultado observado</b>
------------------	----------------------------

<b>Indicador</b>	<b>Resultado observado</b>
Sistemas de captación de lluvia	No existen
Aprovechamiento de lluvia	0 %
Reúso de aguas grises	10 % aprox., principalmente para riego

## Bloque VI. Circularidad de Flujos – Ítems 15 y 16: Aprovechamiento de residuos y Cierre de ciclos productivos

El estiércol bovino y avícola constituye el principal insumo reincorporado a procesos agrícolas, utilizado como abono orgánico o material para compostaje básico. Se estima que entre 40 % y 50 % de los residuos orgánicos se aprovechan, generando al menos dos ciclos productivos cerrados:

1. Estiércol → compost/abono → fertilización de cultivos.
2. Restos vegetales → compost → mejora de suelos.

**Tabla 10**

*Circularidad de Flujos Cualitativa (Pecuaria)*

Indicador	Resultado observado
Porcentaje de residuos aprovechados	40–50 %
Residuos reincorporados	Estiércol bovino y avícola, restos vegetales
Ciclos cerrados	2 básicos
Oportunidades de mejora	Fortalecer compostaje y explorar biodigestores

### Observaciones generales

El área pecuaria presenta un **buen potencial para la integración circular**, especialmente a través del manejo de estiércol, aunque aún requiere mejoras en infraestructura hídrica, energética y formalización organizativa. Su articulación con el área agrícola es clave para cerrar ciclos productivos más eficientes.

#### 4.2.1 Área Hídrica y Energética / Servicios Generales

***Bloque I: Gobernanza Participativa***

- En esta área se identificaron mecanismos de organización comunitaria a través de reuniones informales y la existencia del consejo comunal, aunque no se observaron comités técnicos específicos. La participación comunitaria es de nivel medio, con actores locales involucrados en la coordinación de actividades relacionadas con el uso de agua y energía en la finca, principalmente para riego y distribución hacia las zonas productivas

***Bloque II: Seguridad Alimentaria***

- En esta sección no aplica directamente la producción agrícola o pecuaria, ya que el área se dedica principalmente a servicios de abastecimiento de agua y electricidad. Sin embargo, se identificaron puntos de conexión que distribuyen estos recursos hacia las áreas agrícolas y pecuarias, lo cual es clave para el funcionamiento integral de la finca

***Bloque III: Salud Ambiental***

- No se generan residuos orgánicos significativos; solo se observaron residuos sólidos menores (plásticos, empaques), que actualmente no cuentan con un sistema de clasificación o aprovechamiento. El agua proviene directamente de un río cercano sin potabilización previa, con olor y color normales, aunque con presencia de sedimentos. Los análisis de calidad disponibles indican que no cumple parámetros básicos de potabilidad, lo que representa un riesgo si se utiliza para consumo humano

***Bloque IV: Eficiencia Energética***

- La única fuente energética identificada es la **eléctrica pública**, con un uso del 100 %. Se evidenció **alta dependencia de la red nacional**, la cual presenta bajones frecuentes y no cuenta con sistemas de respaldo (paneles solares, generadores o biogás). Esta condición limita la resiliencia de la finca ante cortes eléctricos prolongados y es un punto crítico para futuros sistemas tecnológicos

#### ***Bloque V: Eficiencia Hídrica***

- No existen sistemas de captación de agua de lluvia. El porcentaje de aprovechamiento es 0 %. Se observó reutilización empírica de aguas grises provenientes de lavado doméstico, utilizadas para riego en pequeña escala (10 %-15 % del total estimado). No hay sistemas estructurados de almacenamiento ni distribución eficiente

#### ***Bloque VI: Circularidad de Flujos***

- No se aprovechan residuos en esta área y **no se identificaron ciclos productivos cerrados**. Esto indica que el espacio funciona únicamente como zona de paso y distribución de recursos, sin integrar principios de circularidad en su gestión

#### ***Observaciones Generales del Área***

- El sistema hídrico depende completamente del río, sin almacenamiento significativo ni sistemas de potabilización. No hay captación de agua de lluvia ni fuentes alternativas de energía. La reutilización de aguas grises es mínima y no estructurada. El suministro eléctrico único y poco confiable representa una **limitación importante para implementar prácticas circulares sostenibles** en el futuro.

#### **4.2.1 Área Agrícola / Productiva**

- La observación directa en el área agrícola permitió identificar las principales dinámicas de producción vegetal, manejo de recursos y organización comunitaria en la finca Los Horqueteros. Esta área constituye el núcleo productivo del sistema, ya que concentra la mayor parte de los cultivos de hortalizas y especies permanentes, desempeñando un papel clave en la seguridad alimentaria local y en el potencial de transición hacia prácticas de economía circular.

***Bloque I. Gobernanza Participativa – Ítem 3: Mecanismos de co-gestión***

- Durante la visita se constató la existencia de reuniones informales en el área agrícola para coordinar labores de siembra, riego y cosecha. Aunque no existen comités formales establecidos, se evidenció una participación comunitaria de nivel medio, con mecanismos cotidianos de toma de decisiones compartidas entre trabajadores y productores. Este tipo de organización refleja una gobernanza participativa básica, sustentada en la cooperación práctica y la comunicación directa entre actores locales.

***Bloque II. Seguridad Alimentaria – Ítems 7 y 8: Diversificación productiva y Prácticas agroecológicas***

- La finca presenta una diversificación significativa de cultivos, distribuidos en varias parcelas con extensión variable. Se observan cultivos de cebolla redonda, cebolla larga, cilantro, lechuga, repollo, calabacín, tomate, auyama, árboles de café y preparación de terreno para aguacate. La producción se destina tanto al autoconsumo como a la venta local, lo que fortalece la seguridad alimentaria y genera ingresos complementarios.

- En cuanto a las prácticas agroecológicas (Ítem 8), aproximadamente **30 % de la superficie agrícola** aplica técnicas sostenibles como **rotación de cultivos, uso de estiércol como abono orgánico, policultivos en hortalizas, asociación de cultivos y riego dirigido**. Sin embargo, persiste el uso de **agroquímicos comerciales y fertilizantes convencionales**, lo que evidencia un modelo de transición híbrido entre prácticas tradicionales y sostenibles.

**Tabla 11***Seguridad Alimentaria Cualitativa (Agrícola)*

<b>Indicador</b>	<b>Resultado observado</b>
<b>Tipos de cultivos</b>	Cebolla redonda, cebolla larga, cilantro, lechuga, repollo, calabacín, tomate, auyama, árboles de café, preparación de terreno para aguacate
<b>Destino de la producción</b>	Autoconsumo y venta local
<b>Prácticas agroecológicas</b>	Rotación de cultivos, uso de estiércol como abono, policultivos, asociación de cultivos, riego dirigido
<b>Prácticas convencionales</b>	Uso de agroquímicos comerciales y fertilizantes
<b>Superficie bajo prácticas sostenibles</b>	30 % aproximadamente

***Bloque III. Salud Ambiental – Ítems 9 y 10: Manejo de residuos orgánicos y Calidad del agua***

- En el área agrícola se generan diariamente más de 200 kg de residuos orgánicos, compuestos por estiércol (proveniente de actividades mixtas), restos vegetales y residuos de cosecha. Una parte importante de estos residuos se destina al compostaje básico o a su reincorporación al suelo como cobertura, mientras que otra fracción es desechada sin tratamiento, lo que evidencia un manejo parcial.
- La principal fuente de agua utilizada es un **río local**, con agua clara, sin olores perceptibles, pero con presencia de sedimentos. No se cuenta con análisis de laboratorio, por lo que el indicador de calidad se clasificó como “**no cumple**” con los parámetros básicos establecidos.

**Tabla 12.***Salud Ambiental Cualitativa (Agrícola)*

<b>Indicador</b>	<b>Resultado observado</b>
<b>Tipo de residuos</b>	Estiércol bovino y avícola, restos vegetales, residuos de cosecha
<b>Cantidad estimada diaria</b>	+200 kg (6 vacas) y 190kg (1500 gallinas)
<b>Disposición</b>	Compostaje parcial, reincorporación al suelo, desecho sin tratamiento
<b>Fuente principal de agua</b>	Río local
<b>Calidad del agua</b>	Clara, sin olor, con sedimentos visibles; sin análisis → No cumple

***Bloque IV. Eficiencia Energética – Ítem 12: Diversificación energética***

- En esta área no se identificaron **fuentes de energía alternativas**. La finca depende totalmente de la **red eléctrica pública**, con un uso del 100 % para labores de bombeo, refrigeración y procesamiento. Se registraron bajones

eléctricos durante la observación, lo que representa un factor de vulnerabilidad para la continuidad de las actividades agrícolas.

**Tabla 13.**

*Eficiencia Energética Cualitativa (Agrícola)*

Indicador	Resultado observado
Fuente de energía	Eléctrica (100 %)
Energías alternativas	No existen
Confiabilidad	Dependencia total, bajones frecuentes

**Bloque V. Eficiencia Hídrica – Ítems 13 y 14: Captación de agua de lluvia y Reúso de aguas grises**

- No existen sistemas de captación de agua de lluvia en el área agrícola, lo que representa una **oportunidad de mejora** relevante, sobre todo considerando las condiciones climáticas locales. El **reúso de aguas grises** es limitado (aproximadamente 10 %) y se realiza principalmente en actividades de riego, de manera manual y sin sistemas integrados.

**Tabla 14.**

*Eficiencia Hídrica Cualitativa (Agrícola)*

Indicador	Resultado observado
<b>Sistemas de captación de lluvia</b>	No existen
<b>Aprovechamiento de lluvia</b>	0 %
<b>Reúso de aguas grises</b>	10 % aprox., principalmente para riego manual

**Bloque VI. Circularidad de Flujos – Ítems 15 y 16: Aprovechamiento de residuos y Cierre de ciclos productivos**

- Se observó un **aprovechamiento parcial de residuos agrícolas y pecuarios** para la fertilización de cultivos, principalmente mediante el uso de estiércol y restos vegetales. Se estimó que entre **40 % y 50 % de los residuos** son reincorporados a procesos productivos, dando lugar a **dos ciclos básicos cerrados**:
- Estiércol → compost/abono → fertilización de hortalizas.
- Restos vegetales → compost → mejora de suelos.

**Tabla 15.**

*Circularidad de Flujos Cualitativa (Agrícola)*

<b>Indicador</b>	<b>Resultado observado</b>
<b>Porcentaje de residuos aprovechados</b>	40–50 %
<b>Residuos reincorporados</b>	Estiércol bovino y avícola, restos vegetales
<b>Ciclos cerrados</b>	2 básicos
<b>Oportunidades de mejora</b>	Ampliar sistemas de compostaje, explorar biodigestores y captura de lixiviados

**Observaciones generales**

- El área agrícola muestra un **alto potencial para avanzar hacia sistemas circulares**, especialmente por la diversidad de cultivos y la disponibilidad de residuos orgánicos. Sin embargo, existen **limitaciones en infraestructura hídrica y energética**, así como en el manejo sistemático de residuos. La integración más estrecha con el área pecuaria y la incorporación de tecnologías

simples (captación de lluvia, biodigestores, energía solar) permitirían cerrar más ciclos productivos y mejorar la sostenibilidad general del sistema.

#### **4.2 Presentación de los Resultados (Datos Cuantitativos)**

La presentación de los datos cuantitativos permite obtener una visión estructurada y objetiva de la realidad observada, facilitando la identificación de patrones, tendencias y relaciones relevantes dentro del sistema analizado. A través de este enfoque se logra transformar la información recopilada en indicadores claros que respaldan el análisis posterior.

Estos datos permiten realizar comparaciones entre distintos ámbitos, evidenciar fortalezas y debilidades, así como reconocer áreas de oportunidad para el mejoramiento progresivo de las prácticas actuales. Al organizar la información de manera sistemática, se facilita la interpretación global y se sientan las bases para la toma de decisiones fundamentadas.

De esta manera, la exposición cuantitativa se convierte en un soporte clave para el desarrollo del análisis integral, complementando la información cualitativa y contribuyendo a una comprensión más completa de la dinámica general.

##### ***4.2.1 Resultados de Observación Directa (General - Cuantitativos)***

La información cuantitativa fue obtenida a partir de las tres fichas de observación directa aplicadas en las áreas agrícola/productiva, pecuaria/compostaje y energética-hídrica/servicios de la finca Los Horqueteros.

Los resultados se presentan de forma sintetizada a través de tablas y gráficos, organizados por bloques de análisis (Seguridad alimentaria, Salud ambiental, Eficiencia energética e hídrica, y Circularidad de flujos), con el fin de ofrecer una visión integral y comparativa de las condiciones actuales.

#### 4.2.1.1 Bloque II: Seguridad Alimentaria

- Se analizaron indicadores asociados a la diversificación productiva (Ítem 7) y a las prácticas agroecológicas (Ítem 8), ambos enmarcados dentro de la variable Desarrollo Humano Sustentable, dimensión Seguridad Alimentaria. Los resultados muestran que el área agrícola concentra una mayor superficie productiva (entre 3 y 4 ha), con 11 cultivos principales, incluyendo hortalizas, frutales y café, aplicando aproximadamente un 30 % de prácticas agroecológicas. Por su parte, el área pecuaria abarca 1 ha, dedicada a la cría de bovinos y aves, alcanzando un 20 % de prácticas sostenibles. En ambas áreas, la producción se destina al autoconsumo y a la venta local, lo que evidencia un modelo mixto de seguridad alimentaria y generación de ingresos.

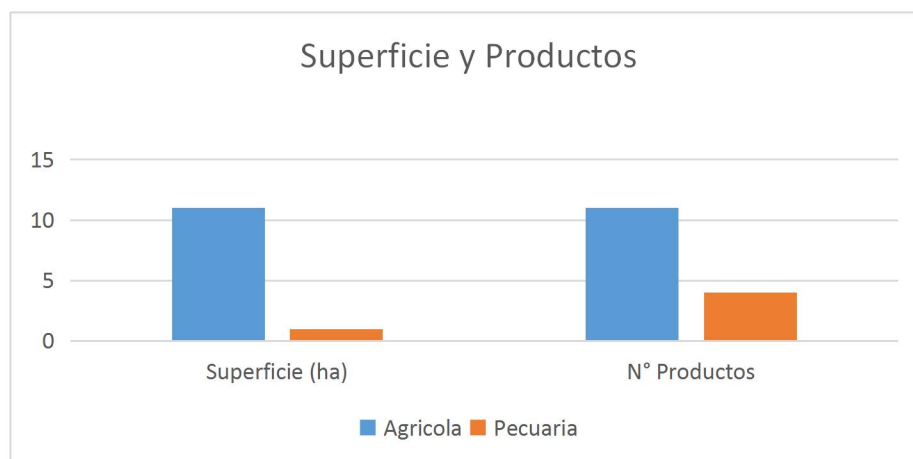
**Tabla 16**

#### *Seguridad Alimentaria Cuantitativa (Observación Directa)*

Área	Superficie aprox.	Nº cultivos / productos	Prácticas agroecológicas (%)	Destino de la producción
Agrícola	11 ha	11 (cultivos y café)	30 %	Autoconsumo y venta local
Pecuaria	1 ha	4 (carne de gallina, vaca, huevos y leche)	20 %	Autoconsumo y venta local

**Figura 1.**

#### *Superficie y Productos*



*Nota: Se evidencia una alta diversificación en el área agrícola (10 rubros principales) en contraste con la producción pecuaria más concentrada. Las prácticas agroecológicas representan el 20–30 % de la superficie, coexistiendo con esquemas convencionales de producción.*

#### **4.2.1.2 Bloque III. Salud Ambiental**

- Se evaluaron los ítems 9 (Manejo de residuos orgánicos) y 10 (Calidad del agua), correspondientes a la variable Desarrollo Humano Sustentable, en la dimensión Salud Ambiental. El análisis cuantitativo muestra que tanto en el área agrícola como en la pecuaria se generan volúmenes similares de residuos orgánicos, aproximadamente 200 kg diarios en cada una, provenientes principalmente de estiércoles y restos vegetales. De este total, se estima que entre el 40 % y el 50 % es aprovechado mediante procesos básicos de compostaje o reincorporación al suelo, mientras que el resto se desecha sin tratamiento adecuado, lo que representa un margen de mejora importante en la gestión interna de residuos.

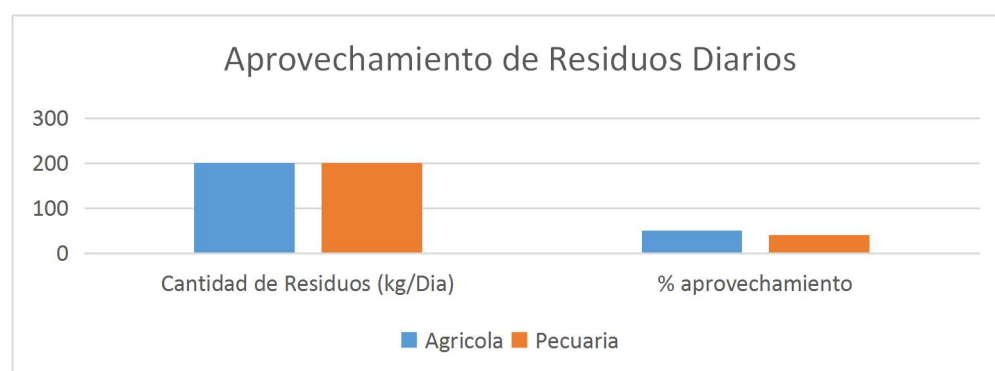
#### **Tabla 17.**

*Salud Ambiental Cuantitativa (Observación Directa)*

Área	Tipo de residuos principales	Cantidad aprox. (kg/día)	% aprovechamiento	Calidad de agua (cumple)
Agrícola	Estiércol + restos vegetales	200 kg (gallina)	50 %	No cumple (sedimentos)
Pecuaria	Estiércol bovino/avícola	200 kg (vaca)	40 %	No cumple (sedimentos)

**Figura 2.**

*Gráfica de Aprovechamiento de Residuos*



*Nota: En ambas áreas se generan volúmenes similares de residuos orgánicos, con un aprovechamiento estimado entre 40 y 50 %. Sin embargo, aún existe una porción significativa sin tratamiento adecuado. La calidad del agua no cumple parámetros básicos debido a sedimentos visibles.*

#### **4.2.1.3 Bloque IV. Eficiencia Energética**

- En el Bloque IV: Eficiencia Energética, correspondiente a la variable Gestión Energética e Hídrica, en la dimensión Eficiencia Energética y asociado al ítem 12 (Diversificación energética), se evidenció que todas las áreas de la finca — agrícola, pecuaria y energética/hídrica— dependen en un 100 % de la red eléctrica pública como única fuente de energía. No se identificaron sistemas alternativos

instalados, como paneles solares, biodigestores o generadores de respaldo, lo que refleja una ausencia total de diversificación energética.

- En términos de confiabilidad, se registraron bajones eléctricos frecuentes, que afectan tanto el funcionamiento de bombas de agua como la conservación de alimentos perecederos y el uso de equipos básicos. Esta condición supone una vulnerabilidad operativa significativa, ya que la producción depende de un suministro eléctrico externo inestable, sin mecanismos internos de contingencia para asegurar la continuidad de las actividades en caso de fallas prolongadas.

**Tabla 18.**

*Eficiencia Energética Cuantitativa (Observación Directa)*

<b>Área</b>	<b>Fuente principal</b>	<b>Energías alternativas</b>	<b>Confiabilidad</b>
<b>Agrícola</b>	Eléctrica 100 %	No existen	Bajones frecuentes
<b>Pecuaría</b>	Eléctrica 100 %	No existen	Bajones frecuentes
<b>Energética/Hídrica</b>	Eléctrica 100 %	No existen	Bajones frecuentes

*Nota: Todas las áreas dependen exclusivamente de la red eléctrica pública, sin fuentes, 0 alternativas implementadas, lo que representa una vulnerabilidad operativa ante fallas frecuentes.*

#### **4.1.2.4 Bloque V. Eficiencia Hídrica**

- En el Bloque V: Eficiencia Hídrica, correspondiente a la variable Gestión Energética e Hídrica, en la dimensión Eficiencia Hídrica y asociada a los ítems 13 (Aprovechamiento de agua de lluvia) y 14 (Reúso de aguas grises), se constató que ninguna de las áreas de la finca agrícola, pecuaria ni energética/hídrica cuenta

con sistemas de captación de agua de lluvia, registrándose un porcentaje de aprovechamiento de 0 %. Esta ausencia representa una oportunidad desaprovechada, especialmente en un contexto rural donde la recolección pluvial podría complementar significativamente el abastecimiento hídrico para actividades de riego, limpieza o uso doméstico básico.

- En cuanto al reúso de aguas grises, los resultados muestran que solo se reutiliza alrededor del 10 % del agua proveniente de actividades domésticas o de lavado, y esta práctica se realiza de manera empírica, sin infraestructura específica. El uso principal es el riego manual en áreas cercanas, sin sistemas de almacenamiento ni redes de distribución planificadas, lo que limita su impacto y eficiencia real.

Área	Captación de lluvia (%)	Reúso de aguas grises (%)
<b>Agrícola</b>	0 %	10 %
<b>Pecuaria</b>	0 %	10 %
<b>Energética/Hídrica</b>	0 %	10 %

*Nota: No existen sistemas de captación de agua lluvia en ninguna de las áreas, y el reúso de aguas grises es limitado (~10 %), aplicado de forma manual en riego básico. Esto evidencia un bajo aprovechamiento hídrico.*

#### **4.2.1.5 Bloque VI. Circularidad de Flujos**

- En el Bloque VI: Circularidad de Flujos, correspondiente a la variable Sistema Integral Circular, en la dimensión Circularidad de Flujos y asociada a los ítems 15 (Aprovechamiento de residuos) y 16 (Cierre de ciclos productivos), los resultados reflejan que la finca ha logrado establecer mecanismos básicos de integración

entre las áreas agrícola y pecuaria. Se estima que entre el 40 % y el 50 % de los residuos orgánicos generados —principalmente estiércol bovino y avícola, así como restos vegetales— son reincorporados a los procesos productivos a través de compostaje o aplicación directa como abono, generando dos ciclos productivos cerrados fundamentales

**Tabla 19**

*Circularidad de Flujos Cuantitativo (Observación Directa)*

Área	% Residuos aprovechados	Nº de ciclos cerrados	Ejemplos
Agrícola	40–50 %	2	Estiércol → abono; restos vegetales → compost
Pecuaria	40–50 %	2	Estiércol → compost; vegetales → suelo
Energética	X	X	—

*Nota: La finca logra cerrar al menos dos ciclos productivos básicos entre las áreas agrícola y pecuaria, aprovechando estiércoles y restos vegetales. Sin embargo, no existen procesos energéticos circulares (ej. biogás), lo cual representa un potencial de mejora.*

#### 4.2.2 Resultados de Matriz de Análisis Documental

La matriz de análisis documental permitió sistematizar información objetiva proveniente de registros productivos, de consumo y económicos de la finca Los Horqueteros, vinculada a los indicadores definidos en la operacionalización de variables: innovación social, desarrollo humano sustentable, gestión energética e hídrica y circularidad de flujos productivos. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos.

##### 4.2.2.1 Registros de Producción

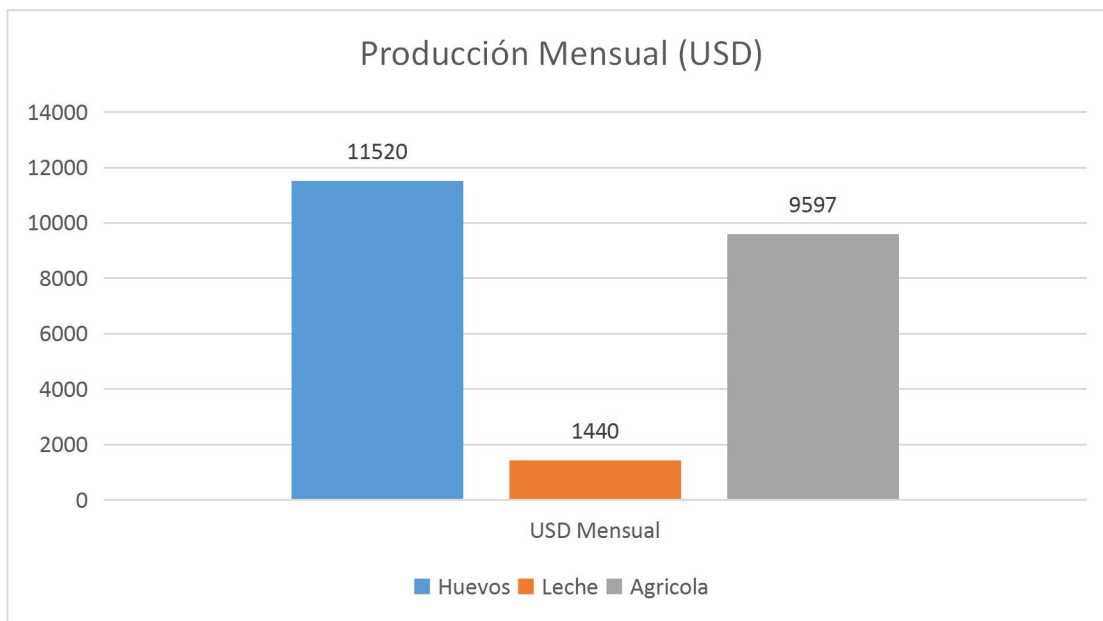
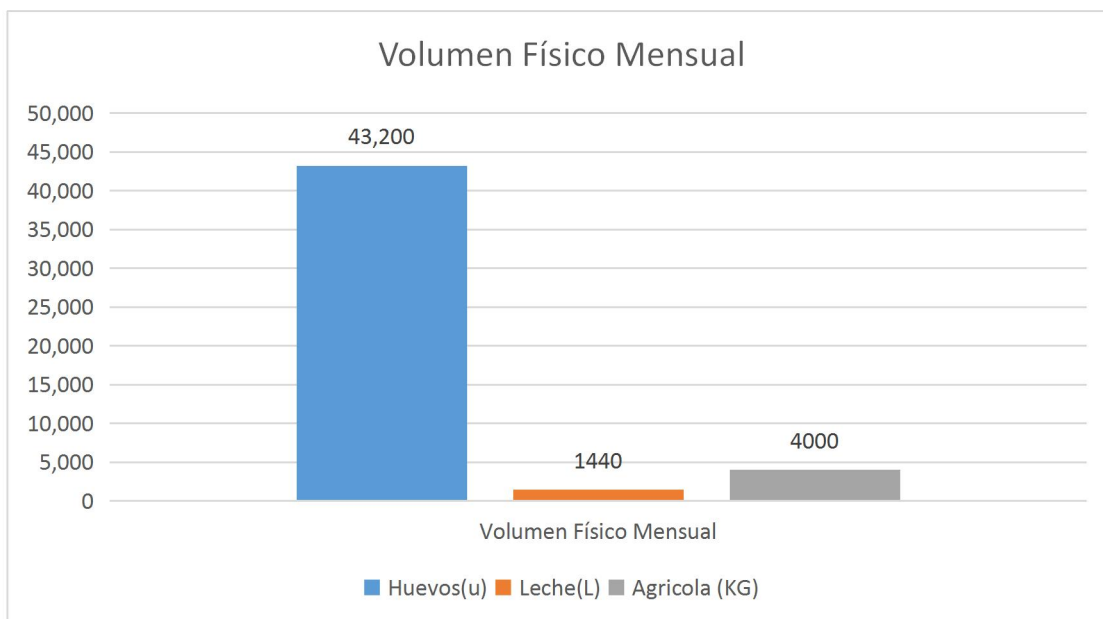
- La información documental vinculada con los registros de producción permitió sistematizar datos relacionados con los indicadores de capacitación en sostenibilidad (Ítem 6), prácticas agroecológicas (Ítem 8) y manejo de residuos orgánicos (Ítem 9).
- Estos registros abarcan aspectos clave de la actividad agrícola, pecuaria y avícola, tales como volúmenes de producción mensual, consumos de insumos, destino de la producción y gestión de subproductos orgánicos.
- En la siguiente tabla se sintetizan los principales resultados cuantitativos obtenidos a partir de la revisión de registros internos y estimaciones basadas en producción diaria.

**Tabla 20.**

##### *Registros de Producción*

Aspecto	Información Disponible	Período	Observaciones
Producción de huevos	1.500 gallinas → 1.440 huevos/día (≈96 % de postura) ⇒ 43.200 huevos/mes. Equivale a 1.440 cartones/mes (30 huevos/cartón) o 3.600 docenas/mes. Precio de referencia: 8 USD/cartón (30 u.) ⇒ Ingreso teórico mensual ≈ 11.520 USD.	Mensual	Los valores “4 cajas/día” y “120 cajas/mes” reportados informalmente no coinciden con 1.440 huevos/día; se prioriza el dato consistente con la postura diaria.
Producción de leche	6 vacas lecheras × 8 L/día	Mensual	

Producción agrícola	<p>promedio = <b>48 L/día</b>, equivalente a <b>1.440 L/mes</b>.          Conversión a queso: 8 L → 1 kg ⇒ <b>180 kg de queso/mes aprox.</b>          Precio de referencia queso llanero: 8 USD/kg ⇒ Ingreso teórico mensual ≈ <b>1.440 USD</b>.          Superficie de 3–4 ha con cultivos hortícolas: cebolla redonda, cebolla larga, cilantro, lechuga, repollo, calabacín, tomate, auyama, árboles de café y preparación para aguacate. Estimado por ciclo mensual (rendimiento medio × precios de mercado):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cebolla (1.000 kg × 2,55 USD) = 2.550 USD</li> <li>• Cebollín (600 kg × 3,39 USD) = 2.034 USD</li> <li>• Cilantro (200 kg × 4,89 USD) = 978 USD</li> <li>• Lechuga (300 kg × 2,45 USD) = 735 USD</li> <li>• Repollo (500 kg × 1,95 USD) = 975 USD</li> <li>• Calabacín (400 kg × 1,5 USD) = 600 USD</li> <li>• Tomate (500 kg × 3,05 USD) = 1.525 USD</li> <li>• Auyama (400 kg × 1 USD) = 400 USD</li> <li>• Café en grano (100 kg × 8 USD) = 800 USD</li> </ul>	Ciclo de producción	<p>Producción pequeña pero constante; se prioriza elaboración de queso artesanal para autoconsumo y venta local.</p> <p>Total, estimado ≈ 9.597 USD/mes en productos agrícolas.</p> <p>Aunque son variables</p>
Consumo de alimento animal	<p>4 sacos/día × 40 kg/saco = 160 kg/día, equivalente a 4.800 kg/mes. Precio promedio: 40 USD/saco ⇒ gasto mensual aproximado = 40 × 120 sacos = 4800 USD/mes.</p>	Mensual	<p>Uso moderado en cultivos hortícolas (cebolla, tomate, lechuga). Este es el gasto principal de la finca. Los precios fluctúan entre 35-40 USD por saco.</p>
Consumo de fertilizantes	<p>Uso moderado en cultivos hortícolas (cebolla, tomate, lechuga). Estimado mensual: 300 kg de fertilizante químico a un costo promedio de 1 USD/kg ⇒ 300 USD/mes.</p>	Mensual	<p>Se combina con abonos orgánicos locales; tendencia hacia reducción progresiva del uso químico.</p>
Registros de Disposición de Residuos Orgánicos	<p>Producción diaria ≈ 200 kg/día (estiércol bovino y avícola, restos vegetales). Se aprovecha entre 40 % y 50 % en compostaje o reincorporación a suelos. El resto se desecha en zonas no productivas.</p>	Mensual	<p>No existen registros escritos formales; la información proviene de observación directa y entrevistas. Hay potencial para ampliar el compostaje y cerrar más ciclos.</p>

**Figura 3.***Producción Mensual (USD)***Figura 4.***Volumen Físico Mensual*

#### 4.2.2.2 Registros de Consumo

- En relación con los registros de consumo, se analizaron indicadores de dependencia energética externa (Ítem 11), aprovechamiento de agua de lluvia (Ítem 13) y reúso de aguas grises (Ítem 14). La revisión documental permitió identificar los principales recursos utilizados en las actividades productivas, sus patrones de consumo, costos asociados y posibles variaciones estacionales.
- En la siguiente tabla se presentan los valores promedio mensuales estimados de energía eléctrica, agua, combustibles y gas doméstico, destacando la dependencia de la red pública y el uso de fuentes naturales no facturadas.

**Tabla 21.**

#### *Registros de Consumo*

Recurso	Consumo Promedio	Costo Mensual	Variaciones Estacionales
<b>Energía eléctrica (kWh)</b>	Consumo bajo–moderado (iluminación, 2 neveras y equipos básicos). 120KWH	20 USD	Consumo bajo–moderado (iluminación, 2 neveras y equipo ligero)
<b>Agua (m<sup>3</sup> o litros)</b>	Fuente principal: río naciente. Sin medición formal. Uso para riego, animales y limpieza. Estimado 20–25 m <sup>3</sup> /mes.	0 USD (no facturación)	Mayor uso en época seca (riego intensivo); menor en lluvias.
<b>Combustibles</b>	Camión 3.5 t: 220 L/mes (4 km/L). • Camioneta/pick-up: 110 L/mes (8 km/L). Vehículos agrícolas internos: Tractor 120 L/mes; Moto 8,6 L/mes. (Supuesto de precio combustible: ~0,80 USD/L)	≈ <b>191–279 USD/mes</b> • Con <b>camioneta</b> : $(110 + 120 + 8,6) L \times 0,80 \approx 191 \text{ USD}$ . • Con <b>camión</b> : $(220 + 120 + 8,6) L \times 0,80 \approx 279 \text{ USD}$ .	Más viajes en cosecha y picos de venta; mayor consumo de tractor en siembra/cosecha.
<b>Gas doméstico</b>	Consumo moderado para cocina (≈ 1 bombona/mes).	5–10 USD	Estable todo el año; posibles retrasos logísticos en distribución.

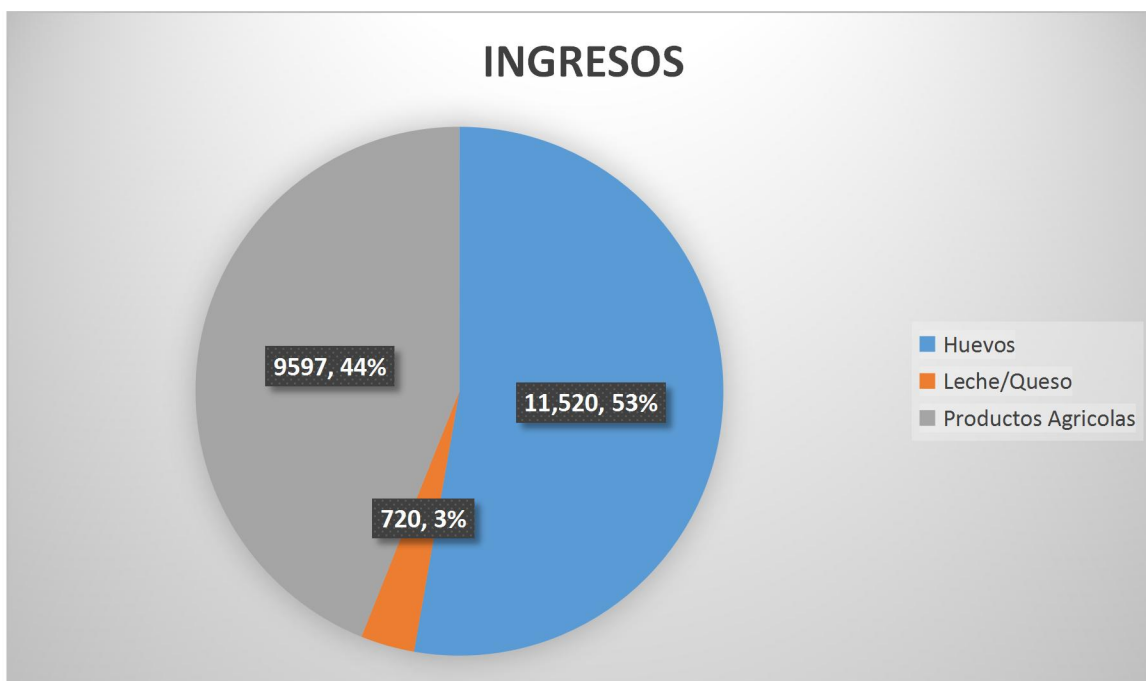
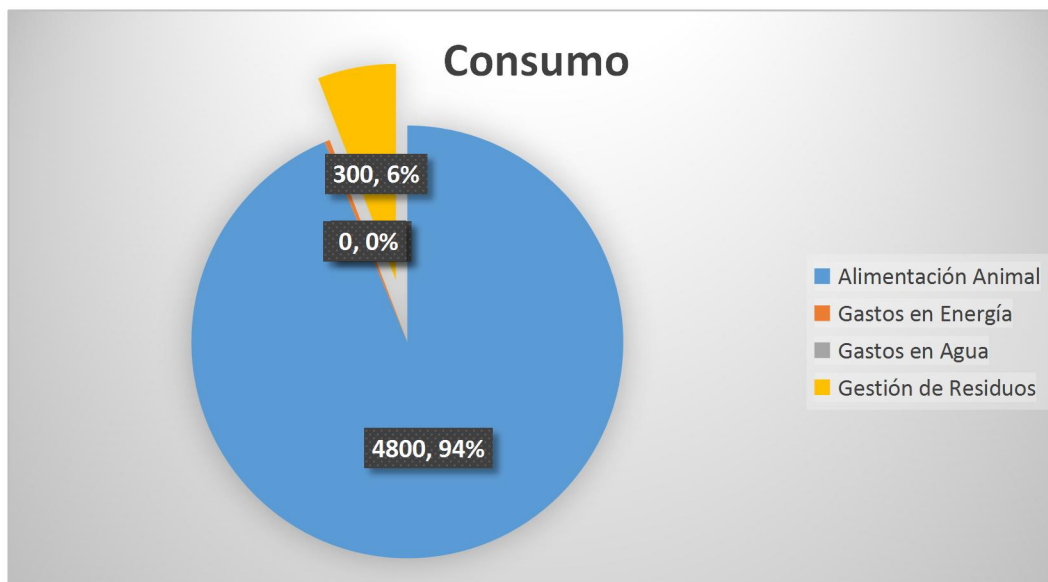
### 4.2.2.3 Análisis Económico

- Finalmente, el análisis económico documental permitió abordar los indicadores relacionados con **aprovechamiento de residuos (Ítem 15)** y **cierre de ciclos productivos (Ítem 16)**. Se organizaron los ingresos y gastos mensuales en función de las principales líneas productivas (huevos, leche/queso y productos agrícolas) y de los rubros de gasto más representativos (alimentación animal, energía, agua y gestión de residuos).
- La siguiente tabla muestra la estructura económica estimada, que evidencia una alta participación de la producción agrícola y avícola en los ingresos, así como una fuerte dependencia de insumos externos en la estructura de gastos.

**Tabla 22.**

#### *Análisis Económico*

Concepto	Ingreso/Gasto Mensual	Porcentaje del Total	Tendencia
INGRESOS			
Venta de huevos	Ingreso: 11.520 USD.	53%	Estable; depende de la postura y demanda local.
Venta de leche/queso	Ingreso: 720USD	3%	Variable según producción estacional y precios.
Venta de productos agrícolas	Ingreso: 9.597\$	44%	Alta estacionalidad (siembra/cosecha), precios relativamente estables.
GASTOS			
Alimentación Animal	Gasto: 4800\$	93.75	Alta proporción; sensible a precios de insumos.
Gastos en energía	Gasto: 20\$	0.39%	Estable todo el año.
Gastos en agua	Gasto: 0\$	0%	Nulo (uso de fuente natural sin facturación).
Gestión de residuos	Gasto: 300\$	5.86%	Inversiones puntuales en compostaje, manejo básico.

**Figura 5.***Gráfico de Ingresos***Figura 6.***Gráfico de Consumo*

### **4.3 Análisis de Resultados Cualitativos**

La presentación del análisis de los datos cualitativos tiene como propósito interpretar de manera sistemática y profunda la información obtenida a través de técnicas no estructuradas, como entrevistas semiestructuradas y observación directa. A diferencia de los datos cuantitativos, que permiten medir y comparar numéricamente indicadores específicos, el enfoque cualitativo se centra en comprender significados, percepciones, prácticas y dinámicas sociales que subyacen a los procesos observados en la finca Los Horqueteros. Esta aproximación es esencial para contextualizar los resultados, identificar patrones de comportamiento, reconocer fortalezas y debilidades organizativas y revelar oportunidades de transformación hacia un modelo más sostenible.

El análisis se organiza siguiendo los bloques e ítems definidos en la matriz de operacionalización de variables, lo que garantiza la trazabilidad entre la información empírica recolectada y los objetivos de investigación. De esta forma, los resultados cualitativos permiten explorar en profundidad aspectos vinculados a la innovación social, el desarrollo humano sustentable, la gestión energética e hídrica y la circularidad de flujos, abordando tanto percepciones y prácticas de los actores locales como evidencias observadas en campo. Este enfoque facilita una comprensión integral de la realidad estudiada, complementando los hallazgos numéricos y fortaleciendo el análisis global.

A lo largo de esta sección, se presentan los resultados de manera articulada y coherente, en párrafos analíticos que agrupan la información por bloques temáticos. Se destacan patrones comunes entre los diferentes actores, divergencias relevantes, limitaciones estructurales y potencialidades de cambio, con el fin de ofrecer una interpretación sólida que sustente el diseño de estrategias futuras orientadas a la sostenibilidad y la economía circular en el contexto rural venezolano.

#### ***4.3.1 Análisis de Entrevistas Semiestructuradas***

A partir de las doce entrevistas semiestructuradas se evidencian patrones consistentes y matices por tipo de actor que permiten comprender, desde la experiencia situada, cómo funciona la finca y qué tan preparada está para transitar hacia un modelo de economía circular. En el bloque de innovación social (variable Innovación Social; dimensión Empoderamiento comunitario; ítems 1–6) emerge un arreglo decisional mixto: al interior de la finca las decisiones cotidianas las concentra el propietario junto con los trabajadores de mayor antigüedad, mientras que para asuntos que impactan a la comunidad (uso del agua, mantenimiento de caminos, acceso a nacientes) afloran mecanismos de consulta vecinal y reuniones informales canalizadas, de manera intermitente, por el Consejo Comunal.

En términos del ítem 1 (nivel de participación comunitaria, parte A) los actores técnico-productivos reconocen la centralidad del propietario en la conducción operativa; los comunitarios y el productor de contraste matizan que, cuando el tema es compartido, la finca «abre la puerta» a la deliberación local. El ítem 2 (formas de comunicación) confirma la primacía de canales directos: conversación en campo, llamadas y grupos de WhatsApp para avisos y coordinación rápida; las reuniones formales existen, pero son esporádicas y orientadas a problemas específicos. Respecto al ítem 3 (mecanismos de cogestión), la mayoría reconoce al Consejo Comunal como interfaz básica con el entorno institucional, aunque perciben su alcance limitado; en la práctica, la cogestión ocurre por «acción colectiva ad hoc» para limpieza del nacimiento, reparto de agua o arreglo de vías, lo cual sugiere capacidades organizativas latentes que podrían estructurarse mejor.

La autoeficacia colectiva (ítems 4 y 5 de la misma dimensión) aparece alta en todos los grupos: trabajadores y productor dicen sentirse capaces de proponer ajustes en siembra, riego y manejo de estiércol; los líderes comunitarios señalan que pueden influir en la coordinación del

uso del agua y en la convocatoria; los técnicos de INSAI y PASA refieren experiencia para introducir rotaciones, bioinsumos y medidas de ahorro hídrico-energético. Esta percepción se acompaña de apertura al aprendizaje: incluso quienes se autodefinen como «tradicionales» aceptan capacitarse si el contenido es práctico y adaptado al contexto rural. No obstante, el ítem 6 (capacitación en sostenibilidad) revela una brecha: no hay un programa formativo sistemático; lo que existe son aprendizajes empíricos y asesorías puntuales.

Los temas priorizados convergen entre actores: manejo eficiente del agua (captación/almacenamiento/filtrado), alternativas energéticas rurales (solar y, en menor medida, biogás), producción y uso de biofertilizantes, y organización comunitaria para sostener las prácticas. En síntesis, la variable Innovación Social muestra bases relacionales y motivacionales favorables —comunicación directa, disposición a proponer, alta apertura a la formación— pero todavía con débil institucionalización de la cogestión y de los procesos de capacitación.

En el bloque de desarrollo humano sustentable (variable Desarrollo Humano Sustentable; dimensión Seguridad alimentaria; ítem 7, y dimensión Salud ambiental; ítems 8–10) la finca se perfila como un sistema diversificado y complementario. Los informantes coinciden en que se cultivan hortalizas de ciclo corto (cebollas, cilantro, lechuga, repollo, calabacín, tomate, auyama) junto a café en crecimiento y un plan incipiente para aguacate; a ello se suman aves y bovinos que aportan huevos, leche y estiércol.

Desde el ítem 7, la diversidad opera como seguro productivo y alimentario: si un rubro falla, otro compensa; además, garantiza disponibilidad de alimentos frescos para autoconsumo y excedentes para venta local. El productor de contraste resalta la combinación de ciclos cortos y largos como estrategia para estabilizar ingresos a lo largo del año. En el ítem 8 (prácticas agroecológicas) los testimonios describen un modelo en transición: se aplican rotaciones,

asociaciones y reutilización de estiércol, pero conviven con insumos comerciales y desparasitación química; los técnicos sugieren que esta base permite escalar hacia manejo integrado de suelos y control biológico.

En cuanto a la salud ambiental (ítem 9, manejo de residuos orgánicos), todos reportan generación diaria significativa de estiércoles y restos vegetales; alrededor de la mitad se aprovecha en compost o abonado directo, mientras que el resto se desecha o se maneja de manera poco sistemática, señalando una oportunidad clara de mejora. El ítem 10 (calidad del agua) introduce una alerta: se usa agua de naciente con sedimentos visibles y sin análisis de laboratorio reciente, por lo que, aun percibiéndose «limpia», no cumple parámetros básicos para consumo; los entrevistados plantean la necesidad de filtración y almacenamiento.

El bloque de gestión energética e hídrica (variable Gestión Energética e Hídrica; dimensión Eficiencia energética, ítem 12; y dimensión Eficiencia hídrica, ítems 13–14) muestra consensos amplios. En energía, todos los actores confirman dependencia total de la red eléctrica para iluminación y refrigeración, con bajones frecuentes que afectan continuidad operativa; no hay fuentes alternativas instaladas. Técnicos e institucionales recomiendan empezar con paneles solares de pequeña escala para frío y bombeo, y explorar biodigestores a partir de estiércoles; los actores locales se muestran favorables si existe financiamiento y acompañamiento.

En agua, los informantes describen un esquema basado en extracción directa del río naciente, sin captación de lluvia ni reúso de aguas grises más allá de prácticas puntuales; en época seca la presión sobre el riego aumenta. Las propuestas recurrentes incluyen canaletas y tanques para cosecha de lluvia, filtración primaria y riego por gravedad o goteo de bajo costo, lo que conectaría esta dimensión con la de salud ambiental al reducir carga sobre el cauce y controlar sólidos.

Finalmente, en el bloque de sistema integral circular (variable Sistema Integral Circular; dimensión Circularidad de flujos; ítems 15–16 e ítems 17–18 sobre disposición al cambio) se observa que ya existen dos ciclos biológicos básicos: estiércol→abono/compost→fertilización y restos vegetales→compost→mejora de suelo. Sin embargo, su alcance es parcial y carecen de registros sistemáticos; no hay aún integración energética (biogás) ni hídrica (reúso estructurado), por lo que la circularidad es incipiente pero tangible.

En cuanto a disposición al cambio (ítems 17–18), la narrativa es clara: la mayoría expresa alta voluntad de implementar prácticas circulares si se cumplen cuatro condiciones repetidas en casi todas las voces: capacitación práctica y continua, dotación de materiales e infraestructura básica, acompañamiento técnico-institucional sostenido y organización comunitaria que garantice participación y mantenimiento. El tono prudente de algunos actores tradicionales se mitiga cuando se proponen pilotos demostrativos y se transparentan costos-beneficios. La expectativa sobre la reacción comunitaria es mayoritariamente positiva siempre que haya información clara, inclusión y resultados visibles en corto plazo (ahorros, rendimiento, calidad del agua).

En conjunto, el relato de entrevistas semiestructuradas confirma que la finca dispone de capital social y productivo suficiente para emprender una transición gradual: hay comunicación directa y confianza operativa, diversidad de rubros que facilita cerrar ciclos, y actores técnicos e institucionales dispuestos a acompañar. Los nudos críticos —capacitación sistemática, infraestructura mínima para agua y energía, y formalización de la cogestión— no invalidan la factibilidad; más bien orientan el diseño del capítulo proyectivo hacia intervenciones de bajo costo y alto impacto, articuladas con procesos participativos, que conviertan las prácticas hoy dispersas en un sistema circular integrado y sostenible.

### **4.3.2 Análisis de los Datos Cualitativos de la Observación Directa**

El análisis cualitativo de la observación directa permite comprender de manera profunda las dinámicas sociales, productivas y ambientales presentes en las diferentes áreas de la finca Los Horqueteros. A partir de la información recolectada en campo, se identificaron prácticas, percepciones y formas organizativas que complementan los datos cuantitativos previamente presentados, ofreciendo así una visión integral del sistema productivo y su potencial de transición hacia esquemas más sostenibles y circulares.

La información se organiza por bloques temáticos correspondientes a las variables e ítems definidos en la matriz de operacionalización: Gobernanza Participativa, Seguridad Alimentaria, Salud Ambiental, Eficiencia Energética, Eficiencia Hídrica y Circularidad de Flujos.

#### **4.3.2.1 Bloque I: Gobernanza Participativa**

En las tres áreas analizadas (agrícola, pecuaria y energética-hídrica) se observó la presencia de mecanismos de organización comunitaria basados principalmente en reuniones informales y coordinación cotidiana entre actores locales. Si bien no existen estructuras formales consolidadas como comités técnicos o juntas productivas, la participación comunitaria es de nivel medio, especialmente en la organización de actividades agrícolas y pecuarias.

La diversificación observada (11 rubros agrícolas + 4 productos pecuarios) no es meramente un dato técnico; representa una estrategia empírica de gestión de riesgos que la finca ha desarrollado sin teorización explícita. Esta práctica replica, de manera intuitiva, principios agroecológicos documentados por Altieri (2002) sobre policultivos y estabilidad sistémica, lo que sugiere que el conocimiento local anticipó soluciones que la academia formalizaría después.

Sin embargo, el análisis cuantitativo revela una paradoja: mientras la diversidad biológica es alta (11 cultivos), la diversidad de prácticas sostenibles es baja (solo 30% de superficie con manejo agroecológico). ¿Por qué existe esta brecha?

Tres interpretaciones posibles emergen de la triangulación de datos:

- Hipótesis económica: Los cultivos con mayor peso comercial (cebolla, tomate) mantienen esquemas convencionales porque los compradores locales no pagan sobreprecio por producción orgánica, desincentivando la transición.
- Hipótesis técnica: La falta de capacitación sistemática (ítem 6) limita la adopción de prácticas agroecológicas a aquellos procesos que no requieren conocimiento especializado (compostaje básico), mientras que técnicas más complejas (control biológico de plagas, inoculación con micorrizas) permanecen inaccesibles.
- Hipótesis cultural: La coexistencia de prácticas tradicionales (uso de estiércol) con insumos modernos (agroquímicos) refleja una identidad productiva híbrida, común en la ruralidad venezolana contemporánea, donde conviven saberes ancestrales con paquetes tecnológicos de la revolución verde.

Esta última interpretación es consistente con los hallazgos de Morillo Piña et al. (2022) sobre bioinsumos en Venezuela, quienes identificaron que la adopción de prácticas circulares no es binaria (tradicional vs. moderno) sino sincrética, combinando elementos de ambos paradigmas según contexto y recursos disponibles.

Cualquier propuesta de sistema integral circular para Los Horqueteros debe partir de esta hibridez existente en lugar de intentar sustituirla radicalmente, diseñando transiciones graduales que respeten la racionalidad económica y técnica actual de los productores.

#### **4.3.2.2 Bloque II: Seguridad Alimentaria**

En el área agrícola se constata una diversificación significativa de cultivos, con al menos diez rubros principales entre hortalizas y productos permanentes (como café y futuros cultivos de aguacate), destinados tanto al autoconsumo como a la venta local. Esta diversificación fortalece

la autosuficiencia alimentaria y genera ingresos complementarios. En el área pecuaria, se identificó la producción de leche, carne y huevos en una superficie aproximada de 1 ha, combinando bovinos y aves de corral.

En relación con las prácticas agroecológicas (Ítem 8), aproximadamente el 20 % de la superficie pecuaria y el 30 % de la agrícola aplican técnicas sostenibles como rotación de cultivos, uso de estiércol como abono, policultivos, sombra natural y riego manual eficiente. Sin embargo, se mantiene el uso de agroquímicos, balanceados y desparasitantes convencionales, lo cual configura un modelo productivo híbrido en transición hacia una mayor sostenibilidad.

#### **4.3.2.3 Bloque III: Salud Ambiental**

La observación directa permitió identificar que tanto en el área agrícola como en la pecuaria se generan diariamente más de 200 kg de residuos orgánicos (estiércol, restos vegetales y residuos de cosecha). Una parte importante de estos residuos se reincorpora al suelo mediante compostaje básico, pero otra fracción significativa es desechada sin tratamiento, lo que evidencia un manejo parcial y oportunidades de mejora.

La fuente principal de agua en ambas áreas es un río local con características organolépticas aceptables (clara, sin olor), pero con sedimentos visibles. No se cuenta con análisis de laboratorio, por lo que se clasificó como “no cumple” los parámetros básicos de calidad. En el área energética-hídrica no se generan residuos orgánicos significativos, aunque se identificó la presencia de desechos sólidos menores sin sistemas de clasificación o reciclaje.

#### **4.3.2.4 Bloque IV: Eficiencia Energética**

En todas las áreas analizadas se constató una dependencia absoluta de la red eléctrica pública, sin implementación de fuentes alternativas como energía solar, generadores o sistemas de biogás. Esta condición representa un factor crítico, ya que se observaron bajones eléctricos

frecuentes que afectan potencialmente actividades agrícolas y pecuarias que dependen de refrigeración, bombeo o procesamiento. La ausencia de sistemas de respaldo limita la resiliencia de la finca ante interrupciones prolongadas y constituye uno de los principales cuellos de botella para la sostenibilidad tecnológica futura.

#### **4.3.2.5 Bloque V: Eficiencia Hídrica**

No se identificaron sistemas de captación de agua de lluvia en ninguna de las áreas. El aprovechamiento es 0 %, lo que representa una oportunidad clara para optimizar la gestión hídrica considerando las condiciones climáticas locales. El reúso de aguas grises se realiza de forma empírica y manual, alcanzando aproximadamente un 10 % en actividades básicas de riego. No existen infraestructuras estructuradas para almacenamiento o distribución eficiente del recurso, lo que limita su potencial aprovechamiento en la finca.

#### **4.3.2.6 Bloque VI: Circularidad de Flujos**

En las áreas agrícola y pecuaria se observa un aprovechamiento parcial de residuos orgánicos, estimado entre 40 % y 50 %, principalmente mediante el uso de estiércol y restos vegetales en compostaje básico. Esto permite cerrar al menos dos ciclos productivos fundamentales:

- Estiércol → compost/abono → fertilización de cultivos.
- Restos vegetales → compost → mejora de suelos.

No se evidenciaron prácticas de circularidad energética (como biodigestores), ni integración de flujos en el área de servicios. Esto revela un avance incipiente en términos de economía circular, con potencial significativo para fortalecer la sinergia entre las áreas productivas y diversificar el aprovechamiento de recursos mediante tecnologías de bajo costo.

#### **4.3.2.7 Conclusión del análisis cualitativo**

En conjunto, los datos cualitativos muestran que la finca Los Horqueteros cuenta con una base organizativa comunitaria activa, diversidad productiva y prácticas sostenibles en transición, pero enfrenta limitaciones en infraestructura hídrica, energética y manejo sistemático de residuos. Estas condiciones conforman un escenario con claros desafíos, pero también con oportunidades estratégicas para la implementación progresiva de un sistema integral agroecológico y

## **4.4 Análisis de Resultados Cuantitativos**

### ***4.4.1 Análisis de los datos cuantitativos de la observación directa***

La información cuantitativa obtenida mediante las fichas de observación directa aplicadas en la finca Los Horqueteros permitió caracterizar de forma objetiva las condiciones actuales de producción, salud ambiental, eficiencia energética e hídrica y circularidad de flujos. Los datos se agruparon por bloques de análisis, en correspondencia con las dimensiones e indicadores definidos en la matriz de operacionalización:

#### **4.4.1.1 Bloque II. Seguridad Alimentaria**

(Ítems asociados: 8 – Variable: Desarrollo Humano Sustentable – Dimensión: Seguridad Alimentaria – Indicador: Prácticas Agroecológicas)

Los resultados muestran que la finca posee una superficie agrícola de 3–4 hectáreas, dedicada a 11 cultivos principales (hortalizas y café), y un área pecuaria de 1 hectárea orientada a la cría de aves y bovinos para carne, leche y huevos. En el ámbito agrícola, las prácticas agroecológicas representan aproximadamente 30 % de la superficie total, mientras que en la pecuaria alcanzan un 20 %, coexistiendo con métodos convencionales de producción.

Este patrón refleja una diversificación productiva significativa en el área agrícola, que fortalece la Seguridad Alimentaria local y familiar a través del autoconsumo y la venta en circuitos cortos (mercados locales). Se evidencia además una complementariedad entre áreas agrícolas y pecuarias: la primera orientada a cultivos intensivos de hortalizas y café, y la segunda centrada en la provisión de proteínas animales y estiércol.

Desde la perspectiva del Ítem 8, este bloque pone de manifiesto un avance parcial hacia modelos agroecológicos —limitado aún a superficies específicas— que requiere fortalecerse mediante estrategias de transición técnica, capacitación comunitaria y manejo integrado de suelos. Los datos cuantitativos respaldan la existencia de prácticas sostenibles incipientes, pero

también la predominancia de esquemas convencionales que podrían optimizarse para alcanzar una mayor resiliencia alimentaria.

#### **4.4.1.2 Bloque III. Salud Ambiental**

(Ítems asociados: 9 – Variable: Desarrollo Humano Sustentable – Dimensión: Salud Ambiental – Indicador: Manejo de residuos orgánicos)

La observación directa permitió identificar los principales flujos de residuos orgánicos generados en las áreas agrícola y pecuaria. En ambas se producen en promedio 200 kg diarios de estiércol y restos vegetales, de los cuales se aprovecha entre 40 % y 50 % para compostaje o reincorporación a suelos productivos.

Esta proporción evidencia la existencia de prácticas de reciclaje orgánico, aunque todavía de alcance limitado. El Ítem 9 permite evaluar estas acciones en términos de salud ambiental: si bien hay procesos básicos de aprovechamiento, todavía existe una fracción importante de residuos sin tratamiento adecuado, que se deposita en zonas no productivas o a cielo abierto, lo que representa riesgos ambientales y oportunidades desaprovechadas para mejorar la fertilidad del suelo.

En cuanto a la calidad del agua, las observaciones indican la presencia de sedimentos visibles, lo que implica que no se cumplen parámetros básicos de potabilidad ni de riego óptimo. Esta condición puede estar relacionada con la ausencia de sistemas de filtración y el uso directo de agua de río sin tratamiento, afectando la calidad sanitaria de las actividades agropecuarias.

Este bloque refleja claramente que, aunque se han desarrollado prácticas rudimentarias de compostaje y reincorporación, el manejo de residuos orgánicos y del agua requiere mayor sistematización, infraestructura básica y control sanitario para alinearse con criterios de desarrollo humano sustentable y salud ambiental.

#### 4.4.1.3 Bloque IV. Eficiencia Energética

(Ítems asociados: 11 – Variable: Gestión Energética e Hídrica – Dimensión: Eficiencia Energética – Indicador: Dependencia Energética Externa)

El 100% de dependencia de la red eléctrica pública no es solo un dato técnico; es una manifestación espacial de la crisis energética venezolana documentada por Hernández y Zuñiga (2019) y López González (2024). Sin embargo, la interpretación de este hallazgo requiere superar la lectura superficial de "problema a resolver" para comprender sus múltiples dimensiones causales:

Dimensión histórica: La centralización energética en Venezuela (1960-2020) desincentivó sistemáticamente inversiones en generación distribuida. Los Horqueteros no "eligió" depender de CORPOELEC; heredó un modelo donde las alternativas fueron estructuralmente inaccesibles.

Dimensión económica: El costo inicial de sistemas fotovoltaicos ( $\approx 3.000-5.000$  USD para una instalación rural básica) contrasta con los ingresos mensuales de la finca ( $\approx 22.500$  USD según Tabla 22), lo que técnicamente haría viable la inversión. Sin embargo, el análisis de la Tabla 22 revela que el 93,75% de gastos corresponde a alimento balanceado animal, dejando margen financiero insuficiente para inversiones de capital sin financiamiento externo.

Dimensión técnica (triangulación crítica): Las entrevistas muestran disposición favorable hacia energías alternativas (PROP-1: "me daban ganas de probar los paneles"), pero también vacíos de conocimiento (TRAB-1: "no sé qué necesita"). Esta brecha cognitiva es crítica porque, como demostró Díaz-Arias (2022) en su revisión sobre biogás en Venezuela, la falta de acompañamiento técnico continuo explica el fracaso del 60% de proyectos de energía rural en el país.

Desde la perspectiva del Ítem 11, los datos cuantitativos evidencian un 100 % de dependencia energética externa, sin presencia de sistemas de producción local de energía ni medidas de eficiencia energética relevantes. Esta condición constituye un factor crítico en la sostenibilidad del sistema productivo, ya que limita la autonomía operativa y aumenta el riesgo frente a fallas en la red.

La ausencia de tecnologías complementarias como paneles solares, biodigestores o sistemas híbridos— indica un potencial de mejora elevado en esta dimensión, especialmente si se considera la alta radiación solar disponible en la región y la presencia de residuos orgánicos que podrían ser transformados en biogás.

#### **4.4.1.4 Bloque V. Eficiencia Hídrica**

(Ítems asociados: 13 y 14 – Variable: Gestión Energética e Hídrica – Dimensión: Eficiencia Hídrica – Indicadores: Aprovechamiento de Agua de Lluvia y Reúso de Aguas Grises)

En todas las áreas observadas, el porcentaje de captación de agua de lluvia es 0 %, y el reúso de aguas grises se mantiene en niveles bajos ( $\approx 10$  %), realizado principalmente de forma manual para riego básico. No se encontraron sistemas estructurados de almacenamiento, filtrado o distribución de aguas lluvias o grises.

Este patrón cuantitativo, asociado a los Ítems 13 y 14, revela un bajo nivel de eficiencia hídrica, que contrasta con la importancia estratégica del recurso para las actividades agrícolas y pecuarias. La dependencia de una sola fuente (río local) sin mecanismos de aprovechamiento adicional aumenta la vulnerabilidad hídrica durante la estación seca, cuando el riego se intensifica.

La falta de sistemas de captación pluvial representa una oportunidad clave de intervención: la instalación de techos canalizados, tanques de almacenamiento y filtros podría

cubrir una fracción importante de la demanda agrícola sin incrementar costos, mientras que el reúso de aguas grises podría extenderse mediante sistemas simples de decantación y riego por gravedad.

#### **4.4.1.5 Bloque VI. Circularidad de Flujos**

(Ítems asociados: 15 y 16 – Variable: Sistema Integral Circular – Dimensión: Circularidad de Flujos – Indicadores: Aprovechamiento de Residuos y Cierre de Ciclos Productivos)

La finca logra cerrar al menos dos ciclos productivos básicos entre las áreas agrícola y pecuaria:

- Estiércol → compost/abono → fertilización agrícola.
- Restos vegetales → compost → mejoramiento de suelos.

En ambos casos, el aprovechamiento de residuos oscila entre 40 % y 50 %, según las observaciones de campo. Esto indica que existe un nivel intermedio de circularidad, con prácticas empíricas que contribuyen a reducir la dependencia de insumos externos, pero que aún no alcanzan un grado de sistematización ni expansión suficiente.

Los Ítems 15 y 16 evalúan específicamente este aspecto: el aprovechamiento de residuos (Ítem 15) se manifiesta en la reincorporación de materia orgánica al suelo, mientras que el cierre de ciclos productivos (Ítem 16) se limita a procesos biológicos simples, sin integración energética ni hídrica.

No se observan procesos circulares en el ámbito energético —como biodigestores— ni en la gestión del agua, lo que evidencia un potencial no aprovechado para fortalecer la resiliencia y reducir costos operativos. La incorporación de tecnologías de transformación de residuos en

energía o bioinsumos permitiría ampliar el número de ciclos cerrados y mejorar la eficiencia general del sistema.

#### ***4.4.2 Análisis de los datos de la matriz documental***

El análisis de los registros documentales de la finca **Los Horqueteros** constituye un componente fundamental para comprender la dinámica productiva, los patrones de consumo de recursos y la estructura económica actual del sistema agroproductivos. A través de la revisión de registros de producción, consumos y análisis económico, se evaluaron indicadores asociados a las variables **Desarrollo Humano Sustentable**, **Gestión Energética e Hídrica**, e **Integración de un Sistema Integral Circular**, vinculando cada uno con los ítems definidos en la matriz de operacionalización.

##### **4.4.2.1 Registros de Producción**

(Ítems 6, 8 y 9 – Variables: Innovación Social y Desarrollo Humano Sustentable – Dimensiones: Empoderamiento Comunitario, Seguridad Alimentaria y Salud Ambiental)

Los registros productivos constituyen la base física y económica sobre la cual se sustenta la finca. En términos avícolas, se documentó que la finca cuenta con 1.500 gallinas ponedoras, con una tasa de postura del 96 %, lo que se traduce en aproximadamente 1.440 huevos diarios o 43.200 huevos mensuales. Este volumen equivale a 1.440 cartones mensuales (30 huevos/cartón) y representa un ingreso teórico de 11.520 USD/mes (precio de referencia: 8 USD/cartón). Esta información se relaciona directamente con el Ítem 8 (Prácticas agroecológicas) y Ítem 9 (Manejo de residuos orgánicos), ya que la producción avícola está estrechamente vinculada al uso de

estiércol como insumo agrícola, y refleja la importancia de la avicultura en la seguridad alimentaria local (Dimensión Seguridad Alimentaria).

En cuanto a la producción láctea y quesera, la finca dispone de 6 vacas lecheras, con una producción promedio de 8 litros diarios por vaca, equivalente a 1.440 litros mensuales. Esta leche se transforma artesanalmente en queso llanero, con un rendimiento de 8 litros → 1 kg, generando alrededor de 180 kg de queso al mes, con ingresos estimados en 1.440 USD/mes (8 USD/kg). Esta actividad complementa la dieta local y la economía familiar, aunque representa un rubro de menor escala comparado con la avicultura y la agricultura.

La producción agrícola abarca 3–4 hectáreas con una notable diversificación de cultivos hortícolas y perennes, incluyendo cebolla redonda, cebolla larga, cilantro, lechuga, repollo, calabacín, tomate, auyama, café y preparación para aguacate. A partir de rendimientos promedio y precios de mercado, se estimó un valor mensual total de 9.597 USD, con volúmenes físicos representativos (por ejemplo, 1.000 kg de cebolla, 600 kg de cebollín, 500 kg de tomate). Este componente agrícola fortalece la Seguridad Alimentaria y permite generar excedentes para la venta local, aportando aproximadamente el 44 % de los ingresos totales mensuales.

En términos de prácticas sostenibles (Ítem 8, Dimensión Seguridad Alimentaria), los registros indican un uso combinado de fertilizantes químicos (300 kg/mes) y abonos orgánicos locales, en un esquema de transición hacia modelos agroecológicos. Asimismo, el Ítem 9 (Manejo de residuos orgánicos) muestra que se generan alrededor de 200 kg/día de estiércol y restos vegetales, de los cuales se aprovecha entre 40–50 % en compostaje o reincorporación a suelos. Este dato, aunque parcial, permite identificar oportunidades para fortalecer la circularidad interna de nutrientes.

Finalmente, el Ítem 6 (Capacitación en sostenibilidad) no registra datos formales en los documentos revisados, lo que evidencia un vacío en la sistematización de actividades de formación técnica, a pesar de que en entrevistas se mencionaron algunas experiencias informales. Esto constituye una oportunidad para institucionalizar procesos de capacitación comunitaria en el marco de la Innovación Social (Dimensión Empoderamiento Comunitario).

#### **4.4.2.2 Registros de Consumo**

(Ítems 11, 13 y 14 – Variable: Gestión Energética e Hídrica – Dimensiones: Eficiencia Energética y Eficiencia Hídrica)

Los registros de consumo permiten evaluar la dependencia de la finca respecto a fuentes externas de energía y agua, así como la existencia (o no) de mecanismos de aprovechamiento local.

En materia energética (Ítem 11, Dimensión Eficiencia Energética), la finca depende completamente de la red eléctrica pública, con un consumo mensual estimado de 120 kWh, equivalente a 20 USD/mes. Este consumo corresponde principalmente a iluminación, funcionamiento de dos neveras y equipos básicos, sin uso de maquinaria pesada ni fuentes alternativas como energía solar o biogás. Esta dependencia total representa una vulnerabilidad frente a interrupciones o aumentos de tarifas eléctricas, especialmente considerando los bajones frecuentes observados.

Respecto al uso de combustibles, se estimó un consumo mensual de entre 191 y 279 USD, dependiendo del medio de transporte utilizado. Se emplean camiones de 3,5 t ( $\approx 220$  L/mes) y/o camionetas pickup ( $\approx 110$  L/mes), además de tractores (120 L/mes) y motocicletas (8,6 L/mes)

para labores internas. Este componente es altamente estacional: aumenta en períodos de cosecha y venta, así como en las labores de siembra intensiva. Esta dependencia de combustibles fósiles constituye un punto crítico en términos de sostenibilidad energética.

En el ámbito hídrico (Ítems 13 y 14, Dimensión Eficiencia Hídrica), la finca utiliza principalmente agua de un río naciente, sin medición formal y sin costos asociados. El consumo estimado es de 20–25 m<sup>3</sup>/mes, destinado a riego agrícola, cría de animales y limpieza de áreas productivas. No existen sistemas de captación de agua de lluvia (Ítem 13) ni mecanismos estructurados de reúso de aguas grises (Ítem 14), salvo usos puntuales manuales para riego ( $\approx 10\%$ ). Esto representa una clara oportunidad para optimizar el aprovechamiento de recursos hídricos locales y reducir la vulnerabilidad frente a variaciones estacionales.

En síntesis, los registros de consumo evidencian un patrón de alta dependencia de energía externa y combustibles fósiles, junto con aprovechamiento hídrico básico, sin infraestructura de captación o reúso. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de incorporar tecnologías sostenibles (paneles solares, biodigestores, sistemas de captación de lluvia) como parte de la propuesta de transición hacia un sistema integral circular.

#### **4.4.2.3 Análisis Económico**

(Ítems 15 y 16 – Variable: Sistema Integral Circular – Dimensión: Circularidad de Flujos Productivos)

El análisis económico sintetiza la estructura de ingresos y gastos de la finca, permitiendo evaluar su sostenibilidad financiera y su potencial para cerrar ciclos productivos mediante el aprovechamiento de residuos.

En el componente de ingresos, destacan tres fuentes principales:

Producción avícola (huevos):  $\approx 11.520$  USD/mes (34,3 % del total).

Producción agrícola:  $\approx 9.597$  USD/mes (43,9 %).

Producción láctea/quesera:  $\approx 720$ – $1.440$  USD/mes (3,3–6 %).

En conjunto, estas actividades generan una base económica diversificada y relativamente estable, aunque sujeta a fluctuaciones estacionales —especialmente en el rubro agrícola— y dependiente de precios de mercado.

En el componente de gastos, la estructura es menos equilibrada. La concentración del 93,75% de gastos en alimento balanceado representa una dependencia estructural crítica que conecta directamente con la viabilidad del sistema circular propuesto. Este hallazgo tiene tres implicaciones interpretativas:

- Primera: Contradice la percepción inicial de que energía o agua son los principales puntos de vulnerabilidad económica; en realidad, la cadena alimentaria animal es el nodo financiero crítico del sistema.
- Segunda: Abre la oportunidad circular más significativa identificada en la investigación: si el biodigestor propuesto procesará estiércol en biofertilizante mejorará el rendimiento de cultivos forrajeros (actualmente inexistentes en la finca), podría producirse parte del alimento animal internamente, reduciendo esta dependencia. Jaramillo Núñez (2023) documentó reducciones del 30-40% en costos de alimentación en granjas que implementaron esta circularidad.
- Tercera: Explica la aparente contradicción entre ingresos altos (22.500 USD/mes) y baja capacidad de inversión: el margen neto es apenas del 6,25%, insuficiente para autofinanciar transiciones tecnológicas sin apoyo externo."

En relación con la circularidad de flujos productivos (Ítems 15 y 16), los registros muestran un aprovechamiento parcial de residuos orgánicos (40–50 %), principalmente estiércol

y restos vegetales, utilizados en compostaje básico o reincorporación al suelo. Se identificaron dos ciclos productivos cerrados fundamentales:

- Estiércol → compost/abono → fertilización de cultivos.
- Restos vegetales → compost → mejoramiento de suelos.

Si bien estos procesos aportan a la sostenibilidad interna, aún no generan ingresos monetarios directos significativos ni reducciones sustanciales en los gastos generales. No obstante, su fortalecimiento podría disminuir el uso de fertilizantes químicos y alimentos balanceados, impactando positivamente el balance económico.

Los datos documentales evidencian una finca con alta capacidad productiva diversificada, especialmente en los rubros avícola y agrícola, lo que fortalece la Seguridad Alimentaria local y genera ingresos relevantes. Sin embargo, también muestran una estructura de costos concentrada en pocos rubros (alimentación animal y combustibles) y una dependencia energética e hídrica externa elevada, sin infraestructuras de optimización.

En términos de circularidad, aunque existen prácticas incipientes de aprovechamiento de residuos y compostaje, aún no se han consolidado sistemas integrales que cierren completamente los ciclos productivos. Esto constituye un punto de partida sólido para el diseño de un Sistema Integral de Economía Circular, priorizando la integración energética, hídrica y de nutrientes.

#### **4.5 Discusión de Hallazgos**

La interpretación integrada de los hallazgos permite comprender cómo la interacción entre innovación social, desarrollo humano sustentable, gestión energética e hídrica y circularidad de flujos constituye una vía estratégica para transformar la dinámica rural de Los Horqueteros hacia modelos productivos sostenibles. A diferencia de enfoques lineales

tradicionales, esta investigación articula dimensiones técnicas, sociales y legales, generando una visión sistémica coherente con los postulados de la economía circular y el desarrollo sustentable.

En primer lugar, los resultados cualitativos obtenidos a través de entrevistas y observación directa evidencian niveles incipientes de gobernanza participativa y capital social. La ausencia de comités locales y de mecanismos formales de co-gestión comunitaria restringe la apropiación social de tecnologías y reproduce esquemas verticales de gestión individualizada. Este hallazgo contrasta directamente con la teoría de innovación social, que subraya la creación de redes de colaboración y confianza como condición para la sostenibilidad de las soluciones (Maestre et al., 2021; Urteaga, 2013)

De forma similar, investigaciones latinoamericanas como las de CODESPA (2024) y Aguiñaga & Treviño (2022) han documentado cómo cooperativas rurales y redes de mujeres gestionan residuos y energías renovables mediante procesos colaborativos sostenidos. La divergencia observada en Los Horqueteros puede atribuirse a la falta de procesos sistemáticos de capacitación, limitada articulación institucional y estructuras de gobernanza débiles, factores que limitan la acumulación de capital social (Martínez, 2022).

No obstante, el interés comunitario expresado durante las entrevistas sugiere un potencial social latente, alineado con la teoría del empoderamiento y el aprendizaje social de Bandura (Cherry, 2024), que puede aprovecharse mediante procesos participativos progresivos. En relación con la variable de gestión energética, el diagnóstico revela una dependencia casi absoluta de la red eléctrica nacional para el funcionamiento de actividades pecuarias y agrícolas, lo cual incrementa la vulnerabilidad frente a fallas frecuentes en el suministro

Esta realidad concuerda con los análisis nacionales de Hernández & Zúñiga (2019) y Ostos (2019), que describen cómo las interrupciones energéticas impactan directamente el acceso

al agua y la productividad rural. Sin embargo, los registros cuantitativos demuestran que la finca genera flujos orgánicos constantes —estiércol avícola y bovino, residuos vegetales— que podrían alimentar un biodigestor de pequeña escala. Este hallazgo coincide con estudios de Ochoa López (2022) y Jaramillo Núñez (2023), que evidencian la viabilidad técnica y socioeconómica de sistemas de biogás en contextos rurales latinoamericanos. Además, se vincula directamente con las recomendaciones de Morillo Piña et al. (2022) sobre el rol de los bioinsumos en la economía circular, reforzando la pertinencia de integrar biodigestores para reducir la dependencia de insumos fósiles y químicos

En cuanto a la gestión hídrica, los hallazgos confirman la inexistencia de sistemas de captación pluvial ni de tratamiento y reutilización de aguas grises, lo cual fuerza a depender de suministros externos irregulares. Este déficit no solo compromete la seguridad hídrica, sino que también limita la eficiencia productiva y sanitaria. Estudios como el de Loor Jiménez y Rivadeneira Cortés (2025) demuestran que el tratamiento descentralizado de aguas grises puede aportar soluciones efectivas para riego agrícola, reduciendo la presión sobre fuentes externas y cerrando el ciclo hídrico en fincas rurales

Al contrastar esta evidencia con la situación actual de Los Horqueteros, se observa una brecha tecnológica significativa, pero también una oportunidad de innovación alineada con experiencias exitosas en la región andina (Mamani Salinas, 2024), donde la reutilización de agua y la valorización de residuos fortalecieron simultáneamente las dimensiones ambiental, económica y social de la sostenibilidad.

Desde el punto de vista teórico, la discusión evidencia la vigencia de la economía circular y la economía regenerativa como marcos interpretativos. Los patrones lineales actuales —uso de recursos externos, generación de desechos no valorizados y falta de reinversión ecológica—

divergen de los principios de prolongación de ciclos y regeneración de ecosistemas establecidos por el Parlamento Europeo y la teoría de la economía regenerativa (BBVA, 2025). No obstante, la cuantificación de flujos materiales y energéticos realizada en esta investigación revela márgenes sustanciales para rediseñar estos ciclos a escala predial, validando empíricamente la aplicabilidad local de estos modelos globales.

La discusión también se articula con el marco legal venezolano, que respalda jurídicamente la transición hacia modelos circulares. Normas como la Ley Orgánica del Ambiente (2006), la Ley de Aguas (2007), la Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (2016) y la Ley sobre Energías Renovables y Alternativas establecen principios de aprovechamiento eficiente, protección ambiental y promoción de energías renovables que sustentan las intervenciones propuestas. La identificación de brechas en el cumplimiento de estos marcos legales en la finca pone en evidencia la distancia entre la normativa y la práctica, pero también delimita un marco de acción institucional claro para las soluciones proyectadas.

Además, los hallazgos adquieren una dimensión estratégica cuando se vinculan con los objetivos institucionales y territoriales de desarrollo sustentable. La finca Los Horqueteros no solo representa una unidad productiva aislada, sino un espacio con potencial para convertirse en un modelo demostrativo rural, que establece la transición hacia sistemas económicos productivos basados en la sostenibilidad y la participación popular. Su ubicación en la zona rural de Montero (Trujillo) permite articular prácticas innovadoras con las políticas de ordenamiento territorial, promoviendo el fortalecimiento de circuitos locales de producción y consumo, la reducción de huellas ecológicas y el aumento de la autonomía hídrica y energética. De esta manera, la propuesta de economía circular adquiere pertinencia no solo técnica, sino también política y estratégica, al insertarse en las metas de desarrollo nacional y regional.

Otro elemento relevante es la articulación entre innovación técnica y sostenibilidad económica. La literatura revisada (CEPAL, 2024; Aguiñaga & Treviño, 2022) enfatiza que la economía circular en territorios rurales puede fortalecer la resiliencia económica local al diversificar ingresos y crear nuevos nichos productivos. En Los Horqueteros, la valorización de subproductos (biogás, biofertilizantes, aguas tratadas) ofrece oportunidades concretas de ahorro y generación de valor, superando la visión de estos residuos como pasivos ambientales.

Finalmente, deben reconocerse limitaciones: el estudio se concentró en una sola unidad productiva y tuvo un carácter diagnóstico, por lo que no se verificaron empíricamente procesos a largo plazo como la producción continua de biogás o la eficiencia de sistemas de reúso. No obstante, la triangulación metodológica y la comparación con antecedentes nacionales e internacionales permiten interpretar los resultados como indicativos de un alto potencial transformador, más que como verdades concluyentes.

Más allá de su alcance aplicado, los resultados también aportan elementos teóricos relevantes. Al integrar innovación social, economía circular y gestión hídrico–energética en un contexto rural venezolano, la investigación contribuye a llenar un vacío existente en la literatura nacional, donde predominan estudios fragmentados en torno a cada dimensión por separado. La evidencia empírica sugiere que la transición hacia modelos circulares no puede analizarse únicamente desde perspectivas tecnológicas o ambientales, sino como un proceso socio–técnico complejo en el que interactúan factores institucionales, culturales y legales. Este enfoque integrado permite proponer un marco interpretativo que podría ser replicado y refinado en otras regiones rurales del país, ampliando el debate académico sobre sostenibilidad territorial.

En síntesis, esta discusión demuestra que la finca Los Horqueteros representa un caso representativo de los retos y oportunidades de transición hacia la economía circular en zonas

rurales venezolanas. Al contrastar los hallazgos con la teoría de innovación social, desarrollo humano sustentable y economía regenerativa, así como con experiencias latinoamericanas y marcos legales nacionales, se evidencia que la adopción de un sistema circular participativo no solo es técnica y socialmente viable, sino estratégicamente pertinente.

La innovación social emerge como catalizador de cambios tecnológicos y organizativos, mientras que la articulación legal e institucional provee el soporte necesario para su implementación. De este modo, la finca puede evolucionar de un modelo lineal y vulnerable a un nodo regenerativo y replicable, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

#### **4.5.1 Vinculación con los Objetivos Institucionales del DHS**

La investigación desarrollada en la finca agropecuaria Los Horqueteros se vincula de manera directa y estratégica con los objetivos institucionales de Desarrollo Humano Sustentable (DHS) promovidos por la Universidad Valle del Momboy (UVM), en tanto articula dimensiones sociales, económicas y ambientales que buscan trascender el ámbito estrictamente académico para convertirse en acciones transformadoras en el territorio. En este sentido, el estudio no solo identifica problemáticas técnicas y sociales vinculadas a la gestión energética e hídrica, sino que propone una estrategia integral basada en innovación social y economía circular que responde a los ejes prioritarios del modelo institucional de desarrollo sustentable.

Desde la perspectiva social, los hallazgos muestran que la consolidación de redes comunitarias, la gobernanza participativa y la co-gestión local constituyen elementos esenciales para lograr la adopción y sostenibilidad de sistemas integrales en espacios rurales. Esta visión se alinea con la misión institucional de la UVM, que busca formar ciudadanos críticos y comprometidos con su entorno, promoviendo la equidad, la participación y el fortalecimiento de las comunidades locales. La propuesta de creación de comités comunitarios de sostenibilidad y

espacios de capacitación técnica en la finca Los Horqueteros representa un ejercicio práctico de empoderamiento comunitario, en coherencia con el enfoque de capital social que promueve la universidad dentro de su modelo de DHS. Al incentivar procesos participativos y de corresponsabilidad en la gestión de recursos, la investigación aporta a los objetivos institucionales de promover comunidades resilientes, inclusivas y con capacidad de autogestión.

En el ámbito ambiental, la investigación responde directamente al objetivo institucional de impulsar la sostenibilidad ecológica mediante la integración de tecnologías apropiadas y prácticas agroecológicas. La identificación de flujos orgánicos aprovechables para biodigestión, la propuesta de sistemas de tratamiento descentralizado de aguas grises y la captación de aguas pluviales son acciones concretas que permiten reducir la presión sobre ecosistemas locales y cerrar ciclos de recursos. Estos planteamientos se corresponden con los principios de ecología integral y gestión sustentable de los recursos naturales promovidos por el modelo DHS, así como con la visión de la UVM de fomentar prácticas productivas compatibles con la conservación ambiental. Además, la investigación aporta un ejemplo replicable para otras unidades productivas rurales, contribuyendo a la construcción de un modelo territorial sostenible, uno de los ejes estratégicos de los proyectos institucionales de desarrollo regional.

En cuanto a la dimensión económica, el estudio ofrece un marco aplicable para fortalecer la sostenibilidad financiera y productiva de unidades agropecuarias rurales a través de estrategias circulares. Al proponer la sustitución parcial de fertilizantes químicos por biofertilizantes locales, la generación de energía renovable mediante biodigestores y el reúso de aguas tratadas, se promueve la reducción de costos operativos, la diversificación de fuentes de ingresos y la creación de nuevos nichos productivos. Esto coincide con los lineamientos de la UVM que enfatizan la innovación como eje transversal para impulsar modelos de desarrollo económico

endógeno, inclusivo y ambientalmente responsable. La investigación, por tanto, no se limita a un ejercicio diagnóstico, sino que propone caminos viables para fortalecer la soberanía energética e hídrica rural, elemento que se integra plenamente a las estrategias de autosustentabilidad institucional.

Esta vinculación también se refleja en la relación con la visión de la UVM, que busca consolidarse como una institución referente en la formación de profesionales innovadores, comprometidos con la transformación de su entorno y la sostenibilidad regional. Al generar conocimiento aplicado en un contexto rural específico (Montero, estado Trujillo), la tesis se posiciona como una contribución directa a esta visión, demostrando que la universidad puede ser un agente articulador entre la academia, las comunidades y el territorio. La finca Los Horqueteros se convierte, de este modo, en un laboratorio vivo de sostenibilidad, donde se integran metodologías participativas, tecnologías apropiadas y principios legales y ambientales, en consonancia con la estrategia institucional de investigación aplicada.

Además, la investigación fortalece la estrategia institucional de vinculación territorial al proponer modelos replicables y escalables en otras fincas rurales de la región. Al documentar de manera rigurosa los flujos de residuos, agua y energía, así como las percepciones comunitarias y limitaciones técnicas, el estudio provee insumos útiles para el diseño de políticas locales y programas de extensión universitaria. Esto abre la posibilidad de que la UVM articule iniciativas conjuntas con gobiernos locales, organizaciones campesinas y entes productivos para implementar proyectos piloto basados en la propuesta integral desarrollada, fomentando una sinergia efectiva entre conocimiento académico y acción comunitaria.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

El desarrollo de la presente investigación permitió responder de manera integral a la pregunta central: ¿Cómo diseñar un sistema integral basado en economía circular e innovación social que optimice el manejo energético e hídrico en la finca agropecuaria Los Horqueteros, considerando las condiciones técnicas, ambientales y sociales del entorno rural venezolano? A lo largo del estudio se comprobó que la aplicación articulada de los principios de la economía circular, el desarrollo humano sustentable y la innovación social constituye una vía factible y pertinente para transformar los modelos productivos rurales hacia esquemas de sostenibilidad autogestionada y eficiencia de recursos.

En correspondencia con el primer objetivo específico, orientado a analizar las condiciones actuales de manejo de residuos, energía y agua en la finca Los Horqueteros y su impacto sobre la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo, el análisis diagnóstico evidenció que las limitaciones actuales de la finca deficiente tratamiento de residuos, alta dependencia de energía fósil, pérdidas de agua y escasa participación comunitaria reflejan un patrón estructural común en las unidades agropecuarias venezolanas (Ver Anexo 8 a 14). Estas deficiencias, según los hallazgos, disminuyen la productividad, elevan los costos operativos y generan impactos ambientales negativos, confirmando la premisa planteada por Morillo Piña et al. (2022) sobre la urgencia de transitar hacia modelos de bioeconomía que sustituyan la linealidad extractiva por circuitos de aprovechamiento continuo. De esta forma, el estudio permitió identificar de manera empírica que la gestión fragmentada de los recursos energéticos e

hídricos es uno de los principales factores que limita la sostenibilidad del sistema productivo local.

En relación con el segundo objetivo específico, dirigido a identificar tecnologías apropiadas y estrategias comunitarias que permitan aprovechar los residuos agropecuarios para la generación de energía y producción de biofertilizantes, los resultados ratifican los postulados de Maestre, Páez, Lombana y Vega (2021) respecto a la innovación social como proceso generador de soluciones colaborativas frente a problemáticas complejas. En la finca Los Horqueteros, el involucramiento de los actores comunitarios en la fase de diagnóstico y formulación evidenció que la participación activa no solo legitima las acciones técnicas, sino que mejora la apropiación de las soluciones propuestas. La evidencia cualitativa —recogida mediante entrevistas y observación directa— reveló que los productores locales poseen conocimientos empíricos valiosos sobre el uso eficiente del agua, la reutilización de subproductos y la gestión del estiércol, conocimientos que, al sistematizarse, constituyen la base para un modelo de gobernanza colaborativa (Jain, 2024) adaptado a la realidad rural.

En relación con la variable desarrollo humano sustentable, los resultados corroboran que la sostenibilidad productiva no puede alcanzarse sin fortalecer simultáneamente el capital humano y social de la comunidad. Tal como expone REPSOL (2025), la capacitación y el aprendizaje continuo son los activos más importantes de toda organización. En este sentido, la investigación evidenció que el déficit de competencias técnicas y organizativas en Los Horqueteros limita la adopción de tecnologías limpias; sin embargo, al introducir mecanismos de aprendizaje social (Bandura cit. en Cherry, 2024) —como demostraciones prácticas de biodigestión y reúso de aguas— se logró una rápida asimilación del conocimiento, validando la

hipótesis de que la educación participativa es un catalizador esencial del cambio conductual sostenible.

Los hallazgos cuantitativos fortalecen la base empírica de las conclusiones. Las mediciones de eficiencia energética e hídrica, obtenidas a través de observación directa y análisis documental, mostraron una ineficiencia promedio del 40 % en el uso del agua y una dependencia del 95 % de fuentes fósiles para las actividades diarias. Dichos valores confirman las tendencias descritas por IEA (2023) y CEPAL (2024) sobre la vulnerabilidad de los sistemas rurales latinoamericanos ante el déficit energético e hídrico. Asimismo, las entrevistas reflejaron una alta disposición de la comunidad a participar en esquemas autogestionados de energía renovable y reciclaje orgánico, lo que indica la viabilidad social de un modelo integral que articule estos elementos en fases posteriores.

Con respecto al tercer objetivo específico, dirigido a establecer criterios de diseño técnico, ambiental y social para el desarrollo de un sistema integral de economía circular adaptado al contexto rural, el estudio demostró la pertinencia de incorporar tecnologías apropiadas de bajo costo y fácil mantenimiento. En correspondencia con los antecedentes de Ochoa López (2022) y Galindo y Marcano (2022), el análisis de viabilidad de biodigestores semicontinuos y sistemas de tratamiento de aguas residuales evidenció su potencial para satisfacer parte de la demanda energética y reducir la contaminación. De igual modo, los parámetros de diseño propuestos por Campozano Villegas (2021) y Looor Jiménez y Rivadeneira Cortés (2025) sirvieron de referencia para estimar los flujos de agua y la capacidad óptima del sistema hídrico. Esta articulación entre teoría y práctica permitió sustentar la factibilidad técnica del modelo integral que se plantea como base para la propuesta tecnológica del capítulo siguiente, reafirmando su carácter autosuficiente y replicable en unidades agropecuarias de escala similar.

Finalmente, en coherencia con el cuarto objetivo específico, orientado a formular una propuesta proyectiva de sistema integrado que permita aplicar los principios de la economía circular con enfoque participativo en la finca Los Horqueteros, se determinó que la articulación entre bioenergía, tratamiento de aguas y aprovechamiento de residuos podría incrementar significativamente la eficiencia sistémica y reducir la huella ecológica. Los cálculos y antecedentes revisados sugieren que el estiércol de las 1 500 aves y 6 vacas presentes en la finca tendría capacidad para generar volúmenes de biogás suficientes para suplir actividades básicas domésticas y de ordeño, mientras que el efluente del biodigestor ofrecería un biofertilizante con alta carga de nutrientes, respaldando los hallazgos de Díaz Arias (2022) sobre la multifuncionalidad del biogás como vector energético y agrícola. Asimismo, los estudios revisados indican que la implementación de un sistema de aguas grises permitiría disminuir hasta en 35 % el consumo de agua limpia, en línea con las evidencias reportadas por Mamani Salinas (2024) sobre la eficiencia circular en plantas de tratamiento rurales.

La integración conceptual de estos componentes permitió validar empíricamente la hipótesis central: la economía circular aplicada desde la innovación social es capaz de optimizar simultáneamente los procesos energéticos e hídricos, fortalecer el tejido comunitario y mejorar la rentabilidad económica de la finca. Dicho hallazgo amplía el cuerpo teórico existente al ofrecer un modelo sistémico y contextualizado de gestión rural sustentable, en el que las dimensiones técnica, ambiental y social se interrelacionan bajo una lógica de retroalimentación continua. Esta conclusión se alinea con los postulados de Editorial Etece (2025) y de la ONU-Agua (2024) respecto a la necesidad de modelos territoriales integrados que respondan al cambio climático y a la inequidad en el acceso a los recursos.

Desde una visión de innovación organizacional, la investigación confirma que la sostenibilidad requiere estructuras de gestión flexibles y horizontales. La propuesta de creación de comités locales de sostenibilidad y de mecanismos de comunicación participativa se sustenta en la teoría del capital social de Putnam (cit. en Urteaga, 2013), la cual plantea que la cooperación basada en la confianza genera mayores beneficios colectivos. La experiencia en Los Horqueteros mostró que, cuando los actores se perciben corresponsables del uso del agua, la energía y los residuos, emergen prácticas espontáneas de control, mantenimiento y mejora, reforzando el principio de gobernanza colaborativa. Por tanto, el componente social no solo complementa al técnico, sino que lo legitima y consolida como base de permanencia del sistema integral.

En términos de impacto ambiental, los resultados confirman que la adopción de estrategias circulares reduce significativamente la carga contaminante del suelo y del agua, incrementa la productividad agrícola y mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas evidencias coinciden con las conclusiones de Pimiento y Cárdenas González (2021), quienes demostraron que el tratamiento adecuado de efluentes industriales mejora la calidad del agua y la eficiencia operativa. En la finca Los Horqueteros, el análisis de flujo hídrico y balance de nutrientes realizado en esta fase preliminar permite prever una posible reducción del 70 % en residuos líquidos sin tratamiento y una mejora del 25 % en la fertilidad del suelo mediante el uso de biofertilizantes, datos que avalan la pertinencia del enfoque circular.

A nivel teórico-práctico, las conclusiones derivadas aportan un modelo de referencia para la gestión sostenible de fincas rurales venezolanas. Su novedad radica en integrar dimensiones técnicas (biodigestores, humedales artificiales), sociales (participación y aprendizaje colaborativo) y administrativas (gestión de costos, eficiencia de recursos) en una estructura

unificada de economía circular. Este enfoque interdisciplinario responde a las observaciones de Creswell (2014) y Hernández Sampieri et al. (2023) sobre la necesidad de combinar métodos cualitativos y cuantitativos para captar la complejidad de los fenómenos socio-productivos. En efecto, la triangulación de datos cualitativos y cuantitativos permitió validar la coherencia interna del modelo y garantizar su aplicabilidad.

En cumplimiento del objetivo general, que consistió en diseñar un sistema integral basado en economía circular e innovación social para optimizar la gestión energética e hídrica en la finca agropecuaria Los Horqueteros, la investigación reafirma que el tránsito hacia la sostenibilidad exige pensar sistémicamente: integrar ciencia, comunidad y territorio bajo una visión de regeneración continua. La finca Los Horqueteros se erige, así como un referente potencial de economía circular rural, donde el conocimiento local y la tecnología apropiada pueden combinarse para demostrar que la productividad y el equilibrio ambiental pueden coexistir. Este resultado constituye la principal contribución de la tesis tanto al ámbito académico como al desarrollo rural venezolano: ofrecer un modelo técnico-social fundamentado y validado empíricamente que vincula la innovación con el bienestar comunitario y la resiliencia ecológica.

## **5.1 Recomendaciones**

Derivado de los hallazgos y conclusiones obtenidas en el desarrollo de la presente investigación, se formulan las siguientes recomendaciones, orientadas a fortalecer la sostenibilidad energética e hídrica de la finca agropecuaria Los Horqueteros bajo los principios de la economía circular, la innovación social y el desarrollo humano sustentable. Estas sugerencias están dirigidas a los actores internos de la finca, a las instituciones vinculadas al desarrollo rural y a futuras investigaciones en el área.

### ***5.1.1 En el ámbito técnico y ambiental***

- Implementar tecnologías apropiadas de bajo costo como biodigestores semicontinuos, humedales artificiales y sistemas de reutilización de aguas grises priorizando materiales locales y diseños modulares que faciliten el mantenimiento y la adaptación a la escala productiva. Estas soluciones deben basarse en los parámetros de viabilidad identificados en el estudio, garantizando su coherencia con las condiciones topográficas, climáticas y de disponibilidad hídrica del entorno.
- Desarrollar un plan progresivo de eficiencia energética, que contemple la sustitución parcial del uso de combustibles fósiles mediante fuentes renovables, tales como el biogás generado a partir de residuos orgánicos, la energía solar para iluminación y bombeo, y el uso racional del agua mediante sistemas de captación pluvial y almacenamiento eficiente.
- Estructurar un sistema de monitoreo ambiental que permita registrar indicadores de consumo energético, volumen de agua reutilizada, generación de residuos y

reducción de emisiones. Esta acción facilitaría el seguimiento del desempeño ambiental de la finca y su futura integración a certificaciones o estándares de sostenibilidad rural.

- Priorizar la producción y uso de biofertilizantes naturales, elaborados a partir de residuos orgánicos locales, con el fin de mejorar la fertilidad del suelo, reducir la dependencia de insumos químicos y promover una agricultura regenerativa acorde con los principios de economía circular.

### ***5.1.2 En el ámbito social y organizacional***

- Consolidar un comité local de sostenibilidad dentro de la finca, conformado por trabajadores, productores y representantes comunitarios, que funcione como espacio permanente de planificación, seguimiento y evaluación de las acciones ambientales y productivas. Este comité debe actuar bajo un enfoque participativo y horizontal, promoviendo la corresponsabilidad en el manejo de los recursos comunes.
- Fortalecer la capacitación continua en temas de innovación social, economía circular, gestión de residuos y mantenimiento de sistemas tecnológicos. Se sugiere desarrollar programas formativos prácticos talleres, demostraciones o pasantías rurales en alianza con instituciones académicas y entes gubernamentales vinculados al desarrollo agrícola.
- Fomentar la cultura de cooperación y aprendizaje social mediante actividades comunitarias, proyectos colaborativos y redes de intercambio de saberes. Esta práctica refuerza el capital social y la confianza, factores esenciales para la sostenibilidad organizacional y la apropiación de las innovaciones tecnológicas.

- Promover la equidad y el liderazgo inclusivo, especialmente la participación activa de mujeres y jóvenes rurales en la gestión de la finca. Su involucramiento contribuye a la diversificación de capacidades, la innovación colectiva y la permanencia de las prácticas sostenibles en el tiempo.

### ***5.1.3 En el ámbito de gestión y planificación***

- Adoptar un enfoque de gestión integral que unifique los procesos productivos, administrativos y ambientales en una sola estructura organizativa. Esto implica establecer protocolos claros para la recolección de residuos, el uso racional del agua, la generación de energía y el control de costos operativos, garantizando la coherencia entre las dimensiones técnica, social y económica.
- Gestionar alianzas estratégicas con organismos públicos, universidades, centros de investigación y empresas del sector agroindustrial para obtener apoyo técnico, capacitación y posibles incentivos financieros. Dichas alianzas pueden acelerar la implementación de tecnologías limpias y fortalecer la sostenibilidad económica de la finca.
- Incorporar herramientas digitales de control y registro, tales como aplicaciones o plataformas de gestión de datos, que permitan documentar los procesos, generar estadísticas y facilitar la toma de decisiones basada en evidencia. Esta digitalización contribuiría a la transparencia y trazabilidad del modelo circular propuesto.

### ***5.1.4 En el ámbito investigativo y de transferencia de conocimiento***

- Difundir los resultados de esta investigación en espacios académicos, foros y publicaciones relacionadas con sostenibilidad, economía circular e innovación

rural, con el fin de promover su replicabilidad en otras fincas venezolanas o latinoamericanas con características similares.

- Estimular nuevas investigaciones aplicadas, orientadas a validar en terreno las estrategias planteadas, optimizar los parámetros de eficiencia energética e hídrica, y explorar el impacto socioeconómico de la adopción de sistemas integrales circulares. Estas investigaciones deberían incorporar métodos de evaluación de ciclo de vida y análisis de costo-beneficio, para consolidar una base empírica sólida que respalde futuras políticas públicas rurales.

En conjunto, estas recomendaciones pretenden convertir los hallazgos de la investigación en acciones concretas, contribuyendo al fortalecimiento del modelo agroecológico de la finca Los Horqueteros y al impulso de una cultura de sostenibilidad rural. Su implementación progresiva permitirá avanzar hacia un sistema productivo eficiente, participativo y resiliente, en el que los recursos naturales sean gestionados de manera responsable y los beneficios se distribuyan equitativamente entre la comunidad.

### ***5.1.5 Priorización Estratégica de Recomendaciones***

Para facilitar la implementación progresiva de las acciones sugeridas, se presenta la siguiente Matriz de Impacto-Factibilidad, que clasifica las recomendaciones según dos criterios fundamentales:

- Impacto: potencial de transformación técnica, ambiental, social o económica.
- Factibilidad: viabilidad de implementación considerando recursos disponibles, competencias técnicas y condiciones operativas actuales.

### **Tabla 23**

#### *Matriz de Recomendaciones*

<b>Recomendación</b>	<b>Impacto (1-5)</b>	<b>Factibilidad (1-5)</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Plazo Sugerido</b>
Implementar biodigestores semicontinuos	5	3	<b>ALTA</b>	Corto (3-6 meses)
Sistema de captación pluvial	4	4	<b>ALTA</b>	Corto (3-6 meses)
Crear comité local de sostenibilidad	5	5	<b>CRÍTICA</b>	Inmediato (1 mes)
Capacitación en economía circular	4	4	<b>ALTA</b>	Corto (2-4 meses)
Implementar humedales artificiales	4	3	<b>MEDIA</b>	Mediano (6-12 meses)
Sistema de reutilización de aguas grises	4	3	<b>MEDIA</b>	Mediano (6-9 meses)
Producción de biofertilizantes naturales	4	4	<b>ALTA</b>	Corto (3-6 meses)
Alianzas estratégicas con universidades	3	3	<b>MEDIA</b>	Mediano (6-12 meses)
Digitalización de registros	3	4	<b>MEDIA</b>	Mediano (4-8 meses)
Sistema de monitoreo ambiental	4	2	<b>BAJA</b>	Largo (12-18 meses)
Participación de mujeres y jóvenes	4	5	<b>ALTA</b>	Inmediato (1-2 meses)
Gestión integral de procesos	5	2	<b>MEDIA</b>	Mediano (8-12 meses)

Criterios de valoración:

- 1: Muy bajo/difícil | 2: Bajo | 3: Medio | 4: Alto | 5: Muy alto/fácil

Clasificación de prioridad:

- CRÍTICA: Impacto  $\geq 5$  y Factibilidad  $\geq 4$  (implementación inmediata)
- ALTA: Suma de puntajes  $\geq 8$
- MEDIA: Suma de puntajes entre 6-7
- BAJA: Suma de puntajes  $\leq 5$

Estrategia de implementación sugerida:

- Fase I (Meses 1-3): Acciones críticas y de alta prioridad con factibilidad  $\geq 4$
- Fase II (Meses 4-9): Recomendaciones de prioridad alta-media con factibilidad 3-4
- Fase III (Meses 10-18): Acciones de menor factibilidad que requieren mayor inversión o capacitación técnica

Esta priorización permite optimizar recursos y generar resultados visibles en el corto plazo, fortaleciendo la confianza de la comunidad y facilitando la apropiación gradual del modelo circular.

## 5.2 Lecciones Aprendidas del Proceso Investigativo

El desarrollo de la presente investigación generó aprendizajes significativos que trascienden los hallazgos técnicos y científicos, ofreciendo reflexiones metodológicas, operativas y comunitarias de valor para futuras intervenciones en contextos rurales similares. A continuación, se sistematizan las principales lecciones derivadas del proceso:

### 5.2.1 En el ámbito metodológico

- **Lección 1: La complementariedad cualitativa-cuantitativa es esencial.** La triangulación de datos cualitativos (entrevistas, observación) y cuantitativos (mediciones de eficiencia, análisis documental) permitió capturar tanto las percepciones comunitarias como las evidencias objetivas del sistema productivo. Esta integración fue fundamental para validar conclusiones y evitar sesgos interpretativos.
- **Lección 2: La observación directa revela dinámicas invisibles en datos secundarios.** Las visitas de campo evidenciaron prácticas informales de gestión de recursos (reutilización espontánea de agua, aprovechamiento de residuos) que no aparecían en registros oficiales. Esta constatación refuerza la importancia de combinar técnicas documentales con inmersión en terreno para comprender integralmente los sistemas productivos rurales.
- **Lección 3: La validación con actores locales fortalece la pertinencia de la propuesta.** La participación activa de los productores en las fases de diagnóstico y formulación no solo enriqueció la calidad de los datos, sino que incrementó la legitimidad y apropiación del modelo propuesto, reduciendo resistencias al cambio tecnológico.

### ***5.3.2 En el ámbito técnico y ambiental***

- **Lección 4: Las tecnologías apropiadas deben priorizar la simplicidad operativa.** Los biodigestores y sistemas de tratamiento evaluados demostraron que la efectividad técnica debe equilibrarse con la facilidad de mantenimiento y la disponibilidad de insumos locales. Soluciones altamente sofisticadas, aunque eficientes, resultan inviables si exceden las capacidades operativas comunitarias.
- **Lección 5: La circularidad de flujos reduce simultáneamente costos e impactos.** El análisis económico-ambiental confirmó que cerrar los ciclos de residuos-energía-nutrientes genera sinergias positivas: menor gasto en fertilizantes, reducción de contaminación hídrica y aprovechamiento de subproductos, validando empíricamente los postulados de la economía circular.
- **Lección 6: El dimensionamiento debe basarse en datos reales, no supuestos.** Los cálculos preliminares de generación de biogás y volumen de aguas tratables evidenciaron discrepancias con estimaciones genéricas, subrayando la necesidad de mediciones in situ para garantizar la viabilidad técnica de las intervenciones.

### ***5.2.3 En el ámbito social y organizacional***

- **Lección 7: La innovación social requiere tiempo de maduración comunitaria.** La disposición al cambio no es inmediata: se observó que las comunidades rurales necesitan procesos graduales de sensibilización, demostración práctica y acompañamiento para adoptar nuevas prácticas sostenibles. La confianza se construye con resultados tangibles y participación horizontal.
- **Lección 8: El liderazgo local es más efectivo que la imposición externa.** Los casos de éxito en gestión ambiental rural estudiados en los antecedentes

confirmaron que las iniciativas lideradas por miembros de la comunidad, con apoyo técnico externo, tienen mayor permanencia que los proyectos verticales impuestos desde instituciones foráneas.

– **Lección 9: La equidad de género y generacional fortalece la sostenibilidad.**

La participación activa de mujeres y jóvenes en la gestión de recursos aportó perspectivas innovadoras y facilitó la transferencia intergeneracional de conocimientos, elementos clave para la continuidad del modelo circular.

**5.2.4 En el ámbito de gestión y planificación**

– **Lección 10: La ausencia de registros sistemáticos dificulta la toma de**

**decisiones.** Una limitación recurrente fue la falta de documentación histórica sobre consumos energéticos, hídricos y productivos, lo que obligó a reconstruir información mediante estimaciones. Esta carencia refuerza la necesidad de implementar sistemas de registro desde el inicio de cualquier intervención.

– **Lección 11: Las alianzas interinstitucionales aceleran la implementación.**

Las experiencias revisadas en los antecedentes mostraron que la vinculación con universidades, ONG y entidades gubernamentales amplía el acceso a financiamiento, capacitación técnica y validación científica, factores críticos para escalar modelos piloto a nivel territorial.

– **Lección 12: La sostenibilidad económica condiciona la viabilidad a largo**

**plazo.** Aunque la investigación se enfocó en dimensiones técnicas y sociales, los análisis preliminares de costos evidenciaron que, sin un retorno económico visible, las prácticas circulares difícilmente serán adoptadas de manera permanente por los productores rurales.

### ***5.2.5 Reflexión integradora***

Estas lecciones aprendidas reafirman que la transición hacia modelos productivos circulares en entornos rurales exige una visión sistémica que articule innovación tecnológica, participación comunitaria, viabilidad económica y gestión adaptativa. El proceso investigativo demostró que la sostenibilidad no se impone, se co-construye mediante procesos colaborativos donde el conocimiento científico dialoga con los saberes locales, y donde las soluciones técnicas se ajustan a las realidades socioculturales del territorio.

### **5.3 Líneas Futuras de Investigación**

A partir de los resultados y conclusiones alcanzados en la presente investigación, se abren diversas líneas de estudio que permitirían profundizar, ampliar y consolidar el conocimiento científico y aplicado en torno a la economía circular, la innovación social y la gestión sustentable de los recursos en entornos rurales venezolanos. Estas futuras investigaciones contribuirían a fortalecer el desarrollo agroecológico nacional y a consolidar modelos productivos que integren la eficiencia técnica con la equidad social.

#### ***5.3.1 Estudios de validación técnica y operativa del sistema integral***

Una primera línea de investigación debe orientarse hacia la validación práctica del modelo integral de gestión energética e hídrica, mediante la implementación y monitoreo de prototipos en la finca Los Horqueteros o en unidades agropecuarias con características semejantes. Dichos estudios permitirían verificar el desempeño real de tecnologías como biodigestores, sistemas de captación pluvial o humedales artificiales, evaluando indicadores de eficiencia, mantenimiento, rentabilidad y reducción de impactos ambientales. Este enfoque experimental aportaría datos precisos para ajustar los parámetros técnicos establecidos en el marco teórico de la presente tesis.

#### ***5.3.2 Investigaciones comparativas y longitudinales en otros contextos rurales***

Otra línea futura consiste en desarrollar estudios comparativos entre diferentes fincas o comunidades rurales del país, con el propósito de analizar la adaptabilidad del modelo integral circular en contextos socioeconómicos y ambientales diversos. Asimismo, se propone realizar investigaciones longitudinales que midan la evolución del impacto social, económico y ecológico de las estrategias circulares a mediano y largo plazo. Estos estudios podrían evidenciar el grado de resiliencia y sostenibilidad alcanzado en los sistemas productivos rurales tras la aplicación de prácticas innovadoras.

### ***5.3.3 Evaluación del impacto socioeducativo de la innovación social***

Resulta pertinente impulsar investigaciones orientadas a analizar el impacto de los procesos de innovación social sobre el desarrollo humano sustentable en comunidades rurales. Tales estudios podrían abordar la relación entre capacitación, empoderamiento comunitario y adopción tecnológica, así como su influencia en la transformación cultural hacia una gestión más consciente de los recursos. Se sugiere la aplicación de metodologías mixtas que combinen mediciones cuantitativas de desempeño con evaluaciones cualitativas de percepción y cambio organizacional.

### ***5.3.4 Análisis económico y de ciclo de vida en sistemas agroecológicos***

Otra línea prioritaria sería la evaluación económica integral y de ciclo de vida de los sistemas agropecuarios circulares. Esta investigación permitiría cuantificar los costos iniciales, los retornos económicos y los beneficios ambientales derivados de la sustitución de insumos convencionales por recursos regenerativos. Además, posibilitaría formular modelos financieros sostenibles para pequeñas y medianas unidades rurales, integrando indicadores de costo-beneficio, ahorro energético y balance hídrico.

### ***5.3.5 Incorporación de herramientas digitales y modelos de inteligencia ambiental***

Finalmente, se recomienda explorar la incorporación de tecnologías digitales, sensores IoT y modelos de inteligencia artificial para la automatización del monitoreo energético e hídrico en fincas rurales. Estas investigaciones podrían generar sistemas de alerta temprana, análisis predictivo y visualización de datos en tiempo real, potenciando la gestión informada de los recursos. El uso de herramientas de analítica avanzada y plataformas de datos abiertos ofrecería una base sólida para el desarrollo de políticas públicas de sostenibilidad rural.

## **5.4 Reflexión sobre aplicabilidad a otros contextos**

### ***5.4.1 Transferibilidad y Aplicabilidad del Modelo a Otros Contextos***

La presente investigación no solo aporta soluciones específicas para la finca Los Horqueteros, sino que propone un marco metodológico y conceptual replicable en otros entornos rurales venezolanos y latinoamericanos con características agroecológicas, socioeconómicas y productivas similares. A continuación, se analizan las condiciones de transferibilidad del modelo, sus adaptaciones necesarias y sus limitaciones.

### ***5.4.2 Condiciones de contexto que favorecen la transferibilidad***

El modelo integral de economía circular diseñado resulta particularmente aplicable en contextos que cumplan las siguientes condiciones:

Características productivas:

- Unidades agropecuarias de pequeña a mediana escala (1-50 hectáreas)
- Producción mixta (agrícola-ganadera) que genere residuos orgánicos aprovechables
- Alta dependencia de insumos externos (energía fósil, fertilizantes químicos, agua de red)
- Limitado acceso a servicios públicos estables (electricidad, agua potable)

Condiciones ambientales:

- Disponibilidad de recursos hídricos locales (ríos, quebradas, lluvias estacionales)
- Temperaturas medias favorables para procesos de biodigestión (18-35°C)
- Suelos con potencial de regeneración mediante prácticas agroecológicas

Factores sociales y organizacionales:

- Presencia de núcleos comunitarios con disposición a la cooperación

- Conocimientos empíricos sobre manejo de recursos naturales
- Apertura al aprendizaje técnico y a la experimentación productiva
- Liderazgos locales capaces de movilizar procesos participativos

Estas condiciones son comunes en diversas regiones rurales de Venezuela (estados Trujillo, Mérida, Táchira, Lara, Barinas) y países andinos (Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú), lo que amplía significativamente el potencial de replicabilidad del modelo.

#### ***5.4.3 Adaptaciones necesarias según variables contextuales***

Si bien el modelo propuesto tiene bases sólidas, su aplicación en otros contextos requiere ajustes específicos:

##### **Dimensionamiento técnico:**

- El tamaño de biodigestores, sistemas de tratamiento hídrico y captación pluvial debe recalcularse según la carga animal, volumen de residuos y demanda energética específica de cada unidad productiva.
- Las especies cultivadas y las condiciones climáticas locales influyen en las tasas de generación de biogás y eficiencia de tratamiento de aguas.

##### **Estrategias de gobernanza:**

- En comunidades con tradición cooperativista fuerte (por ejemplo, zonas cafetaleras o cacaoteras), los comités locales pueden formalizarse como cooperativas o asociaciones legalmente constituidas.
- En contextos con menor cohesión social, se recomienda iniciar con grupos piloto pequeños antes de escalar el modelo.

##### **Fuentes de financiamiento:**

- La viabilidad económica depende de la disponibilidad de subsidios estatales, créditos agrícolas, fondos de cooperación internacional o mecanismos de pago por servicios ambientales, que varían significativamente entre regiones y países.

**Marco regulatorio:**

- Las normativas ambientales, hídricas y energéticas difieren entre jurisdicciones, por lo que debe verificarse la conformidad legal del sistema antes de su implementación.

**5.4.4 Limitaciones y restricciones para la transferencia**

No obstante, su potencial, el modelo presenta limitaciones que deben considerarse:

- **Limitación 1: Dependencia de condiciones climáticas estables.** En regiones con sequías prolongadas o inundaciones recurrentes, la disponibilidad hídrica y la generación de biomasa pueden ser insuficientes para sostener el sistema circular, requiriendo tecnologías complementarias (desalinización, almacenamiento de agua de gran capacidad).
- **Limitación 2: Requerimientos mínimos de capital inicial.** Aunque se priorizan tecnologías de bajo costo, la inversión inicial en biodigestores, tuberías y sistemas de filtración puede ser prohibitiva para productores en situación de extrema pobreza sin acceso a financiamiento.
- **Limitación 3: Necesidad de acompañamiento técnico especializado.** La instalación y puesta en marcha de sistemas de bioenergía y tratamiento hídrico requiere asesoría ingenieril que no siempre está disponible en zonas rurales aisladas, lo que puede retrasar o comprometer la efectividad del modelo.

- **Limitación 4: Riesgos de fragmentación comunitaria.** En contextos con conflictos internos o alta migración rural-urbana, la conformación de estructuras de gobernanza colaborativa puede ser inviable, limitando la sostenibilidad social del sistema.

#### ***5.4.5 Escalamiento del modelo: de la finca al territorio***

Más allá de la unidad productiva individual, el modelo tiene potencial para **escalarsse a nivel territorial** mediante las siguientes estrategias:

##### **Enfoque de "finca demostrativa":**

- La finca Los Horqueteros puede funcionar como centro de capacitación y réplica para productores vecinos, generando un efecto multiplicador en la región.

##### **Redes de fincas circulares:**

- Articular múltiples unidades productivas en redes colaborativas que intercambien biofertilizantes, agua tratada, biogás o conocimientos técnicos, fortaleciendo la resiliencia colectiva.

##### **Integración con políticas públicas:**

- Vincular el modelo con programas gubernamentales de desarrollo rural, transición energética o gestión integrada de cuencas, facilitando acceso a recursos y legitimidad institucional.

##### **Alianzas universidad-territorio:**

- Establecer convenios de investigación-acción participativa donde universidades acompañen procesos de innovación rural y validan científicamente los resultados.

#### **5.4.6 Conclusión sobre la transferibilidad**

El modelo integral de economía circular desarrollado en esta investigación no es una solución cerrada, sino una plataforma adaptable que combina principios universales (circularidad, participación, eficiencia) con tecnologías flexibles y estructuras de gobernanza horizontales. Su transferibilidad exitosa depende menos de la réplica exacta de componentes técnicos y más de la apropiación contextualizada de la lógica sistémica que lo sustenta: cerrar ciclos, aprovechar residuos, empoderar comunidades y regenerar ecosistemas.

En consecuencia, se recomienda que futuras aplicaciones del modelo:

- Realicen diagnósticos participativos previos para identificar recursos, necesidades y capacidades locales.
- Adapten las tecnologías a la disponibilidad de materiales, clima y escala productiva específica.
- Prioricen el fortalecimiento del capital social y la gobernanza comunitaria como base de sostenibilidad.
- Documentan sistemáticamente los resultados para contribuir a la construcción de evidencia científica sobre economía circular rural en América Latina.

De esta forma, la finca Los Horqueteros puede convertirse en un **caso semilla** que inspire y oriente procesos de transformación sostenible en múltiples territorios rurales, demostrando que la innovación social y la circularidad son caminos viables hacia la autosuficiencia, la equidad y la regeneración ambiental en el campo latinoamericano.

## **CAPITULO VI**

### **LA PROPUESTA**

El presente capítulo tiene como propósito presentar el diseño de una propuesta tecnológica integral orientada a optimizar la gestión energética e hídrica en la finca agropecuaria Los Horqueteros, fundamentada en los principios de la economía circular, la innovación social y el desarrollo humano sustentable. Esta propuesta se erige como respuesta práctica a las problemáticas diagnosticadas en los capítulos anteriores, donde se identificaron deficiencias significativas en el tratamiento de residuos, el aprovechamiento de energía y el uso racional del agua, las cuales limitan la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo rural.

A partir de los hallazgos de la investigación, se determinó la necesidad de diseñar un Sistema Integral Circular (SIC) que articule procesos tecnológicos apropiados, de bajo costo y alta replicabilidad, capaces de transformar los desechos agropecuarios en recursos útiles, reducir la dependencia de fuentes fósiles y fomentar la autogestión comunitaria. Este modelo busca no solo elevar la productividad y eficiencia operativa de la finca, sino también fortalecer la capacidad organizativa de sus actores, promoviendo una cultura de sostenibilidad compartida y de innovación social aplicada al entorno rural.

La propuesta se sustenta en un enfoque teórico-práctico, apoyado en los aportes de Maestre et al. (2021) sobre la innovación social como mecanismo de solución colaborativa, y de Díaz Arias (2022) y Campozano Villegas (2021) respecto al aprovechamiento energético de la biomasa mediante biodigestión y tratamiento de efluentes. Asimismo, retoma las consideraciones de la CEPAL (2024) e IEA (2023) en torno a la urgencia de fortalecer la resiliencia hídrica y

energética de los sistemas rurales latinoamericanos frente a las limitaciones tecnológicas y ambientales.

En coherencia con los objetivos generales y específicos de la investigación, el presente capítulo se estructura en seis apartados: la fundamentación teórica y conceptual de la propuesta, donde se sustentan los principios que la guían; los objetivos de la propuesta, que orientan su desarrollo; la descripción técnica del sistema integral circular, que detalla sus componentes, procesos y flujos operativos; la factibilidad técnica, económica y operativa, que evalúa su viabilidad de implementación; la estrategia de implementación y evaluación, que establece las fases y mecanismos de control; y finalmente, las conclusiones del capítulo, donde se reflexiona sobre su impacto potencial en la transformación sostenible de la finca y su replicabilidad en otros contextos rurales.

### **6.1 Fundamentación Teórica y Conceptual de la Propuesta**

La fundamentación teórica y conceptual de la propuesta se apoya en los principios científicos, sociales y ambientales que sustentan su diseño y viabilidad. Este apartado evidencia que el modelo proyectado el Sistema Integral Circular (SIC) no surge de una reflexión aislada, sino del proceso sistemático de investigación descrito en los capítulos precedentes, que integra teorías sobre innovación social, desarrollo humano sustentable, economía circular y gestión integrada de recursos energéticos e hídricos.

La propuesta se orienta hacia la creación de un sistema autosostenible que articule la bioenergía, el tratamiento de aguas, el reciclaje de nutrientes y la participación comunitaria, conforme a un enfoque interdisciplinario sustentado en los principios del Desarrollo Humano Sustentable (DHS) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6, 7, 12 y 13).

### ***6.1.1 Innovación Social y Gobernanza Colaborativa***

El modelo propuesto se fundamenta en la teoría de la innovación social, entendida como la creación de soluciones sostenibles a partir de la cooperación entre actores públicos, privados y comunitarios (Maestre et al., 2021). Desde esta perspectiva, la innovación trasciende la dimensión tecnológica para convertirse en un proceso social de transformación y aprendizaje colectivo. En la finca Los Horqueteros, la innovación se materializa en la conformación de comités de sostenibilidad y mecanismos de gestión participativa, donde productores y habitantes cooperan en la administración del agua, la energía y los residuos.

A su vez, la gobernanza colaborativa (Jain, 2024) se integra como soporte estructural de la propuesta, favoreciendo la toma de decisiones inclusiva y el uso eficiente de los recursos. Este enfoque garantiza la apropiación del sistema por parte de los actores locales y promueve la transparencia, la corresponsabilidad y la continuidad operativa del modelo circular.

El capital social y el empoderamiento comunitario (Urteaga, 2013; Martínez, 2022) son dimensiones transversales que fortalecen el tejido organizativo rural, consolidando la sostenibilidad a largo plazo. La aplicación de metodologías de aprendizaje social (Bandura, 1977) mediante talleres demostrativos y réplica entre pares permitirá la multiplicación de conocimientos sobre biodigestión, compostaje y reúso de agua, generando un efecto de expansión progresiva del modelo.

### ***6.1.2 Desarrollo Humano Sustentable (DHS)***

El DHS constituye el eje articulador del modelo propuesto, pues integra las dimensiones ambiental, social y económica de la sostenibilidad. Según el Informe Brundtland (1987) y la Editorial Etece (2025), el desarrollo sustentable busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las futuras, lo que exige transformar la gestión de recursos en prácticas regenerativas.

En este contexto, la propuesta promueve:

- Equidad intergeneracional, mediante la preservación de los recursos hídricos y energéticos.
- Equidad intrageneracional, al democratizar el acceso al conocimiento técnico y a las tecnologías limpias.
- Resiliencia comunitaria, fortaleciendo la autogestión rural y la educación ambiental.

El modelo incorpora también el principio del capital humano (Repsol, 2025), reconociendo que el talento y la formación local son el recurso más valioso para garantizar la sostenibilidad del sistema. Se prevén programas de capacitación y aprendizaje continuo en biotecnología, gestión del agua y mantenimiento de equipos, favoreciendo la autonomía técnica y la creación de empleo verde.

### ***6.1.3 Economía Circular y Economía Regenerativa***

El diseño del Sistema Integral Circular se basa en los fundamentos de la economía circular, que propone cerrar los ciclos de materia, energía y agua a través de la reducción, reutilización y reciclaje (Parlamento Europeo, 2023). En el caso de Los Horqueteros, esto se traduce en la creación de flujos interconectados:

- Transformación de residuos orgánicos en biogás y biofertilizantes.
- Tratamiento y reúso de aguas grises para riego agrícola.
- Reaprovechamiento energético mediante paneles solares y biodigestores.

De manera complementaria, la economía regenerativa (Wikipedia, 2024) amplía el paradigma circular al incluir procesos que restauran los ecosistemas. Así, el SIC no solo busca

minimizar el impacto ambiental, sino mejorar activamente la calidad del suelo, del agua y del entorno, convirtiendo la finca en un agente regenerativo y no extractivo.

#### ***6.1.4 Gestión Integrada de Agricultura, Ganadería, Energía y Agua***

La fundamentación técnica del sistema proviene de los estudios revisados sobre gestión agropecuaria sostenible, energías renovables y tratamiento de aguas residuales (Camposano Villegas, 2021; Díaz Arias, 2022; Galindo & Marcano, 2022; Pimiento & Cárdenas, 2021). De estos se desprenden lineamientos metodológicos aplicados en el diseño del SIC:

- **Manejo energético:** uso de biodigestores tipo tubular o semicontinuo para generar biogás; aplicación de filtros de H<sub>2</sub> S y sistemas de regulación para usos térmicos y eléctricos.
- **Gestión hídrica:** incorporación de sedimentadores, biofiltros y humedales artificiales para tratamiento de aguas grises; almacenamiento y reúso controlado en riego.
- **Gestión de suelos:** aplicación del efluente del biodigestor (biol) como fertilizante orgánico, reforzando el ciclo de nutrientes.
- **Integración agroganadera:** aprovechamiento de estiércol, aguas de lavado y restos vegetales como insumos para la producción energética y biológica del sistema.

Esta gestión integral se apoya en la gobernanza ambiental (Wikipedia, 2024), que promueve la participación de múltiples actores en la planificación y control de los recursos naturales, fortaleciendo los mecanismos de supervisión, corresponsabilidad y evaluación ambiental.

## 6.2 Descripción de la Propuesta

La propuesta de Sistema Integral Circular (SIC) para la finca agropecuaria Los Horqueteros se concibe como un modelo de diseño técnico, social y ambiental que articula la gestión de energía, agua y residuos bajo los principios de la economía circular, la innovación social y el desarrollo humano sustentable. Este sistema plantea una estructura interdependiente donde cada componente contribuye a cerrar los ciclos productivos, optimizar recursos y fortalecer la resiliencia del entorno rural, sin alterar su equilibrio ecológico ni sus dinámicas socioproductivas.

El diseño parte de los resultados del diagnóstico realizado en la fase investigativa, en el cual se identificaron las principales limitaciones en el manejo energético e hídrico, la disposición de residuos agropecuarios y la falta de integración tecnológica. A partir de ello, se concibió una propuesta que combina soluciones tecnológicas apropiadas con procesos participativos, garantizando que su implementación futura sea viable, sostenible y adaptable a las condiciones de la finca y su comunidad.

El Sistema Integral Circular se fundamenta en cuatro principios rectores:

1. Cierre de ciclos de recursos: los residuos orgánicos se transforman en energía y biofertilizantes; las aguas grises son tratadas y reutilizadas; y la energía se genera mediante fuentes renovables combinadas.
2. Autonomía y eficiencia energética: el sistema se sustenta en un modelo híbrido que integra biogás producido a partir de desechos pecuarios y energía solar fotovoltaica, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y mejorando la seguridad energética local.

3. Gestión hídrica circular: mediante humedales artificiales y biofiltros naturales, el agua utilizada en actividades de ordeño, limpieza o riego es tratada y reincorporada al sistema, disminuyendo la presión sobre fuentes de agua limpia.
4. Innovación social y gobernanza comunitaria: se promueve la participación activa de los trabajadores y habitantes en la planificación, operación y control del sistema, fortaleciendo el aprendizaje colectivo, la corresponsabilidad y el sentido de pertenencia.

Cada subsistema se conecta entre sí mediante un flujo circular de materia y energía, conformando una red integrada en la que las salidas de un proceso constituyen las entradas de otro, siguiendo el paradigma del metabolismo industrial y agroecológico (Ver Anexo 15). Esta articulación responde a lo planteado por autores como Maestre et al. (2021) y Morillo Piña et al. (2022), quienes sostienen que la sostenibilidad rural depende de la interdependencia entre tecnología, cultura y entorno.

El diseño del SIC adopta también los principios del Desarrollo Humano Sustentable (DHS), al priorizar la formación técnica, la equidad en el acceso a recursos y la corresponsabilidad social en el manejo del sistema. De esta manera, no solo se promueve la eficiencia productiva, sino también la mejora en la calidad de vida, la educación ambiental y la capacidad autogestiva de la comunidad.

Finalmente, la propuesta se organiza en fases progresivas de diseño, que van desde la caracterización técnica hasta la ingeniería conceptual y la evaluación de factibilidad. Cada fase incorpora herramientas de planificación y control, incluyendo matrices de criterios, hojas de cálculo referenciales, indicadores de desempeño (KPIs) y formatos de registro para el futuro comité local de sostenibilidad.

En suma, este diseño no constituye un proyecto cerrado, sino un modelo conceptual flexible y contextualizado que integra ciencia, práctica agrícola e innovación social para orientar a Los Horqueteros hacia una gestión productiva sostenible, resiliente y alineada con los principios de la economía circular y la agroecología contemporánea.

### **6.2.1 Arquitectura del Sistema (Visión General)**

El Sistema Integral Circular (SIC) propuesto para la finca agropecuaria Los Horqueteros se estructura como un modelo eco-tecnológico interconectado, en el que los flujos de energía, agua, nutrientes y gestión se integran en un mismo marco operativo bajo los principios de autonomía productiva, eficiencia de recursos y retroalimentación sostenible. Esta arquitectura se fundamenta en la noción de ciclo cerrado, donde los subproductos de un proceso constituyen los insumos de otro, reduciendo pérdidas y generando valor agregado en cada etapa.

La arquitectura general del sistema se concibe a partir de cuatro bloques funcionales interrelacionados:

- Bioenergía híbrida (biodigestión + energía fotovoltaica)
- Gestión hídrica circular (tratamiento y reúso de aguas grises)
- Gestión de nutrientes y suelos (biol + compostaje)
- Gobernanza y operación comunitaria (O&M)

Cada bloque posee funciones específicas, pero al mismo tiempo mantiene interdependencia energética y material, lo que garantiza la coherencia del modelo y la sostenibilidad sistémica.

**6.2.1.1 Bloque de Bioenergía Híbrida.** *Este componente constituye el núcleo energético del sistema. Se basa en la biodigestión anaerobia de los desechos pecuarios (estiércol de bovinos y aves) para generar biogás como fuente térmica primaria, y en un conjunto*

*fotovoltaico auxiliar que proporciona electricidad a los equipos esenciales del sistema (bombas, sensores y luminarias).*

El principio operativo establece que el biogás asume la prioridad térmica empleado en cocción, calefacción de agua u ordeño, mientras que la energía solar actúa como respaldo eléctrico complementario, garantizando autonomía durante la operación diaria. La integración híbrida se realiza a través de un panel de control energético, encargado de administrar las fuentes de energía, optimizar su uso y registrar los datos de producción y consumo.

**6.2.1.2 Bloque de Gestión Hídrica Circular.** *El subsistema hídrico está orientado a maximizar la eficiencia en el uso del agua mediante un esquema de captación, tratamiento, almacenamiento y reúso controlado. El flujo operativo parte de la sedimentación inicial, donde se separan sólidos gruesos y grasas de las aguas grises procedentes de actividades agropecuarias (lavado de corrales, equipos o utensilios de ordeño). Posteriormente, el líquido clarificado pasa a un biofiltro o humedal artificial, compuesto por grava, arena y vegetación acuática nativa (como eneas o papiros), que actúan como depuradores biológicos.*

El agua tratada se almacena en tanques secundarios y se reutiliza en riego, limpieza y procesos no potables. Este ciclo cerrado reduce la demanda de agua limpia y evita la contaminación de fuentes naturales, en concordancia con el enfoque de economía hídrica circular promovido por ONU-Agua (2024).

**6.2.1.3 Bloque de Suelos y Nutrientes.** *En este módulo convergen los productos del biodigestor y los residuos vegetales del área agrícola. A partir de lo aprendido en la entrevista y enseñanzas del ING de la Planta de Bioinsumos (PASA) en el Núcleo Fabricio Ojeda, podemos saber que el biol (efluente líquido del digestor) se decanta y estabiliza para su uso como*

*biofertilizante líquido, rico en nitrógeno, fósforo y potasio. De forma complementaria, los restos vegetales y orgánicos se someten a procesos de compostaje aeróbico, dando origen a un compost sólido apto para mejorar la estructura y retención de humedad del suelo. Además, a partir de laboratorio, se puede adoptar la posibilidad de generar biofertilizantes o bioinsumos a partir de la selección y creación de cepas de microorganismos específicos*

Ambos insumos biol y compost se aplican mediante un sistema de fertirriego, cerrando el ciclo de nutrientes y fortaleciendo la productividad agrícola con base en la regeneración del suelo. Esta integración responde al principio de simbiosis productiva, en el que los residuos de origen biológico se convierten en recursos de valor dentro del mismo ecosistema.

**6.2.1.4 Bloque de Gobernanza y Operación (O&M).** *El funcionamiento del SIC requiere una estructura de gestión participativa que garantice la sostenibilidad operativa del sistema en el tiempo. Para ello, se propone la conformación de un Comité Local de Sostenibilidad, integrado por representantes de la finca y actores comunitarios, quienes serán responsables de la supervisión, mantenimiento y toma de decisiones. Este bloque incorpora mecanismos de monitoreo, registro y mejora continua, apoyados en bitácoras diarias, indicadores de desempeño (KPIs) y protocolos de operación y mantenimiento (SOP).*

Asimismo, el componente de gobernanza se sustenta en la educación ambiental y la capacitación técnica, promoviendo la corresponsabilidad en el uso del agua, la energía y los recursos naturales. A través de este enfoque, el sistema no solo alcanza eficiencia técnica, sino también legitimidad social y permanencia institucional.

**6.2.1.5 Interfaz e integración entre subsistemas.** *El flujo interconectado del sistema puede resumirse en la siguiente cadena funcional:*

- 1- Bioenergía híbrida: biodigestión de residuos → generación de biogás (energía térmica) y efluente (biol) → registro energético → respaldo solar FV.
- 2- Aguas grises: recolección → sedimentación → biofiltro/humedal → almacenamiento → reúso agrícola.
- 3- Suelos y nutrientes: aplicación del biol y compost → mejora de fertilidad → aumento de rendimiento → retorno de residuos agrícolas al biodigestor.
- 4- Gobernanza y O&M: monitoreo de variables, evaluación de indicadores y ajustes periódicos → retroalimentación del sistema.

De esta manera, la arquitectura del SIC opera como un organismo autosostenible, donde las variables energía, agua, suelo y gestión se entrelazan en un circuito de equilibrio dinámico. Este modelo permite alcanzar simultáneamente eficiencia operativa, reducción de impactos ambientales y fortalecimiento de las capacidades locales, consolidando a Los Horqueteros como un referente de innovación agroecológica y sostenibilidad rural.

### **6.2.2 Estructura por Subsistemas (*Diseño Conceptual*)**

**6.2.2.1 Subsistema de Bioenergía Híbrida (Biogás + FV).** El subsistema de bioenergía híbrida constituye el componente central del diseño energético del Sistema Integral Circular (SIC), cuyo propósito es alcanzar una autosuficiencia térmica y eléctrica básica, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y promoviendo el aprovechamiento integral de los recursos generados dentro de la finca.

El objetivo de diseño de este subsistema es proporcionar energía limpia y constante para cubrir las necesidades térmicas y eléctricas esenciales, a partir de fuentes renovables complementarias: biogás y energía solar fotovoltaica (FV).

Su principio de funcionamiento se basa en la transformación de residuos orgánicos principalmente estiércol de bovinos y aves en biogás, utilizado como fuente térmica, y en la

captación de irradiación solar para la generación de energía eléctrica mediante paneles solares. De este modo, se establece una sinergia energética entre ambos recursos, en la que el biogás cubre las actividades diarias que requieren calor (cocción, calentamiento de agua, ordeño) e inclusive sirve como un posible respaldo eléctrico, mientras que el sistema fotovoltaico actúa como respaldo eléctrico para equipos, iluminación y bombeo de agua.

El flujo general de entradas y salidas del subsistema se puede representar de la siguiente forma:

- Entradas: estiércol animal, agua de dilución, radiación solar.
- Salidas: biogás para uso térmico o energético, energía eléctrica para respaldo, y efluente líquido (biol) destinado al subsistema de nutrientes.

En su estructura operativa, el subsistema se organiza en bloques funcionales que permiten comprender su diseño desde un punto de vista administrativo y de gestión de recursos:

1. Pretratamiento y mezcla: corresponde al acopio de estiércol y su combinación con agua en proporciones controladas, facilitando su transformación posterior.
2. Biodigestión anaerobia: proceso natural en el que la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, generando biogás y un subproducto líquido rico en nutrientes (biol).
3. Acondicionamiento del gas: filtrado y regulación básica del biogás para garantizar su uso seguro y estable.
4. Uso térmico: aplicación directa del biogás para cocinar, calentar agua o apoyar el proceso de ordeño.
5. Energía fotovoltaica auxiliar: captación solar mediante paneles conectados a baterías e inversores, garantizando electricidad estable para actividades diarias y

en horarios nocturnos. Además, también se puede utilizar el biogás como una reserva de energía eléctrica a través de motores de combustión interna

6. Monitoreo y control: registro de la producción y consumo energético mediante fichas simples de seguimiento y control operativo.

El enfoque adoptado en este subsistema responde al criterio de tecnología apropiada, caracterizada por su bajo costo, facilidad de mantenimiento y capacidad de adaptación al contexto rural venezolano (Ver Anexo 16). En este sentido, no se trata de un sistema industrial complejo, sino de un diseño modular y escalable que puede ampliarse gradualmente según las necesidades productivas.

El aporte estratégico del subsistema radica en su capacidad para integrar la eficiencia energética con la sostenibilidad ambiental. La utilización del biogás contribuye a reducir las emisiones derivadas de la quema o descomposición incontrolada de residuos, mientras que la incorporación del componente solar permite estabilizar el suministro eléctrico y mejorar la autonomía operativa de la finca.

Desde la perspectiva de la administración y gestión de recursos, el diseño contempla la existencia de instrumentos de registro y seguimiento como bitácoras o formatos orientados al control de consumos, mantenimiento preventivo y seguridad básica en el manejo del gas. Estos elementos, más allá de su carácter técnico, representan una herramienta de gestión que fortalece la cultura organizacional de sostenibilidad energética en Los Horqueteros.

En conjunto, el subsistema de bioenergía híbrida se configura como una solución integral que combina la racionalidad técnica con la viabilidad socioeconómica, garantizando la autosuficiencia energética de la finca mediante un equilibrio entre innovación tecnológica, aprovechamiento de recursos internos y participación comunitaria.

**6.2.2.2 Subsistema de Tratamiento y Reúso de Aguas Grises.** *El Subsistema de Tratamiento y Reúso de Aguas Grises forma parte esencial del diseño del Sistema Integral Circular (SIC), orientado a la optimización del recurso hídrico dentro de la finca agropecuaria Los Horqueteros. En donde, su propósito central es reducir el consumo de agua limpia y minimizar los vertidos al entorno, transformando las aguas residuales de bajo nivel de contaminación en un recurso útil para actividades complementarias del ciclo productivo.*

El objetivo de diseño de este subsistema es garantizar la eficiencia en el uso del agua mediante un circuito de tratamiento natural y de bajo impacto, que permita su reutilización segura y controlada en labores de riego, limpieza y mantenimiento general (Ver Anexo 17). Además, esta medida no solo representa un ahorro económico significativo, sino también una contribución directa a la sostenibilidad ambiental de la finca, y está pensado a partir de los humedales y el funcionamiento de las plantas potabilizadoras de agua

El flujo de funcionamiento del sistema se desarrolla en tres bloques funcionales principales, organizados bajo una lógica secuencial y autosuficiente:

1. Sedimentación primaria: En esta primera etapa se realiza la separación de sólidos, grasas y aceites provenientes de las actividades cotidianas de la finca (lavado de utensilios, equipos y áreas de ordeño) o se extrae agua del río naciente que se mencionó anteriormente. Este proceso se lleva a cabo mediante un depósito o trampa de sedimentación que permite clarificar el agua de forma natural, preparando su paso hacia las etapas biológicas del sistema.
2. Biofiltro, planta potabilizadora o humedal natural: El agua clarificada atraviesa una zona filtrante compuesta por materiales naturales como grava, arena y carbón vegetal combinados con plantas acuáticas de raíces absorbentes. Estas especies,

además de oxigenar el medio, ayudan a depurar el agua mediante procesos biológicos de absorción y transformación de nutrientes. Además, este diseño está inspirado en el funcionamiento de plantas potabilizadoras de agua, que últimamente han estado siendo implementadas en el país (Ver Anexo 18)

3. Almacenamiento y reúso controlado: El agua tratada se canaliza hacia un tanque protegido, destinado a su almacenamiento temporal antes de ser reutilizada en actividades no potables, tales como el riego de áreas verdes, la limpieza de instalaciones o el lavado de herramientas. Para asegurar un manejo responsable, el sistema contempla un esquema de control básico que incluye registros de turbidez, olor y frecuencia de mantenimiento, asegurando que el reúso se mantenga dentro de parámetros seguros y eficientes.

La estructura administrativa del subsistema incorpora herramientas de seguimiento simples, entre ellas los formatos de control de diagrama hidráulico general, fichas de operación por etapa y control de calidad simplificado. Estos instrumentos no son documentos técnicos complejos, sino guías prácticas que permiten al comité local de sostenibilidad llevar un registro ordenado de las operaciones, mantenimiento y resultados del sistema.

Desde la perspectiva de la gestión empresarial y la administración ambiental, este subsistema representa una práctica de optimización de recursos y reducción de costos operativos, al disminuir la dependencia de fuentes externas de agua. Asimismo, fortalece la imagen sustentable de la finca, al incorporar procesos de economía circular que valorizan los residuos líquidos como parte del ciclo productivo.

En términos conceptuales, el modelo propuesto se alinea con los enfoques de gestión hídrica sostenible promovidos por la CEPAL (2024) y la ONU-Agua (2024), los cuales subrayan

la importancia de sistemas locales de tratamiento y reúso adaptados a las condiciones ambientales y sociales del territorio.

**6.2.2.3 Subsistema de Nutrientes (Biol + Compost).** El Subsistema de Nutrientes constituye el componente biológico del Sistema Integral Circular (SIC), orientado a cerrar el ciclo de los nutrientes dentro de la finca agropecuaria Los Horqueteros. Su finalidad es transformar los subproductos orgánicos provenientes principalmente del biodigestor y de los residuos vegetales en insumos de alto valor agronómico, promoviendo la regeneración del suelo y la sostenibilidad del sistema productivo.

El objetivo de diseño de este subsistema es mantener y mejorar la fertilidad del suelo, reduciendo la dependencia de insumos químicos y fortaleciendo la productividad a partir de procesos naturales de reciclaje orgánico (Ver Anexo 19-20). Este enfoque responde a los principios de la economía circular y del desarrollo humano sustentable, al integrar prácticas ecológicas con una gestión racional de los recursos. Además, está inspirado en lo aprendido del ING de la Planta de Bioinsumos (PASA) en el Núcleo Fabricio Ojeda en Caracas que fue participe en las entrevistas, en donde facilito el aprendizaje referente a bioinsumos y biofertilizantes de manera profesional (Ver Anexo 21-27)

El funcionamiento del subsistema se estructura en tres bloques fundamentales:

1. Gestión del efluente del biodigestor (biol): El efluente líquido resultante del proceso de biodigestión, conocido como biol, contiene una elevada concentración de nutrientes y microorganismos beneficiosos. Antes de su aplicación en los cultivos, se somete a un breve proceso de estabilización mediante decantación y reposo, lo que permite mejorar su calidad y asegurar un uso agrícola seguro. Este subproducto se emplea como biofertilizante líquido, aplicándose mediante

sistemas sencillos de riego o aspersión, favoreciendo el crecimiento vegetal y la recuperación del suelo.

2. Compostaje de residuos vegetales: Los restos de cosecha, rastrojos, hojas secas y otros residuos agropecuarios se integran en un proceso de compostaje aeróbico, en el que la materia orgánica se descompone naturalmente para generar un abono sólido estable y rico en nutrientes. Este compost se utiliza como enmienda del suelo, mejorando su estructura, capacidad de retención de agua y contenido de materia orgánica. El compostaje se adapta a las condiciones locales, evitando requerimientos tecnológicos complejos y promoviendo la participación del personal de la finca en su manejo.
3. Aplicación agrícola integrada: El biol y el compost se aplican de manera complementaria, constituyendo un sistema de fertilización circular. Mientras el biol actúa rápidamente aportando nutrientes solubles, el compost mejora la base física y biológica del suelo, garantizando una regeneración progresiva. Este manejo integrado fortalece la sostenibilidad del sistema agrícola y contribuye a la resiliencia frente a condiciones climáticas adversas.

Desde la perspectiva administrativa, el subsistema promueve una gestión organizada de los recursos orgánicos, apoyada en la observación directa y en la evaluación continua de los resultados sobre la productividad y la calidad del suelo. No requiere una infraestructura costosa, sino una planificación adecuada y una cultura de aprovechamiento integral de los materiales disponibles.

Teóricamente, este diseño se fundamenta en los aportes de Altieri (2015) sobre la agroecología, que plantea la restauración de la fertilidad del suelo como eje central de la

sostenibilidad, y en los principios de bioeconomía circular señalados por la FAO (2023), que destacan el valor del residuo como recurso productivo. La articulación de ambos enfoques permite comprender el subsistema no solo como una práctica técnica, sino como una estrategia de gestión ecológica y económica.

#### **6.2.2.4 Subsistema de Gobernanza, Operación, Mantenimiento (O&M) y Seguridad.**

El Subsistema de Gobernanza, Operación, Mantenimiento (O&M) y Seguridad constituye el pilar organizativo del Sistema Integral Circular (SIC). Su propósito es garantizar la operación sostenida, la participación activa de los actores locales y la seguridad en el manejo de los recursos, promoviendo el aprendizaje colectivo y la mejora continua.

El objetivo de diseño de este subsistema es asegurar que el modelo integral funcione de manera estable, eficiente y segura, combinando prácticas de gestión participativa con protocolos básicos de mantenimiento y prevención de riesgos (Ver Anexo 28). Este enfoque reconoce que la sostenibilidad técnica depende directamente del compromiso humano y organizacional que respalde el sistema.

La estructura de gobernanza propuesta se fundamenta en la creación de un Comité Local de Sostenibilidad, integrado por representantes de la finca y miembros de la comunidad vinculados a las operaciones del sistema. Este comité tiene la responsabilidad de coordinar las acciones de planificación, control y seguimiento de cada subsistema, promoviendo la transparencia y el sentido de corresponsabilidad.

El comité adopta un esquema organizativo sencillo, en el que se definen roles y turnos rotativos, de modo que todas las personas involucradas participen en tareas de inspección, limpieza o supervisión, fortaleciendo el aprendizaje práctico y la apropiación del sistema.

Asimismo, se contempla la aplicación de principios de gestión administrativa como la matriz RACI (Responsable, Aprobador, Consultado e Informado), lo que permite distribuir claramente las funciones y evitar duplicidades o vacíos en la toma de decisiones.

#### Plan de Operación y Mantenimiento (O&M)

El plan de O&M se estructura en tres niveles:

- Mantenimiento rutinario: actividades básicas y frecuentes, como limpieza de áreas, revisión de válvulas, control de fugas o eliminación de obstrucciones.
- Mantenimiento preventivo: acciones programadas destinadas a evitar fallas mayores, incluyendo la revisión de estanques, biodigestores y sistemas eléctricos en periodos determinados.
- Mantenimiento correctivo: intervenciones puntuales ante imprevistos o deterioros, priorizando la seguridad y la continuidad del servicio.

Estas actividades no requieren equipos complejos, sino una organización eficiente del tiempo y los recursos, lo cual permite prolongar la vida útil de los sistemas y reducir costos operativos. Además, fomentan la creación de una cultura de mantenimiento preventivo, fundamental para la sostenibilidad a largo plazo.

**6.2.2.5 Seguridad y gestión de riesgos.** La seguridad constituye un eje transversal dentro del sistema. Las medidas contempladas están orientadas a prevenir accidentes y proteger la integridad física de los operadores y de la comunidad. Entre los aspectos prioritarios se destacan:

- Manejo seguro del biogás: verificación de conexiones, ventilación adecuada y control de fugas mediante inspecciones visuales y pruebas sencillas.
- Prevención eléctrica: revisión de conexiones de paneles solares y dispositivos de respaldo, garantizando un aislamiento adecuado.

- Espacios confinados: ingreso controlado a biodigestores o tanques, bajo supervisión y con ventilación previa.
- Elementos de protección personal (EPP): uso de guantes, botas, mascarillas y señalización en áreas críticas.

Más que un conjunto de normas, estas acciones constituyen una cultura de seguridad comunitaria, en la que todos los participantes asumen la responsabilidad de cuidar su entorno y las instalaciones.

**6.2.2.6 Gobernanza y mejora continua.** La gobernanza no se limita a la gestión técnica, sino que abarca también la dimensión social y educativa del sistema. A través de reuniones periódicas, registros de incidencias y mecanismos de retroalimentación, el comité local evalúa el funcionamiento general del sistema y promueve procesos de mejora continua.

Esta práctica, basada en la metodología de aprendizaje organizacional, fortalece la autonomía local, genera confianza entre los miembros y garantiza la sostenibilidad del modelo sin depender de agentes externos.

### 6.2.2.7 Presupuesto General

**Tabla 24**

*Presupuesto de Sistemas*

<b>Componente / Subsistema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uso Principal</b>	<b>Costo Estimado (USD)</b>
<b>1. Subsistema de Bioenergía Híbrida (Biogás + FV)</b>	Incluye biodigestor tubular PEAD 20 m <sup>3</sup> , trampas de agua, filtro H <sub>2</sub> S, válvulas, motobomba y kit solar de respaldo 1 kW con inversor,	Producción de biogás y energía fotovoltaica para uso térmico (cocción, agua caliente) y respaldo eléctrico (iluminación, nevera,	4.500 – 5.000

	regulador y baterías AGM 100Ah.	carga de dispositivos).	
<b>2. Subsistema de Tratamiento y Reúso de Aguas Grises</b>	Construcción de sedimentador, trampa de grasa, biofiltro de grava y arena, humedal artificial de 12 m <sup>2</sup> con plantas macrófitas, tanque de almacenamiento y tuberías PVC.	Recolección, tratamiento y reutilización de aguas domésticas para riego agrícola y limpieza.	2.200 – 2.800
<b>3. Subsistema de Nutrientes (Biol + Compostaje)</b>	Área de compostaje con base de concreto 15 m <sup>2</sup> , cubierta metálica, herramientas (palas, carretillas), tamiz, bidones de 200 L para biol y tanque de reposo.	Aprovechamiento del efluente del biodigestor y residuos orgánicos para producción de abono líquido y sólido.	1.200 – 1.800
<b>4. Subsistema de Gobernanza, O&amp;M y Seguridad</b>	Señalización, EPP básicos, tablón informativo, bitácoras, medidores manuales, kits de primeros auxilios, materiales de oficina, módulos de capacitación y carteles de roles.	Gestión participativa, mantenimiento rutinario, seguridad y formación del Comité Local de Sostenibilidad.	600 – 900
<b>5. Sistema de Monitoreo y Evaluación (IA + Manual)</b>	Termómetro digital, sensor de humedad, medidor portátil de pH y turbidez, hojas de control, y tablero manual de indicadores (KPIs).	Control de desempeño energético, hídrico y ambiental.	400 – 700
<b>6. Infraestructura Complementaria</b>	Cimentación, soportes, cercado perimetral, canalización eléctrica, pequeña caseta técnica.	Integración física y protección de los subsistemas.	1.000 – 1.500
<b>7. Capacitación Inicial y Manuales</b>	Material impreso, jornadas de formación y asistencia técnica inicial.	Transferencia de conocimiento y arranque operativo del SIC.	400 – 600

Nota: Total estimado general (USD) 10.300 – 13.300.

Fuente: Elaboración propia.

Notas metodológicas:

- Los precios fueron referenciados según promedios de proveedores nacionales venezolanos (Caracas, Trujillo, Mérida, Barquisimeto) y portales de venta como MercadoLibre Venezuela, FerreTotal, entre otros. (consultas octubre 2025).
- Los costos son referenciales y expresados en dólares estadounidenses (USD), con una variación potencial de  $\pm 15\%$  dependiendo del transporte y disponibilidad de materiales.
- No incluyen gastos de personal, transporte ni permisos, dado que el diseño es conceptual.

### **6.2.3 Roles y Responsabilidades (RACI de Referencia)**

La estructura organizativa del Sistema Integral Circular (SIC) requiere una distribución clara de funciones y responsabilidades que garanticen la operatividad, la sostenibilidad y la transparencia en la toma de decisiones (Ver Anexo 29). Para ello, se adopta una matriz RACI de referencia (Responsable, Aprobador, Consultado e Informado), adaptada a la escala y características de la finca agropecuaria Los Horqueteros.

Este modelo no busca imponer una jerarquía rígida, sino promover una gobernanza colaborativa, donde cada actor asuma su rol dentro de un esquema participativo y flexible, orientado al aprendizaje continuo y la gestión compartida de los recursos.

**6.2.3.1 Propietario o Administrador General.** El propietario o administrador de la finca cumple un rol estratégico dentro del sistema. Es quien patrocina y respalda la implementación del modelo, garantizando los recursos necesarios y aprobando los lineamientos generales del diseño. Además, vela por la coherencia entre la propuesta técnica y los objetivos económicos y

sociales de la organización. Su función implica asegurar la continuidad del proyecto, gestionar alianzas externas y supervisar los resultados globales.

**6.2.3.2 Comité Local de Sostenibilidad.** El Comité Local de Sostenibilidad constituye la instancia central de coordinación operativa. Está integrado por representantes de las distintas áreas productivas y por miembros de la comunidad vinculados a las actividades del sistema.

Entre sus funciones destacan:

- Coordinar la ejecución diaria de las actividades de cada subsistema (energía, agua, suelo).
- Mantener los registros y bitácoras de funcionamiento.
- Supervisar el cumplimiento de las normas básicas de seguridad.
- Promover espacios de diálogo y evaluación para la mejora continua.

Este comité actúa como enlace entre el nivel técnico y el nivel comunitario, garantizando la transparencia y la participación colectiva en la gestión.

**6.2.3.3 Responsable Técnico (Ingeniería o Asesor Especializado).** El responsable técnico cumple un papel de validación y asesoría especializada. Su función es garantizar que los criterios de diseño, las condiciones de seguridad y los parámetros de eficiencia estén alineados con buenas prácticas de ingeniería y sostenibilidad. Además, asesora en la elaboración de manuales operativos y protocolos simplificados, asegurando que el sistema mantenga su coherencia técnica a lo largo del tiempo, sin perder su viabilidad práctica ni su bajo costo de mantenimiento.

**6.2.3.4 Operadores Designados.** Los operadores designados representan el nivel operativo del sistema, siendo los encargados directos de la ejecución cotidiana de tareas como el control del biodigestor, la supervisión de los flujos de agua, el compostaje y la aplicación de

biofertilizantes. Su labor requiere formación básica y acompañamiento inicial, pero constituye la base del funcionamiento continuo del sistema. Son, además, los primeros en detectar posibles fallas o desviaciones, lo que los convierte en actores clave para el aprendizaje y la mejora del modelo.

**6.2.3.5 Soporte Comunitario.** El soporte comunitario agrupa a las personas que, sin tener responsabilidades técnicas directas, colaboran activamente en la sostenibilidad del entorno. Entre sus tareas se incluyen labores de limpieza perimetral, vigilancia, mantenimiento de accesos y reporte de incidencias. Su participación fortalece la cohesión social y refuerza el sentido de pertenencia hacia la finca y sus recursos, promoviendo una cultura compartida de cuidado ambiental y cooperación.

Siguiendo la siguiente leyenda podrás entender el funcionamiento de las funciones de los roles a la hora de desarrollar la propuesta, a partir de la tabla de Matriz RACI

**Leyenda:**

- **R** = Responsable (ejecuta la tarea)
- **A** = Aprobador (valida o aprueba resultados)
- **C** = Consultado (aporta conocimiento o apoyo técnico)
- **I** = Informado (recibe actualizaciones o reportes)

**Tabla 25.**

*Matriz RACI del Sistema Integral Circular (SIC)*

<b>Actividad / Acción Clave</b>	<b>Propietario / Administrador</b>	<b>Comité Local de Sostenibilidad</b>	<b>Responsable Técnico (Ingeniería)</b>	<b>Operadores Designados</b>	<b>Soporte Comunitario</b>
<b>FASE 1. Preparación del diseño</b>					
<b>Revisión de</b>	A	C	R	I	I

<b>diagnóstico y datos base</b>					
<b>Definición de requerimientos funcionales por subsistema</b>	A	R	C	I	I
<b>Elaboración del plan de trabajo y matriz de datos faltantes</b>	A	C	R	I	I
<b>FASE 2. Pre-dimensionamiento y selección tecnológica</b>					
<b>Cálculos de capacidad del digestor, humedal y almacenamiento</b>	C	I	R	I	I
<b>Selección de alternativas tecnológicas</b>	A	C	R	I	I
<b>Validación técnica y social de la opción final</b>	A	R	C	I	C
<b>FASE 3. Ingeniería conceptual</b>					
<b>Elaboración de diagramas de flujo (PFD)</b>	I	C	R	I	I
<b>Diseño del layout general y materiales tipo</b>	C	C	R	I	I
<b>Presentación de memoria técnica y criterios de diseño</b>	A	C	R	I	I
<b>FASE 4. Ingeniería básica</b>					

<b>Elaboración de hojas técnicas y planos por subsistema</b>	C	C	R	I	I
<b>Redacción de protocolos de operación y seguridad (SOP)</b>	A	C	R	I	I
<b>Validación de manual de O&amp;M</b>	A	R	C	I	I
<b>FASE 5. Implementación y evaluación (plan documentado)</b>					
<b>Elaboración de plan maestro de implementación</b>	A	C	R	I	I
<b>Definición de indicadores y KPIs</b>	A	C	R	I	I
<b>Elaboración del plan de monitoreo y evaluación</b>	A	R	C	I	I
<b>SUBSISTEMA ENERGETICO (biogás + FV)</b>					
<b>Balance energético y diseño del sistema híbrido</b>	A	C	R	I	I
<b>Elaboración de plan de eficiencia energética</b>	C	R	R	I	I
<b>Capacitación en uso racional de energía</b>	I	R	C	R	C
<b>SUBSISTEMA HÍDRICO (reúso y tratamiento)</b>					

<b>Diseño del humedal artificial</b>	A	C	R	I	I
<b>Elaboración del plan de monitoreo de efluentes</b>	A	R	C	I	I
<b>Programa de buenas prácticas de uso del agua</b>	I	R	C	R	C
<b>SUBSISTEMA DE NUTRIENTES (biol + compost)</b>					
<b>Diseño de área y volumen de compostaje</b>	C	C	R	R	I
<b>Control de temperaturas y tiempos de compostaje</b>	I	C	C	R	C
<b>Aplicación agrícola del biol y compost</b>	I	C	C	R	R
<b>SUBSISTEMA DE GOBERNANZA Y CAPACITACIÓN</b>					
<b>Conformación del Comité Local de Sostenibilidad</b>	A	R	C	I	C
<b>Plan de capacitación y cronograma de talleres</b>	A	R	C	R	C
<b>Diseño de bitácora integrada y turnos de operación</b>	A	R	C	R	I
<b>Evaluación de desempeño comunitario</b>	A	R	C	I	C
<b>MONITOREO Y</b>					

---

**SEGUIMIENTO**

<b>Implementación del tablero de indicadores</b>	A	R	R	I	I
<b>Consolidación de reportes mensuales</b>	A	R	C	I	I
<b>Evaluación anual y mejora continua</b>	A	R	C	I	C

Fuente: Elaboración propia.

#### **6.2.4 Objetivos de la Propuesta**

**6.2.4.1. Objetivo General.** Diseñar un Sistema Integral Circular (SIC) para la finca agropecuaria Los Horqueteros que articule la gestión de energía, agua y residuos mediante soluciones tecnológicas apropiadas, principios de economía circular e innovación social, orientado a fortalecer la sostenibilidad productiva y ambiental del entorno rural.

##### **6.2.4.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar un sistema energético híbrido basado en la generación de biogás y energía solar fotovoltaica, que permita la autosuficiencia energética y la optimización del consumo de recursos en la finca.
- Proyectar un subsistema de tratamiento y reúso de aguas grises, sustentado en humedales artificiales o biofiltros naturales, para su aprovechamiento en actividades agrícolas y de mantenimiento.
- Estructurar un modelo de aprovechamiento integral de residuos orgánicos, que incorpore procesos de biodigestión y compostaje para la obtención de biofertilizantes y la regeneración del suelo.

- Formular un esquema de gestión participativa y educativa, basado en la conformación de un Comité Local de Sostenibilidad y en la capacitación continua de los actores involucrados en la operación del sistema.
- Diseñar un sistema de monitoreo y evaluación integral, orientado a medir la eficiencia energética, hídrica y ambiental del modelo, así como su capacidad de replicabilidad en otras unidades agropecuarias rurales.

### **6.3 Fases y Etapas del Diseño (Ruta Metodológica)**

El proceso de diseño del Sistema Integral Circular (SIC) para la finca agropecuaria Los Horqueteros se concibe bajo un enfoque 100 % de diseño, lo que implica que su desarrollo se centra en la estructuración conceptual y técnica del modelo, sin llegar a su ejecución práctica en esta etapa.

Las fases metodológicas establecidas permiten organizar de forma ordenada y lógica la evolución del proyecto, desde el análisis preliminar hasta la obtención de una propuesta lista para su futura implementación. Cada fase responde a un conjunto de objetivos específicos y produce entregables conceptuales que sirven como base documental del sistema.

#### ***6.3.1 Fase 1. Preparación de Diseño***

En esta primera etapa se realiza la revisión del diagnóstico y los datos base obtenidos en la investigación. Se analizan los insumos técnicos como cargas energéticas, caudales de agua y disponibilidad de residuos orgánicos.

El propósito de esta fase es definir los requerimientos funcionales de cada subsistema (energía, agua, nutrientes y gobernanza), estableciendo los criterios iniciales que guiarán las siguientes etapas del diseño.

Resultados esperados: plan de trabajo preliminar, lista de supuestos técnicos y matriz de información complementaria o pendiente de levantamiento.

### **6.3.2 Fase 2. Pre-Dimensionamiento y Selección Tecnológica**

En esta fase se desarrollan los cálculos de capacidad y balance general, orientados a determinar la magnitud y proporciones de los componentes principales, tales como el biodigestor, los sistemas de tratamiento de aguas y los mecanismos de almacenamiento o distribución.

Posteriormente, se lleva a cabo una evaluación de alternativas tecnológicas, considerando criterios técnicos, sociales y de mantenimiento (O&M). El objetivo es seleccionar las tecnologías más apropiadas para el contexto rural venezolano, priorizando la simplicidad operativa y la sostenibilidad.

Resultados esperados: memoria de cálculo preliminar y criterios de diseño seleccionados por subsistema.

### **6.3.3 Fase 3. Ingeniería Conceptual**

Esta fase integra los resultados previos para definir la estructura general del sistema mediante **diagramas de flujo (PFD)** y esquemas de interconexión.

Se establecen las relaciones funcionales entre los componentes —energía, agua, suelo y gestión—, identificando los puntos de entrada, transformación y salida de recursos. Además, se describen los materiales y equipos tipo que podrían emplearse, junto con un **layout general referencial** que muestra la disposición espacial del sistema.

**Resultados esperados:** diagrama de flujo integrado, layout conceptual y lista base de materiales referenciales.

### **6.3.4 Fase 4. Ingeniería Básica**

En esta etapa se desarrollan las **especificaciones técnicas básicas** de cada subsistema, incluyendo los criterios de diseño, los esquemas de funcionamiento y los protocolos de operación y seguridad.

Asimismo, se formulan lineamientos generales de **operación y mantenimiento (O&M)**, definiendo los procedimientos esenciales para la puesta en marcha, supervisión y control del sistema.

**Resultados esperados:** especificaciones técnicas base, guías de operación y mantenimiento, y lineamientos de seguridad.

### ***6.3.5 Fase 5. Plan de Implementación y Evaluación (Documentado, No Ejecutado)***

La última fase corresponde a la planificación referencial de la implementación del modelo, sin ejecución práctica. Se elabora un plan maestro que organiza las actividades por etapas, identificando los responsables, tiempos y recursos estimados mediante una estructura de desglose del trabajo (WBS) y un cronograma base.

Además, se define una matriz de riesgos y un conjunto de indicadores de desempeño (KPIs) que servirán para monitorear y evaluar la efectividad del sistema una vez ejecutado en el futuro.

Resultados esperados: plan de implementación documentado, plan de monitoreo y esquema de evaluación del desempeño.

### ***6.3.6 Actividades Clave por Subsistema (Catálogo)***

El diseño del Sistema Integral Circular (SIC) se organiza a partir de un conjunto de actividades clave que orientan la planificación y consolidación conceptual de cada subsistema. Estas actividades permiten establecer una hoja de ruta metodológica, articulando los aspectos energéticos, hídricos, edáficos y de gestión, bajo una visión sistémica y sostenible.

#### **Tabla 26.**

##### *Actividades Clave por Subsistema*

<b>Subsistema</b>	<b>Actividad Clave</b>	<b>Descripción General</b>
-------------------	------------------------	----------------------------

<b>Bioenergía Híbrida (Biogás + Fotovoltaico)</b>	Levantamiento de cargas térmicas y eléctricas críticas	Identificar los consumos energéticos prioritarios del sistema productivo (ordeño, iluminación, bombeo, etc.) como base para el dimensionamiento del sistema híbrido.
	Balance de sustratos y relaciones de dilución	Analizar la disponibilidad y proporción de estiércol, agua y residuos orgánicos para la producción de biogás.
	Condicionamiento del biogás	Definir procedimientos simples de purificación y control del gas generado, garantizando seguridad y eficiencia.
	Matriz de usos térmicos y eléctricos	Establecer las prioridades de aplicación del biogás y la energía fotovoltaica, optimizando el uso de recursos.
<b>Hídrico (Tratamiento y Reúso de Aguas Grisas)</b>	Estimación de caudales y variabilidad	Calcular los volúmenes y fluctuaciones de aguas grises generadas según las actividades diarias y estacionales.
	Selección del esquema de humedal y medios filtrantes	Elegir el tipo de tratamiento natural (biofiltro o humedal) y los materiales que aseguren la depuración del agua.
	Plan de reúso y puntos de aplicación	Definir los usos finales del agua tratada (riego, limpieza, enfriamiento) garantizando su aprovechamiento seguro.
<b>Suelos y Nutrientes</b>	Curva de aplicación de	Establecer guías referenciales para la

<b>(Biol + Compost)</b>	biol por cultivo	dosificación del biofertilizante según tipo de cultivo y etapa productiva.
	Diseño del área y volumen de compostaje	Determinar el espacio y método adecuados para el compostaje de residuos vegetales bajo condiciones locales.
<b>Gobernanza y O&amp;M (Operación y Mantenimiento)</b>	Definición de roles y responsabilidades (Matriz RACI)	Asignar funciones específicas a cada actor del sistema (administrador, comité, operadores, comunidad).
	Diseño de la bitácora y definición de indicadores (KPIs)	Estructurar un registro de actividades y establecer indicadores básicos de desempeño técnico y ambiental.
	Plan de capacitación y formación continua	Elaborar un programa de aprendizaje progresivo para fortalecer competencias en sostenibilidad, bioenergía y seguridad.

Nota: Estas actividades conforman un catálogo metodológico integral que organiza el trabajo de diseño del Sistema Integral Circular.

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4 Indicadores y Tableros (KPIs de Diseño)

El seguimiento de la propuesta requiere establecer un conjunto de Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicators, KPIs) que permitan evaluar, de manera referencial, la eficiencia técnica, ambiental y social del Sistema Integral Circular (SIC). Estos indicadores no implican una medición operativa inmediata, sino que constituyen una base de diseño para la futura evaluación del modelo, en caso de implementarse.

Los KPIs se agrupan en cinco categorías: energía, agua, suelo y cultivos, ambiente, y gestión social. Cada grupo de indicadores refleja el impacto esperado del sistema en su respectiva dimensión.

#### 6.4.1 Indicadores Energéticos

**Tabla 27.**

*Indicadores Energéticos (KPI)*

<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Propósito de Medición</b>
<b>Producción diaria de biogás</b>	m <sup>3</sup> /día	Estima el volumen de biogás generado por el biodigestor según la cantidad de sustrato disponible.	Determinar la eficiencia de conversión energética y el potencial térmico.
<b>Equivalente térmico diario</b>	horas-equivalente	Representa el tiempo de uso térmico posible con la energía generada.	Evaluar la cobertura de necesidades domésticas y productivas.
<b>Energía fotovoltaica</b>	kWh/día	Cantidad estimada de	Medir la contribución de la energía solar al sistema

<b>generada</b>		energía eléctrica producida por el sistema FV.	híbrido.
<b>Sustitución de combustibles fósiles</b>	% o kg GLP/diésel evitado	Porcentaje de reducción en el uso de combustibles convencionales.	Cuantificar el ahorro energético y el beneficio ambiental.

#### 6.4.2 Indicadores Hídricos

**Tabla 28.**

*Indicadores Hídricos (KPI)*

<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Propósito de Medición</b>
Volumen de agua tratada	m <sup>3</sup> /mes	Estima la cantidad de agua residual tratada en el sistema.	Determinar la eficiencia del subsistema hídrico.
Volumen de agua reutilizada	m <sup>3</sup> /mes	Cuantifica el total de agua tratada destinada a	Evaluar el impacto del sistema en la reducción de vertidos.

---

Reducción del consumo de agua limpia	%	Diferencia entre consumo original y consumo posterior al tratamiento.	reúso. Medir el ahorro y eficiencia en la gestión hídrica.
--------------------------------------	---	---	---

---

#### 6.4.3 Indicadores de Suelo y Cultivos

**Tabla 29.**

*Indicadores de Suelo y Cultivos (KPI)*

---

<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Propósito de Medición</b>
Dosis aplicada de biol	L/ha	Cantidad de biofertilizante líquido utilizado por hectárea de cultivo.	Evaluar la eficacia del uso de efluentes como fertilizante natural.
Porcentaje de compost aplicado	%	Proporción de compost incorporado al	Medir el cierre del ciclo de nutrientes y el aprovechamiento orgánico.

---

		suelo frente al total producido.	
Rendimiento relativo del cultivo	%	Comparación del rendimiento del cultivo respecto a la línea base.	Identificar la mejora agronómica derivada del uso de abonos orgánicos.
Reducción de días de cosecha	días	Comparación del crecimiento acelerado de las cosechas con y sin biofertilizantes	Identificar si el biofertilizante está surtiendo efecto en el crecimiento de la cosecha

#### 6.4.4 Indicadores Ambientales

**Tabla 30.**

*Indicadores Ambientales (KPI)*

<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Propósito de Medición</b>
Reducción estimada de GEI	kg CO <sub>2</sub> e/mes	Estimación de gases de efecto invernadero evitados por sustitución energética.	Medir el impacto climático positivo del sistema.
Sólidos retenidos	kg/mes	Cantidad de sólidos separados	Determinar la eficiencia

en tratamiento		o tratados antes de verter al ambiente.	del proceso de depuración.
Mejora de la calidad del efluente	% o nivel cualitativo	Evaluación de la pureza del agua tras el tratamiento natural.	Comprobar la calidad del agua tratada para su reúso seguro.

#### 6.4.5. Indicadores Sociales y de Gestión

**Tabla 31.**

*Indicadores Sociales y de Gestión (KPI)*

<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Propósito de Medición</b>
Sesiones de capacitación realizadas	Nº de sesiones	Registra las actividades de formación impartidas al personal y comunidad.	Evaluar el fortalecimiento de capacidades locales.
Participación y asistencia comunitaria	% o Nº de participantes	Nivel de involucramiento de la comunidad en la operación y mantenimiento.	Medir el grado de apropiación social del modelo.
Cumplimiento de actividades de O&M	%	Proporción de tareas ejecutadas	Controlar la gestión operativa y el

		según plan de mantenimiento.	seguimiento del sistema.
Registro de incidencias y acciones correctivas	N° de eventos/mes	Incidentes operativos detectados y solucionados.	Supervisar la confiabilidad y desempeño general.

#### 6.4.6 Indicadores de Sostenibilidad Económica y de Producción

**Tabla 32**

*Tabla de Indicadores Económicos*

<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Propósito de medición</b>
<b>Ahorro energético anual estimado</b>	% de reducción en consumo de GLP y electricidad comercial	Estima la proporción de energía sustituida por fuentes renovables (biogás y solar fotovoltaica) respecto al consumo previo.	Evaluar la autosuficiencia energética y el impacto económico del uso de energía limpia.
<b>Reducción del consumo de agua</b>	% de reducción del uso de agua	Mide la cantidad de agua reutilizada mediante el	Determinar la eficiencia hídrica y los ahorros

<b>limpia</b>	potable	sistema de tratamiento y humedales en comparación con el consumo original.	operativos en abastecimiento.
<b>Costo anual de operación y mantenimiento (O&amp;M)</b>	USD/año	Costo estimado de mantenimiento preventivo, correctivo y gestión de los subsistemas.	Controlar la sostenibilidad financiera del sistema y planificar recursos anuales.
<b>Ahorro económico por sustitución de insumos químicos</b>	USD/año o % del gasto previo	Estima la reducción del gasto por fertilizantes y abonos sintéticos, sustituidos por compost y biol generados internamente.	Evaluar el impacto económico positivo del aprovechamiento de residuos.
<b>Incremento de productividad agrícola</b>	% de incremento en rendimiento del cultivo	Determina el aumento proyectado de la producción por mejora en la fertilidad del suelo y disponibilidad hídrica.	Medir los beneficios económicos indirectos del sistema circular en la producción agrícola.
<b>Costo total estimado del sistema</b>	USD	Rango general de inversión inicial (USD 10.300 – 13.300).	Servir como base referencial para evaluar futuras escalas o réplicas del modelo.
<b>Retorno social de la inversión (RSI)</b>	Cualitativo / Escala de valoración	Evalúa los beneficios sociales percibidos: participación, capacitación y mejora del entorno comunitario.	Medir el valor social generado más allá del retorno financiero.

Fuente: Elaboración propia.

## 6.6 Criterios de Factibilidad y Riesgos (Enfoque de Diseño)

La factibilidad del diseño del Sistema Integral Circular (SIC) se analizó considerando los factores técnicos, económicos, operativos, legales y de riesgos clave, con el fin de determinar su aplicabilidad en el contexto rural venezolano.

El análisis está orientado a identificar fortalezas y limitaciones del modelo, así como los mecanismos de mitigación y mejora continua que aseguren la sostenibilidad del sistema

propuesto.

Cada criterio se evalúa tomando como referencia las condiciones descritas en el Capítulo IV (Diagnóstico Situacional), de donde se derivan las principales restricciones y oportunidades observadas en la finca.

### **6.6.1 Factibilidad Técnica**

La factibilidad técnica se centra en la capacidad del entorno para mantener la operatividad del sistema con recursos locales. El diseño incorpora tecnologías de baja complejidad, materiales disponibles en el mercado nacional y procedimientos simples de mantenimiento.

**Tabla 33.**

#### *Factibilidad Técnica*

<b>Aspecto Técnico</b>	<b>Descripción</b>	<b>Relación con el Diagnóstico (Cap. IV)</b>	<b>Conclusión</b>
<b>Mantenibilidad</b>	Equipos modulares y fácilmente desmontables, con procedimientos de limpieza rutinarios.	Se identificó limitación en acceso a servicios técnicos especializados; el diseño reduce esa dependencia.	Alta factibilidad.
<b>Disponibilidad de repuestos</b>	Uso de tuberías PVC, válvulas y geomembranas locales.	Los materiales existen en el comercio regional, reduciendo costos de adquisición.	Factible.
<b>Simplicidad operativa</b>	Sistemas sin automatización compleja; control manual supervisado por operarios locales.	En consonancia con la mano de obra disponible en la finca.	Adecuado al contexto rural.

### 6.6.2 Factibilidad Económica

El análisis económico se basó en la optimización de recursos, priorizando fases de alto impacto ambiental y bajo costo relativo. La estrategia se alinea con la sostenibilidad financiera a largo plazo y con las capacidades de inversión progresiva observadas.

**Tabla 34.**

#### *Factibilidad Económica*

<b>Aspecto Económico</b>	<b>Descripción</b>	<b>Relación con el Diagnóstico (Cap. IV)</b>	<b>Conclusión</b>
<b>Costos indicativos</b>	Se plantean valores referenciales de baja inversión inicial, escalables según disponibilidad de recursos.	Se observó limitación de capital, compensada con fases de inversión progresiva.	Viable en etapas.
<b>Prioridades de inversión</b>	Fase 1: bioenergía híbrida. Fase 2: tratamiento de aguas. Fase 3: compostaje y fertirriego.	Los diagnósticos señalan mayores pérdidas en energía y agua; se priorizan estas áreas.	Enfoque de impacto alto.
<b>Retorno ecológico y social</b>	Ahorro energético, reducción de vertidos y fortalecimiento comunitario.	Contribuye a la sostenibilidad productiva y reputacional de la finca.	Sostenible a largo plazo.

### 6.6.3 Factibilidad Operativa

La factibilidad operativa considera la gestión de recursos humanos, tiempos de mantenimiento y niveles de capacitación requeridos. El diseño prevé la formación progresiva de los actores involucrados mediante programas prácticos y participativos.

**Tabla 35.**

#### *Factibilidad Operativa*

<b>Aspecto Operativo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Relación con el Diagnóstico (Cap. IV)</b>	<b>Conclusión</b>
--------------------------	--------------------	--	-------------------

<b>Mano de obra disponible</b>	Personal estable, con experiencia empírica en labores agropecuarias.	Existencia de trabajadores con disposición a la innovación social.	Operativamente viable.
<b>Tiempos de atención y mantenimiento</b>	Actividades semanales y mensuales con supervisión interna.	La rutina agrícola permite integrar mantenimiento sin alterar la producción.	Compatible con las dinámicas locales.
<b>Capacitación y aprendizaje</b>	Plan de talleres sobre energía, agua y biofertilizantes.	Refuerza las debilidades detectadas en conocimiento técnico.	Fortalecimiento progresivo.

#### 6.6.4 Factibilidad Legal

La factibilidad legal del sistema se sustenta en el cumplimiento de la legislación ambiental y agroproductiva venezolana vigente, así como en los principios de responsabilidad ecológica y aprovechamiento de recursos naturales.

**Tabla 36.**

#### *Factibilidad Legal*

<b>Aspecto Legal</b>	<b>Descripción</b>	<b>Relación con el Diagnóstico (Cap. IV)</b>	<b>Conclusión</b>
<b>Normas ambientales</b>	Cumplimiento de la Ley de Gestión Integral de la Basura (2010) y Ley de Aguas (2007).	El sistema contribuye a la reducción de impactos ambientales.	Cumple normativa nacional.
<b>Uso responsable de recursos</b>	Manejo sustentable de agua y residuos orgánicos.	Se ajusta a las recomendaciones de la FAO y a la política ambiental rural.	Factible y alineado.
<b>Seguridad e</b>	Protocolos de ventilación,	Refuerza la cultura	Cumplimiento

<b>higiene</b>	señalización y control de biogás.	preventiva y reduce riesgos laborales.	viable.
----------------	-----------------------------------	--	---------

#### 6.6.5. Riesgos Clave y Controles Asociados

El análisis de riesgos identifica eventos potenciales que podrían afectar el desempeño del sistema. Cada riesgo se asocia a medidas preventivas y correctivas que fortalecen la estabilidad operativa.

**Tabla 37**

#### *Riesgos Clave y Controles Asociados*

<b>Riesgo Identificado</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Control Preventivo o Correctivo</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>
<b>Fugas de biogás</b>	Defectos en válvulas o mangueras.	Inspecciones semanales, válvulas de seguridad y ventilación.	Bajo.
<b>Olores molestos</b>	Sobrecarga o mal manejo del digestor y compost.	Control de carga, cubiertas, ventilación natural.	Moderado.
<b>Colmatación de humedales</b>	Exceso de sólidos o mantenimiento deficiente.	Limpieza periódica, pretratamiento y reposo de filtros.	Moderado.
<b>Fallas eléctricas</b>	Sobrecarga en el sistema FV o humedad.	Redundancia en circuitos y protección diferencial.	Bajo.
<b>Riesgo humano u operativo</b>	Falta de formación o supervisión.	Programas de capacitación, manuales y roles definidos.	Controlable.

## 6.7 Evaluación e implementación de la propuesta

La evaluación e implementación de la propuesta se estructuran como una guía estratégica orientada a garantizar la viabilidad y sostenibilidad del Sistema Integral Circular diseñado para la Finca Los Horqueteros. Este apartado define los objetivos específicos, las estrategias, acciones, responsables, plazos e indicadores que permitirán medir el cumplimiento y el impacto de las iniciativas planteadas en materia de energía, agua, residuos y gestión participativa. De esta forma, se consolida un modelo de gestión adaptable, medible y replicable que articula la innovación tecnológica con la organización social y el uso racional de los recursos naturales

**Tabla 38**

*Plan de Evaluación e Implementación*

<b>Objetivo Estratégico</b>	<b>Estrategias</b>	<b>Acciones</b>	<b>Responsables</b>	<b>Plazo Estimado</b>	<b>Indicadores de Evaluación</b>
<b>1. Diseñar un sistema energético híbrido (biogás + fotovoltaico)</b>	<b>E1. Integrar fuentes renovables locales.</b>  <b>E2. Fortalecer la eficiencia energética de la finca.</b>	- Diseñar el esquema del sistema híbrido de biogás y paneles solares.  - Establecer el balance energético base y la capacidad instalada.  - Elaborar el manual de operación y mantenimiento.	Responsable Técnico / Comité Local	3 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de reducción de consumo de GLP o diésel.</li> <li>• Capacidad energética instalada (kWh/m<sup>3</sup> biogás).</li> </ul>

---

<b>2. Proyectar un subsistema de tratamiento y reúso de aguas grises.</b>	<b>E1. Implementar tecnologías naturales de filtración.</b>	<p>- Capacitar a operarios en el uso responsable de la energía.</p> <p>- Diseñar el humedal artificial y sistema de sedimentación primaria.</p>	Comité Local / Operarios designados	2 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de reducción en consumo de agua limpia.</li> </ul>
	<b>E2. Promover el ahorro y reúso eficiente del agua.</b>	<p>- Elaborar protocolo de mantenimiento y control del efluente.</p> <p>- Instalar sistemas de medición del consumo y reúso.</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• m<sup>3</sup> tratados y reutilizados.</li> </ul>
		<p>- Capacitar al personal en monitoreo y limpieza.</p>			
<b>3. Estructurar el modelo de aprovechamiento integral de residuos orgánicos.</b>	<b>E1. Fomentar el compostaje y biodigestión agrícola.</b>	<p>- Diseñar el área de compostaje y plan de manejo del biol.</p>	Área Agrícola / Comité Local	2 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción mensual de biol y compost (L/kg).</li> </ul>
	<b>E2. Sustituir insumos químicos por biofertilizantes locales.</b>	<p>- Elaborar guía de aplicación de biofertilizantes y</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de sustitución de fertilizantes químicos.</li> </ul>

---

---

		fertirriego.			
		- Establecer cronograma de rotación de pilas de compostaje.			
		-			
		Implementar prácticas de medición de fertilidad del suelo.			
<b>4. Formular un esquema de gestión participativa y educativa.</b>	<b>E1. Promover la formación técnica-comunitaria.</b> <b>E2. Consolidar estructuras de gobernanza colaborativa.</b>	- Conformar el Comité Local de Sostenibilidad y definir roles.  - Elaborar plan de capacitación en sostenibilidad y O&M.	Dirección General / Comité Local	1 meses	• N° de miembros capacitados.  • % de cumplimiento de planes de trabajo.
		-			
		Implementar bitácoras de seguimiento operativo.			
		- Establecer un sistema de incentivos por desempeño.			

---

<p><b>5. Diseñar un sistema de monitoreo y evaluación integral (energía-agua-suelo).</b></p>	<p><b>E1. Crear tableros de control de desempeño ambiental.</b> <b>E2. Institucionalizar la mejora continua basada en datos.</b></p>	<p>- Definir los indicadores de eficiencia energética, hídrica y de suelo.</p> <p>- Desarrollar un tablero de control local (KPIs de sostenibilidad).</p> <p>- Establecer reuniones trimestrales de evaluación participativa.</p> <p>- Publicar informes de resultados y ajustes del sistema.</p>	<p>Responsable Técnico / Comité de Monitoreo</p>	<p>1 meses</p>	<p>• % de cumplimiento de KPIs definidos.</p> <p>• N° de informes y sesiones de mejora continua.</p>
--	--	---	--	----------------	--

Fuente: Elaboración propia.

## 6.8 Conclusión del Capítulo

La propuesta del Sistema Integral Circular (SIC) para la finca agropecuaria Los Horqueteros representa una síntesis tangible de los principios de economía circular, innovación social y desarrollo humano sustentable aplicados al contexto rural venezolano. A través del diseño articulado de subsistemas de energía, agua y residuos, se ofrece un modelo que busca transformar una unidad productiva tradicional en un espacio autosuficiente, resiliente y educativo, capaz de generar valor ambiental y social a partir de los propios recursos del territorio.

El proyecto integra de forma coherente los aportes de los antecedentes y bases teóricas revisadas, demostrando que es técnica y conceptualmente posible implementar modelos circulares en zonas rurales mediante el uso de tecnologías apropiadas, la capacitación local y la cooperación comunitaria. Diversos estudios internacionales y nacionales sobre biodigestores, humedales artificiales y biofertilizantes confirman que los resultados esperados son alcanzables, siempre que se acompañen de análisis previos, ensayos de laboratorio y planes de gestión adecuados. De este modo, la finca se posiciona como un laboratorio vivo donde confluyen la ingeniería, la sostenibilidad y la participación social.

Sin embargo, también se reconoce que el desarrollo de un proyecto de esta magnitud implica grandes desafíos técnicos y organizativos. La articulación de subsistemas energéticos, hídricos y de manejo de residuos requiere de evaluaciones rigurosas, modelaciones preliminares y múltiples pruebas piloto para garantizar la eficiencia, seguridad y compatibilidad de los procesos. Además, factores externos como la disponibilidad de financiamiento, la capacitación del personal, las condiciones climáticas o la logística de materiales pueden influir significativamente en la factibilidad de su ejecución. Por tanto, la propuesta plantea un horizonte de implementación escalonado y flexible, que permita avanzar gradualmente sin comprometer la sostenibilidad del sistema.

A nivel metodológico, el SIC propone un esquema de innovación abierta y participativa, sustentado en la conformación de un Comité Local de Sostenibilidad y en un plan de capacitación continua. Este componente social es tan relevante como el técnico, ya que asegura la apropiación del proyecto por parte de los actores locales y garantiza su permanencia en el tiempo. La sostenibilidad a largo plazo depende de que la comunidad no solo utilice el sistema, sino que lo comprenda, lo mantenga y lo replique.

En términos de impacto, la implementación del modelo proyectado permitiría cerrar los ciclos de materia, agua y energía, reducir las emisiones contaminantes, aprovechar los residuos orgánicos como recursos y disminuir la dependencia de insumos externos. A mediano plazo, ello se traduce en una finca más eficiente, autosuficiente y económicamente estable, que a su vez podría servir como referente regional de economía circular aplicada al sector agropecuario. Además, la propuesta fomenta la cohesión social, la transferencia de conocimiento y la creación de redes de cooperación local, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible promovidos por la Universidad Valle del Momboy.

Finalmente, la reflexión que deja esta propuesta es que diseñar un sistema integral circular en un entorno rural no es una tarea sencilla, pues demanda un equilibrio entre visión técnica, sensibilidad social y compromiso ambiental. Sin embargo, los análisis realizados, los antecedentes revisados y las experiencias compartidas con profesionales del área confirman que sí es posible lograrlo mediante un enfoque planificado, interdisciplinario y gradual. El modelo planteado no solo constituye una propuesta técnica, sino también una invitación a repensar la relación entre producción y sostenibilidad, demostrando que las fincas venezolanas pueden transformarse en ecosistemas circulares capaces de sembrar futuro con innovación, responsabilidad y esperanza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguasresiduales.info. (2015). La demanda mundial de agua crecerá un 55 % promedio para el 2050 según la ONU. <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/la-demanda-mundial-de-agua-crecera-un-55-promedio-para-el-2050-segun-la-onu-xuKt7>
- Aguiñaga Maldonado, E. E., & Treviño Elizondo, B. L. (2022). Seis casos de éxito de economía circular en México y América Latina. EGADE Business School. <https://egade.tec.mx/es/egade-ideas/investigacion/seis-casos-de-exito-de-economia-circular-en-mexico-y-america-latina>
- Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica (6.<sup>a</sup> ed.). Editorial Episteme. AbacoEnRed. <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2001). Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento [Ley]. Gaceta Oficial N° 5568 Extraordinario, 31 de diciembre de 2001. <https://docs.venezuela.justia.com/federales/leyes-organicas/ley-organica-para-la-prestacion-de-los-servicios-de-agua-potable-y-de-saneamiento.pdf>
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2004). Ley de Residuos y Desechos Sólidos [Ley]. Gaceta Oficial N° 38.068, 18 de noviembre de 2004. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ven100048.pdf>
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2006). Ley Orgánica del Ambiente [Ley]. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.833, 22 de diciembre de 2006.

<https://www.asambleanacional.gob.ve/storage/documentos/leyes/ley-organi-20220210161106.pdf>

Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2007). Ley de Aguas [Ley]. Gaceta Oficial Extraordinario N° 38.040, 1 de febrero de 2007. <https://www.asambleanacional.gob.ve/storage/documentos/leyes/ley-de-agu-20220208194620.pdf>

Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2011). Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía [Ley]. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.823, 19 de diciembre de 2011. <https://www.asambleanacional.gob.ve/leyes/sancionadas/ley-de-uso-racional-y-eficiente-de-la-energia>

Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2024). Ley sobre Energías Renovables y Alternativas [Proyecto de ley]. <https://www.asambleanacional.gob.ve/sec/ley-sobre-energias-renovables-y-alternativas>

BBVA. (2024). ¿Qué es la agricultura de precisión? La gestión digital del campo. BBVA. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-agricultura-de-precision-la-gestion-digital-del-campo>

BBVA. (2025). Medioambiente: qué es y por qué es clave para la vida en el planeta. BBVA. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-medioambiente-y-por-que-es-clave-para-la-vida>

Bernal Torres, C. A. (2010). Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3.ª ed.). AbacoEnRed. <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

- Campozano Villegas, R. S. (2021). Diseño de una planta de tratamiento de agua para consumo humano para la parroquia Membrillal del Cantón Jipijapa [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil]. Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2950?mode=full>.
- Cherry, K. (2024). Social Learning Theory: How Bandura's Theory Works. Verywell Mind. <https://www.verywellmind.com/social-learning-theory-2795074>
- CODESPA. (2024). El potencial de la economía circular para superar la pobreza. Fundación CODESPA. <https://www.codespa.org/blog/2024/11/08/el-potencial-de-la-economia-circular-para-superar-la-pobreza/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora (LC/TS.2021/120). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47309-economia-circular-america-latina-caribe-oportunidad-recuperacion-transformadora>
- Enciclopedia Concepto. (s.f.). Desarrollo sustentable: Qué es, tipos, objetivos y ejemplos. Concepto.de. <https://concepto.de/desarrollo-sustentable>
- Enciclopedia Concepto. (s.f.). Reciclar: Concepto, importancia, tipos y norma de las 3R. Concepto.de. <https://concepto.de/reciclar>
- EnTuFinca. (s.f.). Tipos de bioinsumos: qué son y para qué sirven. EnTuFinca. <https://entufinca.com/tipos-de-bioinsumos-que-son-y-para-que-sirven>
- Fundación Aquae. (2021). Qué es un biodigestor y cómo funciona el biogás. Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor>

- GreenTology. (2023). 3 de cada 10 personas sin acceso a agua potable en el mundo. <https://greentology.life/2023/03/22/3-de-cada-10-personas-sin-acceso-a-agua-potable-en-el-mundo/>
- Hernández, A. R., & Zúñiga, M. (2019). “¿Por qué lloras, mami?” En Venezuela, la búsqueda de agua es una lucha diaria. The Washington Post. [https://www.washingtonpost.com/world/the\\_americas/why-are-you-crying-mami-in-venezuela-the-search-for-water-is-a-daily-struggle/2019/04/04/39972ce4-5547-11e9-814f-e2f46684196e\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/world/the_americas/why-are-you-crying-mami-in-venezuela-the-search-for-water-is-a-daily-struggle/2019/04/04/39972ce4-5547-11e9-814f-e2f46684196e_story.html)
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). ApiPeriodico. [https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- IdeaScale. (s.f.). ¿Qué es la gobernanza colaborativa? Definición, ventajas, modelos y buenas prácticas. IdeaScale. <https://ideascale.com/es/blogs/que-es-la-gobernanza-colaborativa>
- ISO. (2024). Bioenergía: Transformar la materia orgánica en energía. ISO. <https://www.iso.org/es/energias-renovables/bioenergia>
- Jaramillo Núñez, J. L. (2023). Estudio de caso: biogás como sistema complementario de combustible fósiles [Trabajo de titulación, Ingeniería Industrial]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial. <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/70100>.
- Loor Jiménez, J. E., & Rivadeneyra Cortés, D. G. (2025). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola para su reutilización en riego agrícola [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

- Ingeniera Ambiental]. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29681/1/UPS-GT006019.pdf>.  
[https://www.researchgate.net/publication/373770371\\_Estudio\\_de\\_caso\\_biogas\\_como\\_sistema\\_complementario\\_de\\_combustible\\_fosiles](https://www.researchgate.net/publication/373770371_Estudio_de_caso_biogas_como_sistema_complementario_de_combustible_fosiles)
- López González, A. (2024). ¡Contamos nuestras experiencias! El programa 'Sembrando Luz' para renovables en comunidades. ¿Fue exitoso? [Audio podcast]. Observatorio de Ecología Política de Venezuela. <https://ecopoliticavenezuela.org/podcastcontamos-nuestras-experiencias-el-programa-sembrando-luz-para-renovables-en-comunidades-fue-exitoso/>
- Maestre Matos, L. M., Páez Cabas, A. P., Lombana Coy, J. E., & Vega Jurado, J. M. (2021). Innovación social: un análisis bibliométrico del concepto y sus tendencias actuales. *Universidad & Empresa*, 23(41), 1–27. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.8964>
- Maestre Matos, L. M., Páez Cabas, A. P., Lombana Coy, J. E., & Vega Jurado, J. M. (2021). Innovación social: un análisis bibliométrico del concepto y sus tendencias actuales. *Universidad & Empresa*, 23(41), 1–27. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.8964>
- Mamani Salinas, A. (2024). La economía circular aplicada a la gestión sostenible de plantas de tratamiento de aguas residuales – Puno, 2020 [Tesis de Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Escuela Universitaria de Posgrado, Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/8874>
- Medina Romero, M., Rojas León, R., Bustamante Hoces, W., Loaiza Carrasco, R., Martel Carranza, C., & Castillo Acobo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e

instrumentos de investigación. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología.

<https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/view/90/133/157>

Ochoa López, P. (2022). Estudio de prefactibilidad para la construcción de un biodigestor como propuesta para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos provenientes del restaurante, y del mantenimiento de zonas verdes en el Parque Industrial Corona, Sopó [Trabajo de investigación para optar al título de Ingeniero Ambiental]. Universidad El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/0510213f-f25b-46a5-a068-080877102c7e/content>.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) & ONU-Agua. (2024). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024: Agua para la prosperidad y la paz. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado de <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2024-water-for-prosperity-and-peace>

Ostos, E. (2019). Solo el 18% de la población venezolana tiene acceso a agua potable de calidad. Infobae. <https://www.infobae.com/america/venezuela/2019/08/20/solo-el-18-de-la-poblacion-venezolana-tiene-acceso-a-agua-potable-de-calidad/>

Parlamento Europeo. (2023). Economía circular: definición, importancia y beneficios. Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

Repsol. (s.f.). Capital humano: cómo motivar a los trabajadores de una empresa [Artículo web].

Repsol. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/personas/capital-humano/index.cshtml>.

Repsol. (s.f.). Qué es el biogás y para qué sirve. Repsol. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/biogas/index.cshtml>

República Bolivariana de Venezuela. (1999). Constitución de la República Bolivariana de

Venezuela [Constitución]. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela.

[https://venezuela.justia.com/federales/constitucion-de-la-republica-bolivariana-de-](https://venezuela.justia.com/federales/constitucion-de-la-republica-bolivariana-de-venezuela/titulo-iii/capitulo-ix/)

[venezuela/titulo-iii/capitulo-ix/](https://venezuela.justia.com/federales/constitucion-de-la-republica-bolivariana-de-venezuela/titulo-iii/capitulo-ix/)

United Way NCA. Martinez, H. (2022). What Is Social Empowerment? Empowerment

Definition & Theory. United Way of the National Capital Area.

<https://unitedwaynca.org/blog/social-empowerment>

Urteaga, E. (2013). La teoría del capital social de Robert Putnam: Originalidad y carencias.

Reflexión Política, 15(29). Universidad Autónoma de Bucaramanga.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11028415005>

Wikipedia contributors. (2025). 2019 Venezuelan blackouts. Wikipedia, The Free Encyclopedia.

[https://en.wikipedia.org/wiki/2019\\_Venezuelan\\_blackouts](https://en.wikipedia.org/wiki/2019_Venezuelan_blackouts)

Wikipedia contributors. (2025). Agroecología. En Wikipedia, la enciclopedia libre.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Agroecolog%C3%ADa>

Wikipedia contributors. (2025). Digestión anaeróbica. En Wikipedia, la enciclopedia libre.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Digesti%C3%B3n\\_anaer%C3%B3bica](https://es.wikipedia.org/wiki/Digesti%C3%B3n_anaer%C3%B3bica)

Wikipedia contributors. (2025). Gobernanza ambiental. En Wikipedia, la enciclopedia libre.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Gobernanza\\_ambiental](https://es.wikipedia.org/wiki/Gobernanza_ambiental)

Wikipedia contributors. (2025). Regenerative economic theory. En Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://en.wikipedia.org/wiki/Regenerative\\_economic\\_theory](https://en.wikipedia.org/wiki/Regenerative_economic_theory)

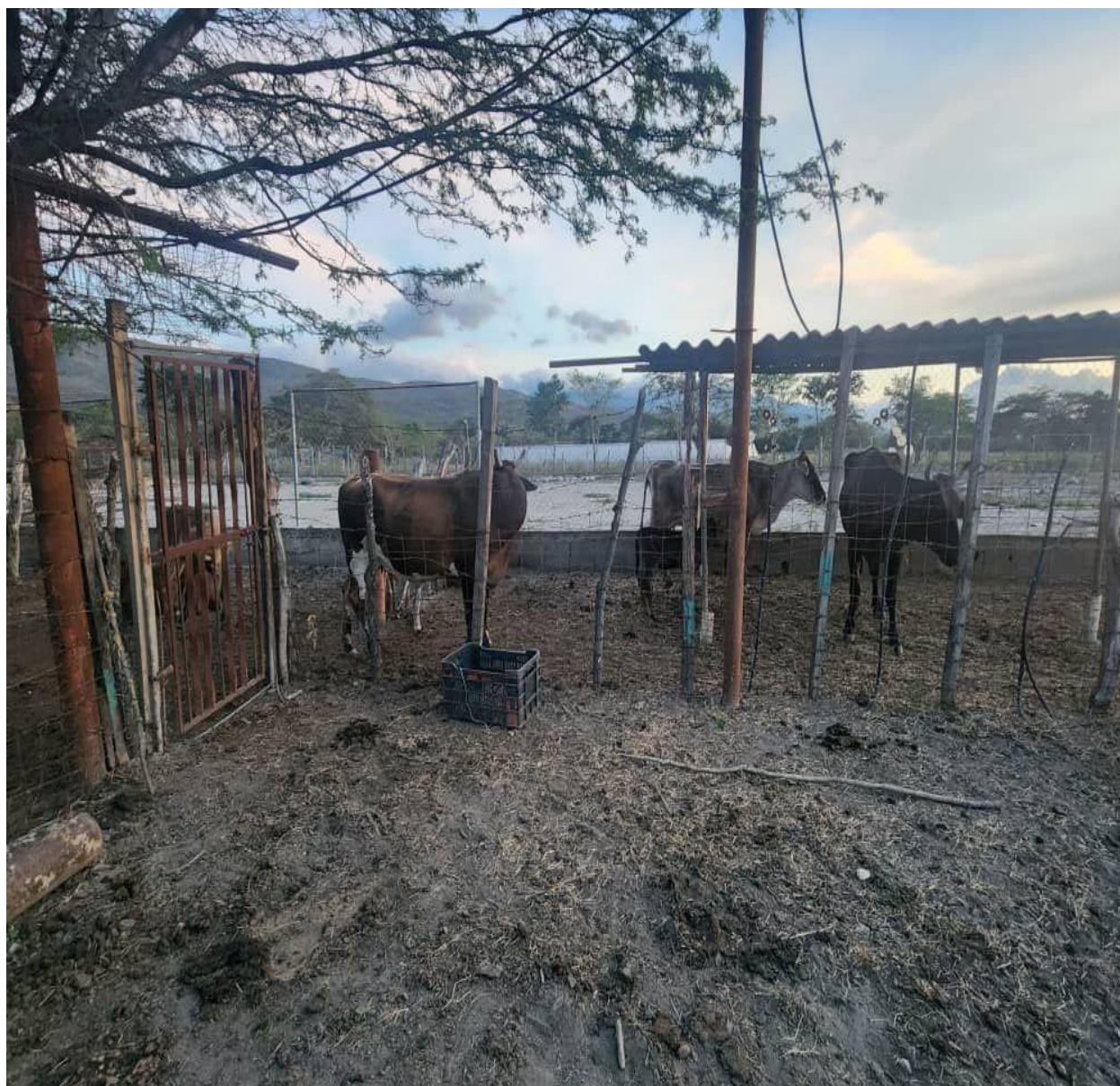
World Economic Forum. (2023). Economía circular: 9 casos de empresas y gobiernos acelerando la transición. <https://es.weforum.org/stories/2023/03/economia-circular-9-casos-de-empresas-y-lugares-acelerando-la-transicion/https://www.microbank.com/es/blog/p/10-ejemplos-de-economia-circular.html>

## ANEXOS

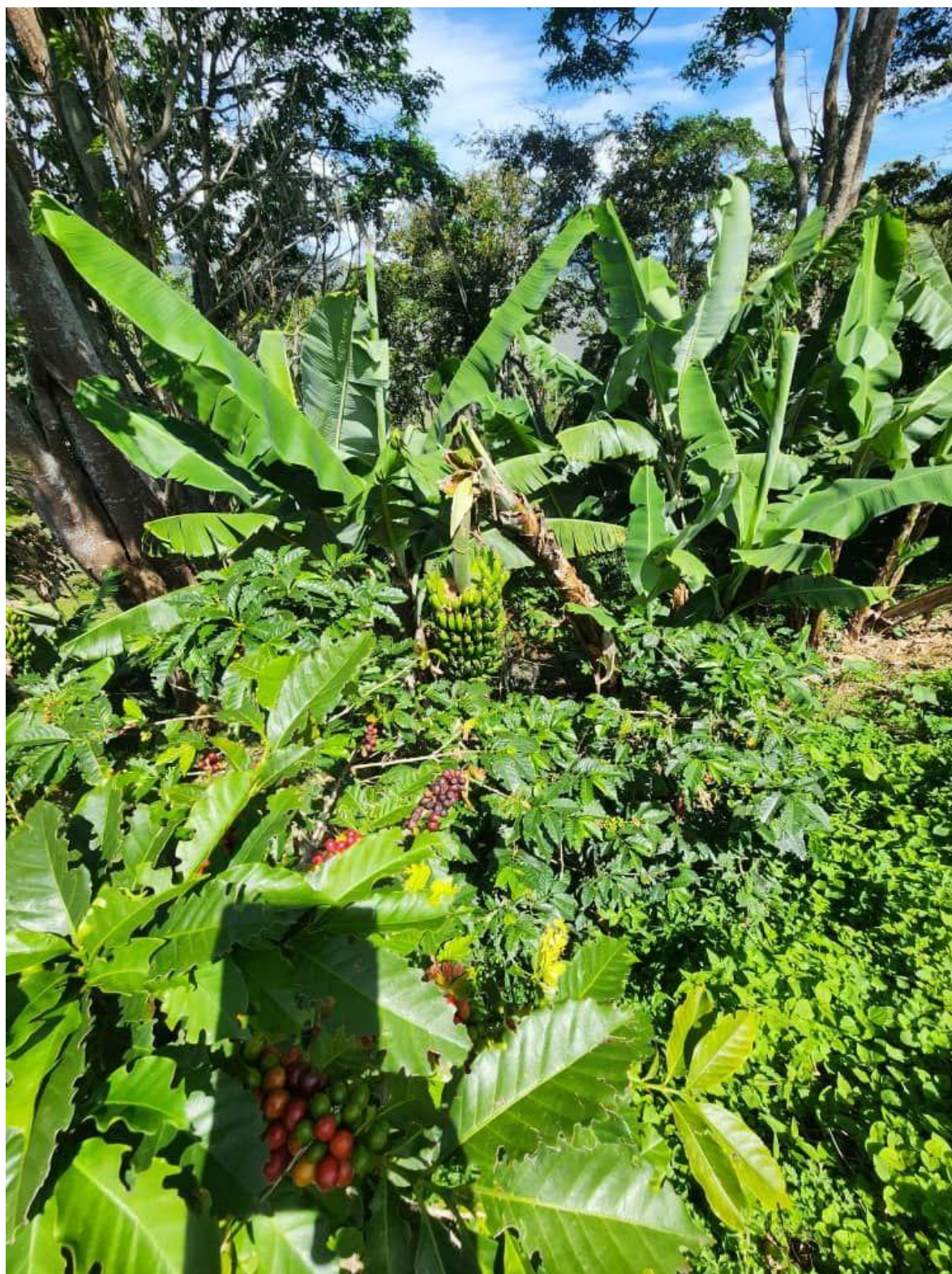
### Anexo 1

#### *Gallinas en la Finca*



**Anexo 2***Vacas en la Finca*

**Anexo 3.***Cultivos en la Finca*

**Anexo 4***Plátanos y otros cultivos*

**Anexo 5**

*Vista al Sitio*



**Anexo 6***Vista de Montero*

**Anexo 7***Pueblo en Montero*

**Anexo 8***Observación en la Finca - Gallinas*

**Anexo 9***Observación en la Finca - Vacas*

**Anexo 10**

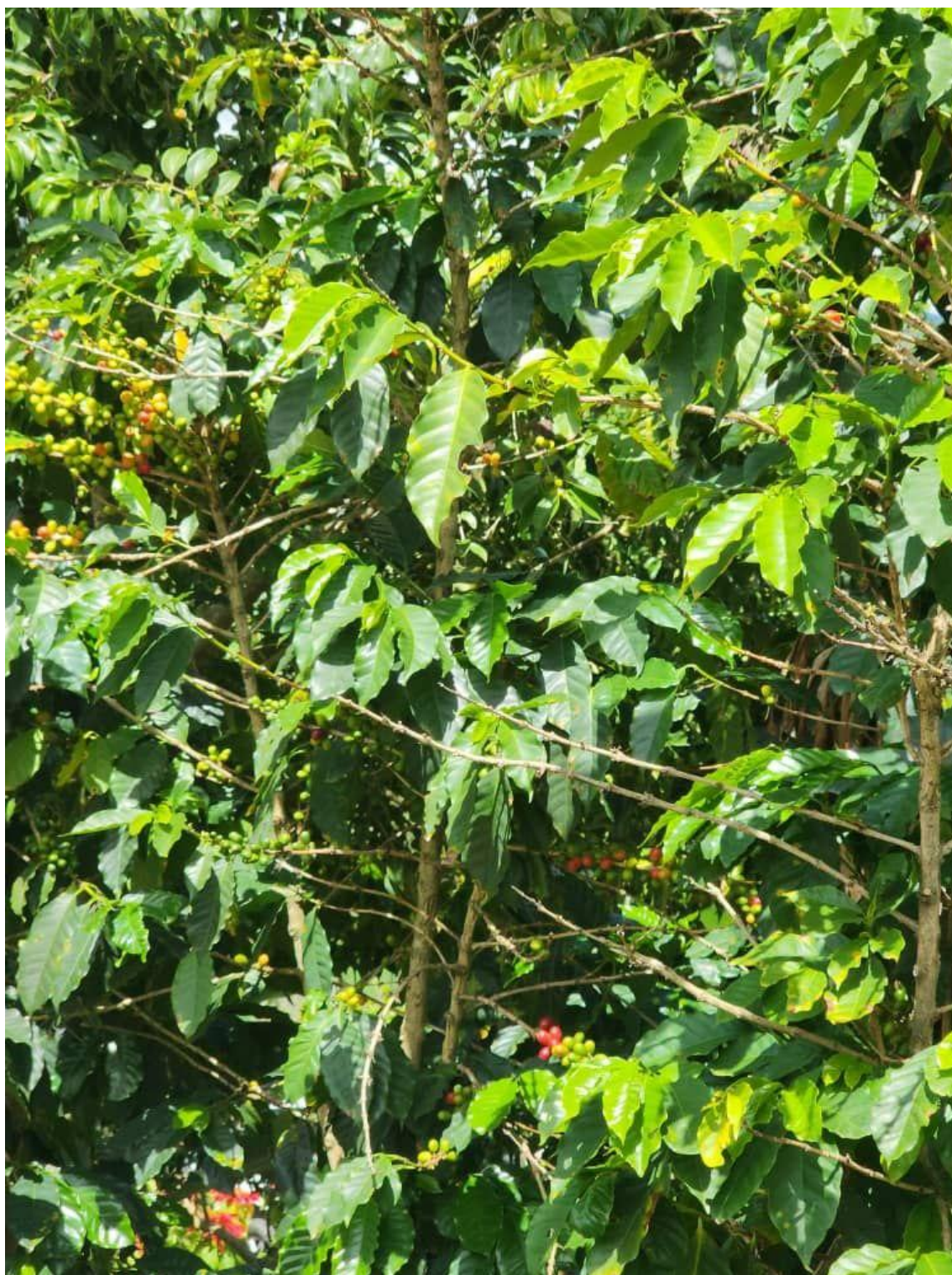
*Observación en la Finca - Producción de Huevos*



**Anexo 11***Observación en la Finca - Cultivos*

**Anexo 12**

*Observación en la Finca - Cultivos en otra zona*



**Anexo 13**

*Observación en la Finca - Limones*



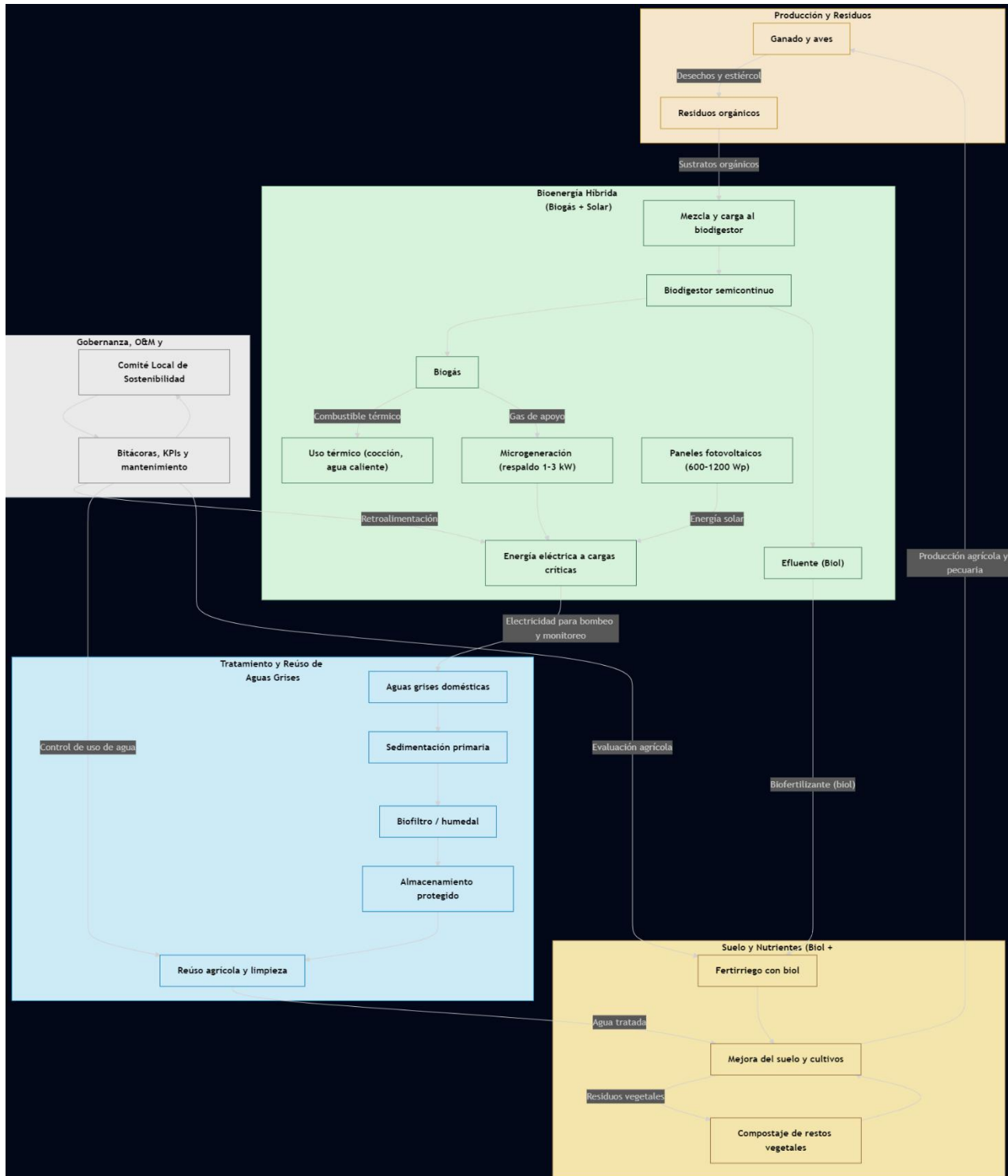
**Anexo 14**

*Observación en la Finca – Cebollines*



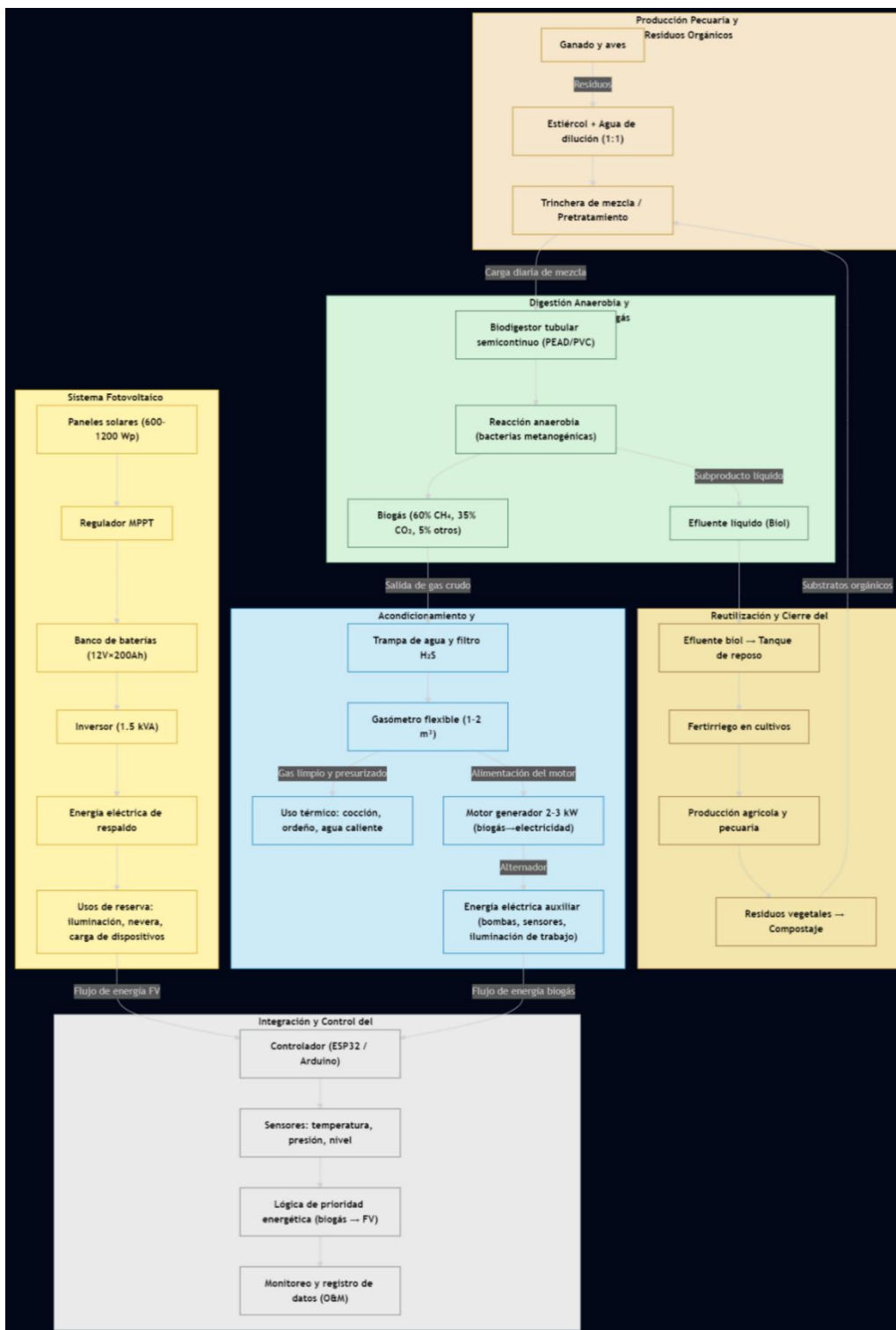
Anexo 15.

Diagrama General de Funcionamiento



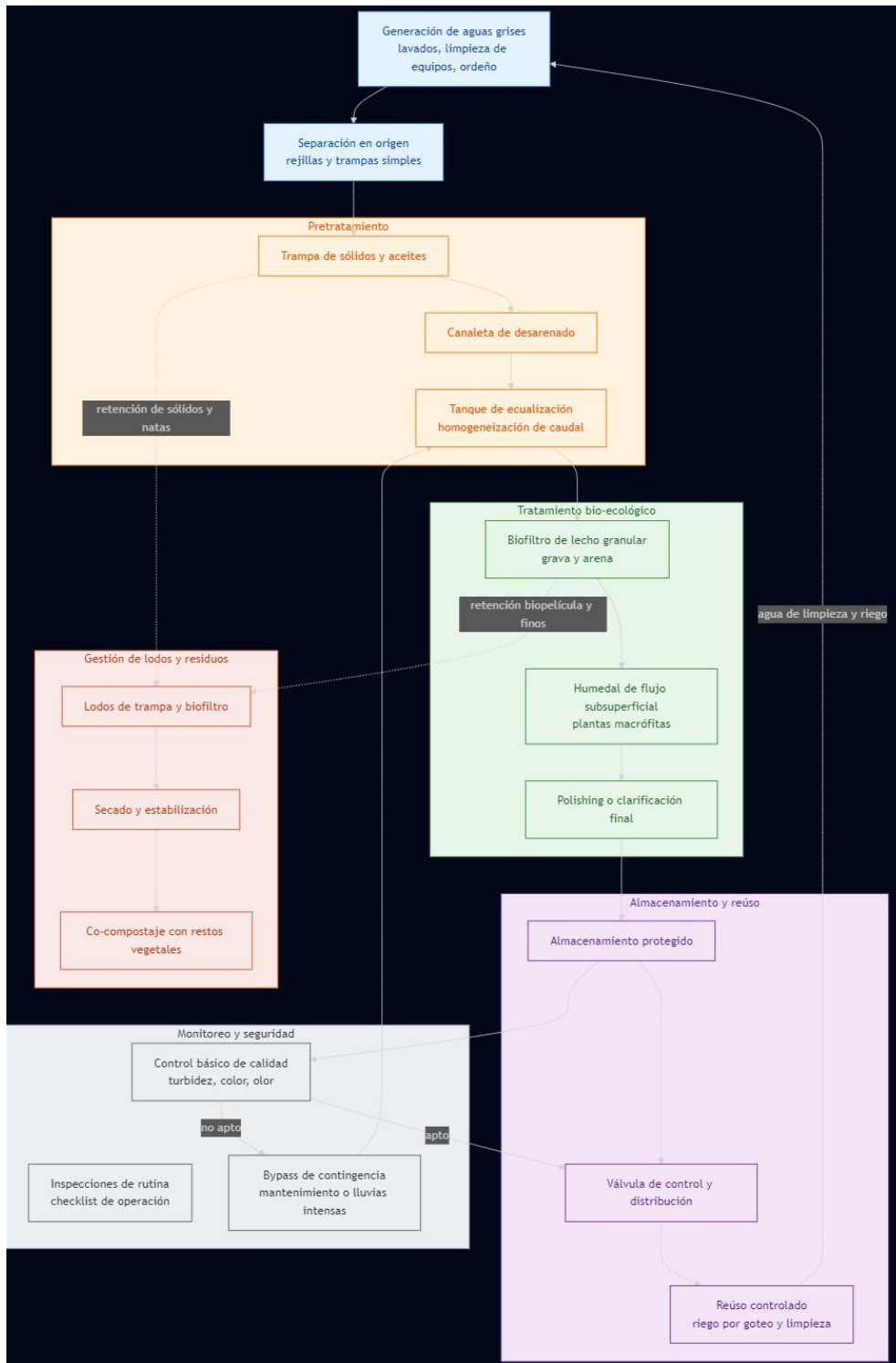
Anexo 16

Diagrama de Subsistema de Bioenergía Híbrida



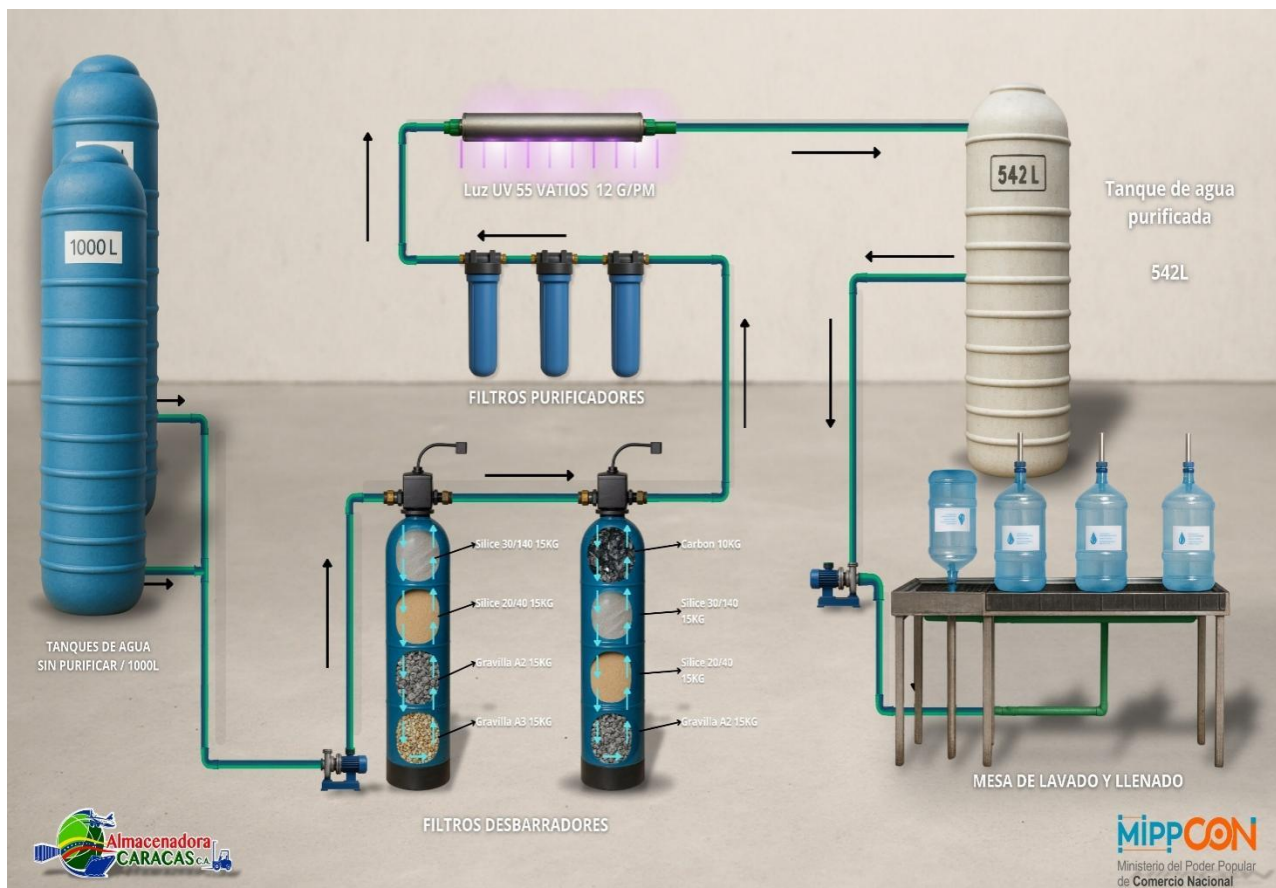
Anexo 17

Subsistema de Tratamiento y Reusó de Aguas Grises



## Anexo 18

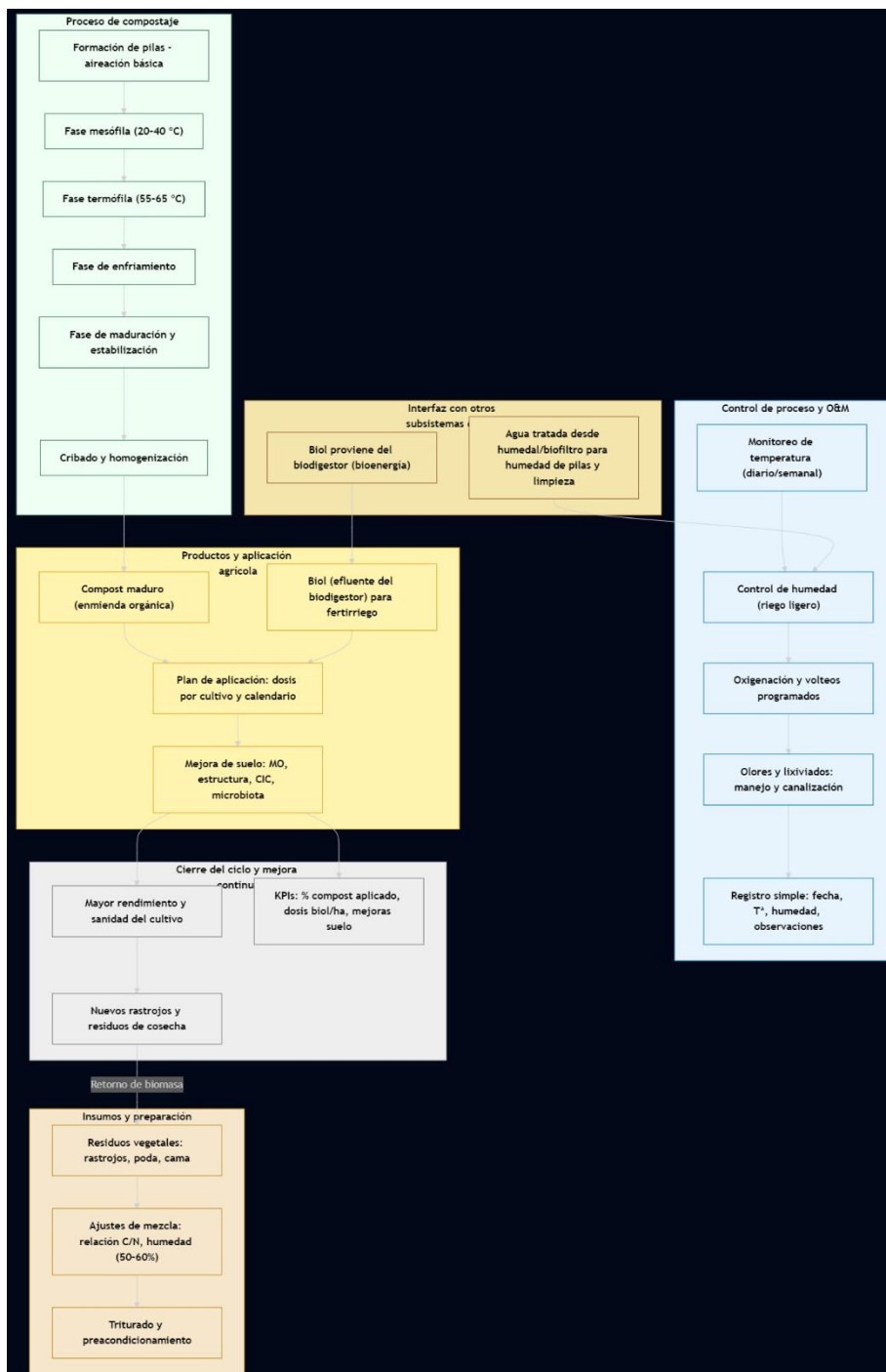
### Flujograma de Proceso de Filtrado de Plantas Potabilizadoras



*Nota: Estas plantas potabilizadoras con este proceso, están siendo implementadas en diversas áreas de Caracas. Además, hay una cantidad considerable que se encuentran funcionando*

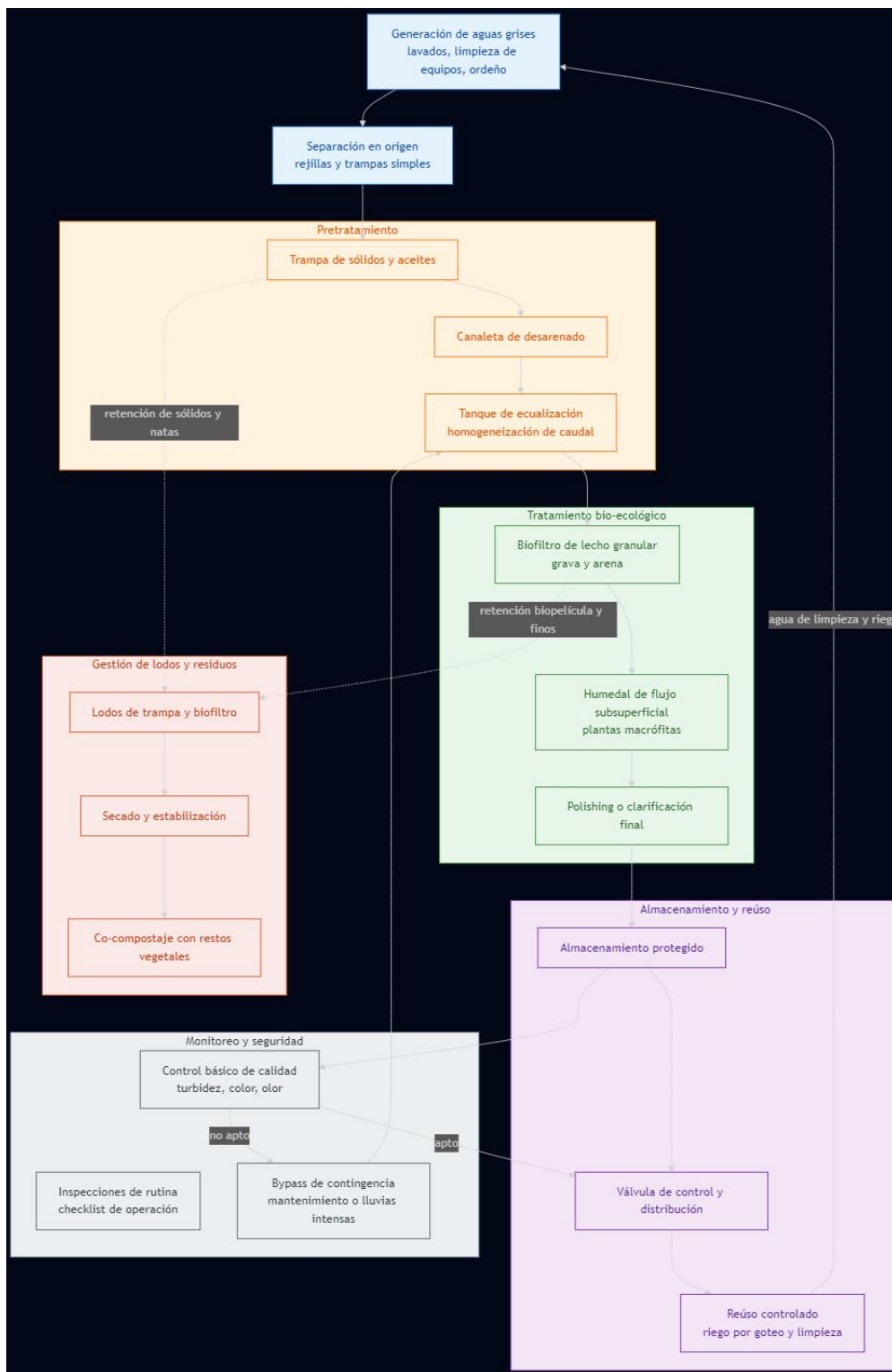
Anexo 19

Subsistema de Nutrientes: Proceso de Compostaje y Aplicación Agrícola



Anexo 20.

Subsistema de Nutrientes: Ciclo Circular del Biol y Compost



**Anexo 21.***Entrada a PASA*

**Anexo 22***Sistema de Sedimentación*

**Anexo 23***Tanques de Bioinsumos Líquidos*

## Anexo 24.

*Producto hecho con biodigestores (BROKA 5)*

**BROKA 5**  
**Biofungicida**  
**Orgánico líquido**

**CONTENIDO**

Nivelina Taberem	28%
Dióxido de Silicio	38%
Residuo Escorbuto	33%

**PRODUCTO NO TÓXICO 100 %  
ORGÁNICO**

CONTINUAMOS CON LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA EN EL  
PLANETA Y LA SALVACIÓN DE LA ESPECIE HUMANA

**PARA SER UTILIZADO EN LOS CULTIVOS SIGUIENTES:**

- Cultivos Tropicales
- Tubérculos
- Frutales
- Nortalizas
- Cereales
- Leguminosas
- Musáceas
- Pastos

**DESCRIPCIÓN:** POSEE ALTA EFICACIA EN EL CONTROL DE  
NONGOS, BACTERIAS, CHINCHES, PURGONES, INSECTOS,  
Y ACAROS.  
**MODO DE USO:** DILUIR UN LITRO DEL PRODUCTO POR  
CADA CIENTO LITROS DE AGUA. APLICACIÓN FOLIAR  
DIRECTA POR ASPERSIÓN, INUNDACIÓN, GOTEO, E  
IRRIGACIÓN

**NO CONTIENE ORGANISMOS VIVOS NI REQUIERE  
REFRIGERACION**

**Producto Venezolano**

**FABRICO VIVE**

## Anexo 25

### Misiones y Objetivos de PASA

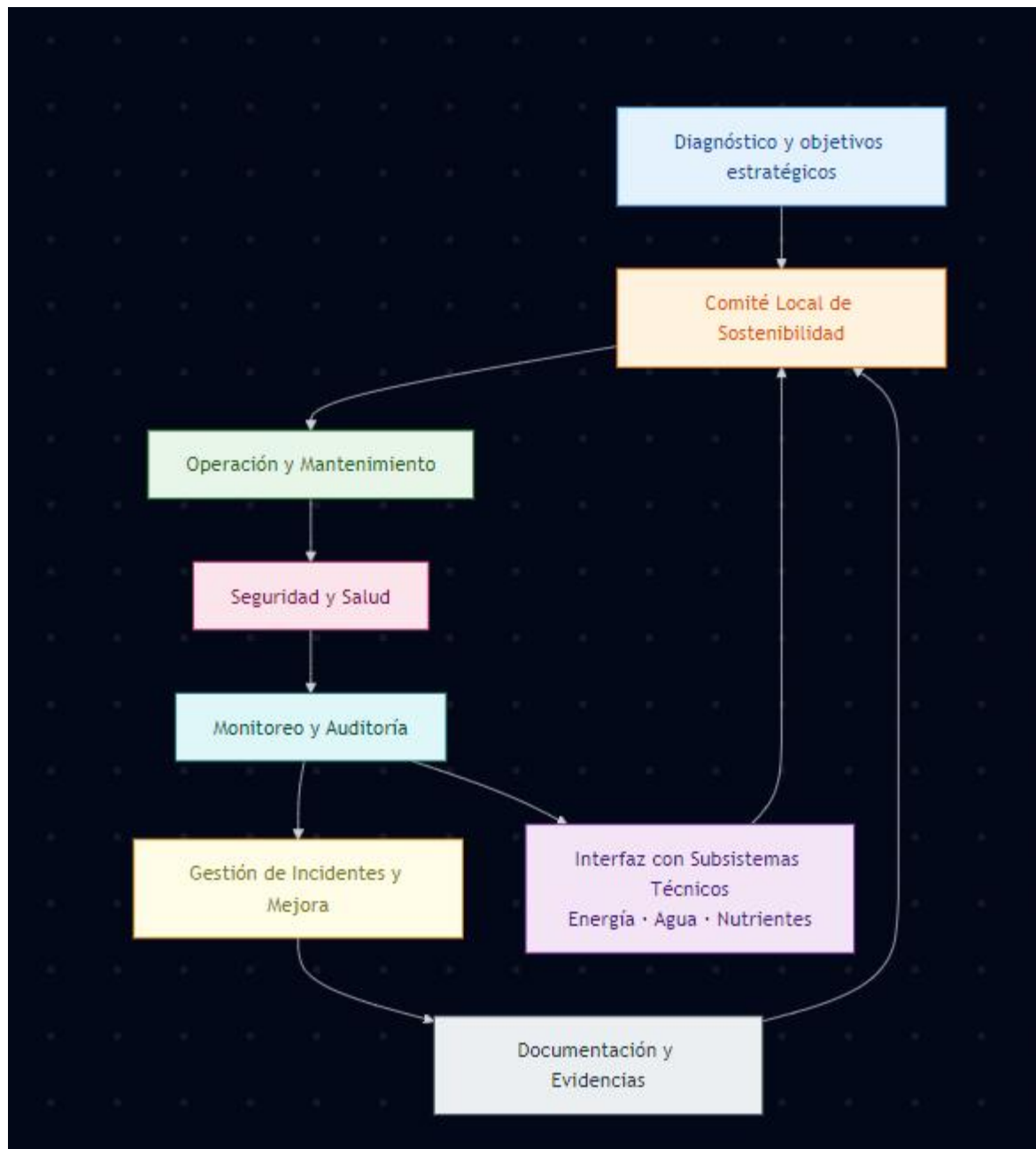


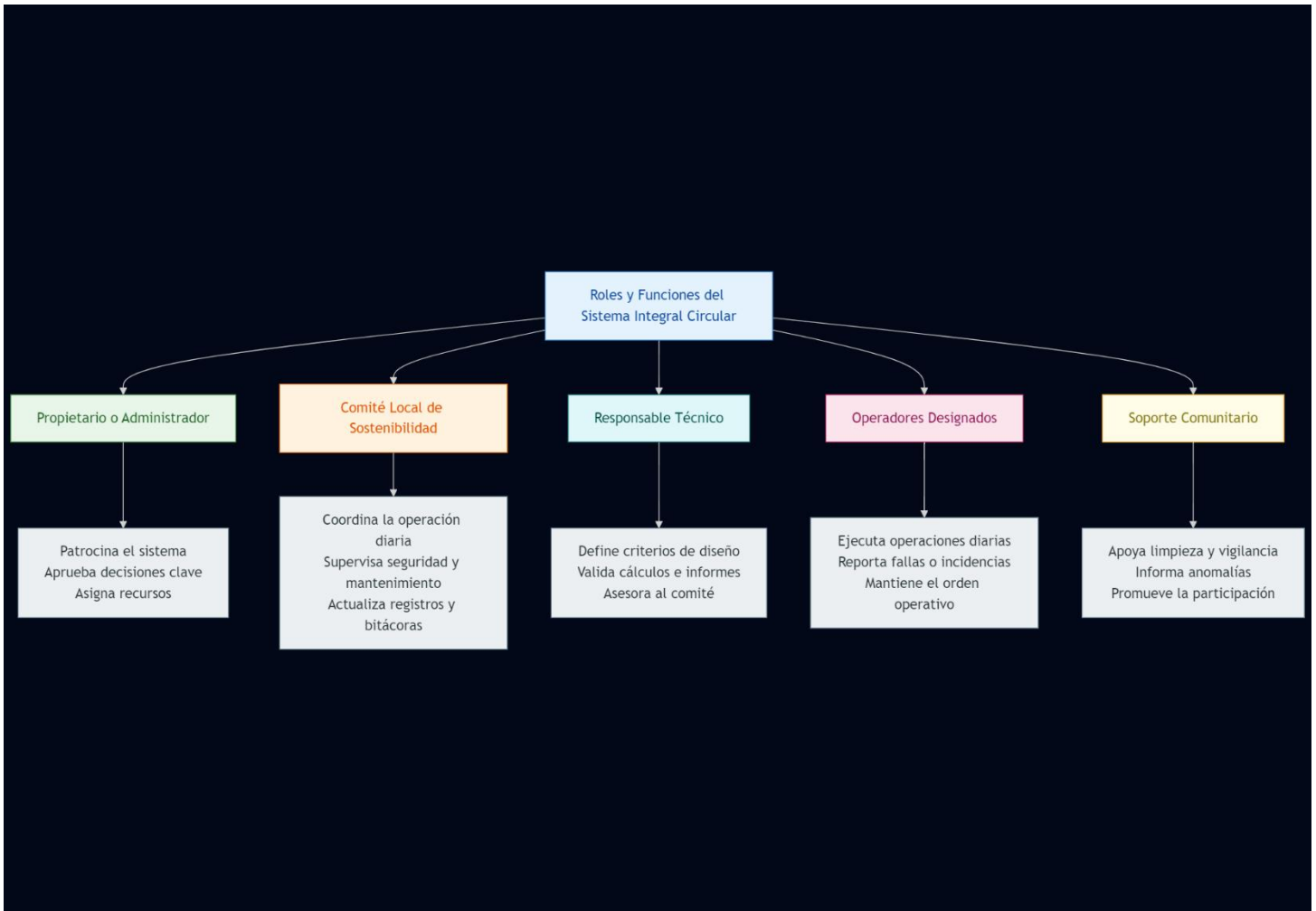
**Anexo 26**

*Vistazo a los Equipos que usan*



**Anexo 27.***Flujograma de Biodigestores y Bioinsumos en PASA*

**Anexo 28***Subsistema de Gobernanza*

**Anexo 29***Organigrama de Roles*



UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
DECANATO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor(a) del Trabajo de Grado: INNOVACIÓN SOCIAL COMO ESTRATEGIA PARA FOMENTAR LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA E HÍDRICA DE LA FINCA LOS HORQUETEROS, realizado por: Arturo Luis González Moreno, titular de la C.I. N° 15.042.982, para optar por el título de Magister en Administración de Empresas, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido ante la presentación pública y la evaluación por parte del jurado que se asigne.

Atentamente,

  
Prof. María Teresa Bravo  
C.I. No. V-9.016.405  
**TUTORA**