

Proyecto aplicado

Biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos orgánicos generados en la finca el mirador vereda san isidro, municipio de Belén de los Andaquíes departamento de Caquetá

Estudiantes:

Ricardo Ernesto Bolaños Ortiz

Luis Alejandro Rodríguez silva

Universidad nacional abierta y a distancia

Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente (ECAPMA)

Programa de Ingeniería Ambiental

Cead Florencia - Caquetá

2017

Proyecto aplicado

Biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos orgánicos generados en la finca el mirador vereda san isidro, municipio de Belén de los Andaquíes departamento de Caquetá

Estudiantes:

Ricardo Ernesto Bolaños Ortiz

Luis Alejandro Rodríguez silva

Candidatos a optar el título de Ingenieros Ambientales

Asesora:

Silvia Alejandra Trujillo Zapata

Ingeniera Ambiental

Máster en Sistemas Integrados

de Gestión de la calidad ambiental, responsabilidad social y PRL

Universidad nacional abierta y a distancia

Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente (ECAPMA)

Programa de Ingeniería Ambiental

Cead Florencia - Caquetá

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Florencia Caquetá, 13 de diciembre del 2017.

Agradecimientos

A mi esposa Lucero Mateus por su permanente cariño, ánimo y apoyo me permitió culminar este gran proyecto de vida, que es también de ella.

Ricardo Ernesto Bolaños Ortiz

A Dios que todo lo puede y que siempre ha estado en cada paso que doy, haciendo de mí una persona más fuerte y ayudándome para superar los diferentes obstáculos, sin Él, no lo hubiese podido lograr.

A mis padres Luis Felipe y Edith, personas ejemplares que me han enseñado a valorar y luchar por los sueños, quienes con su afecto y acompañamiento constante me permitieron llevar a cabo este importante proyecto para mi vida.

A mi hermana, mi abuelito y a mi novia quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborarme, brindándome sus conocimientos y motivándome hasta el final.

Luis Alejandro Rodríguez Silva

Resumen

Las disposiciones inadecuadas de los residuos sólidos orgánicos en el área rural han causado la contaminación de sus condiciones ambientales, afectado el bienestar de los seres humanos y de los seres vivos en general; esto implica la necesidad de preservar realizando buenas prácticas de desarrollo sostenible.

Por otra parte, no se había apropiado ni implementado sistemas alternativos que permitan aprovechar los residuos y así disminuir su impacto, gran parte de los proyectos realizados estaban centrados en la producción, olvidando la integridad del medio ambiente.

La disminución gradual de la contaminación presente en la Finca El Mirador, área piloto del proyecto, comenzó con la generación de biogás, implementado un biodigestor, esta alternativa ha permitido complementar el uso de la energía convencional con el uso de energía alternativa renovable, necesaria para las actividades de uso doméstico. El proceso es sencillo y consiste en la biodigestión (maduración – fermentación) de los residuos orgánicos generados en la finca, mediante un reactor denominado biodigestor, el resultado es la producción de gas metano, y un líquido (biol) que es un excelente fertilizante, de esta forma se contribuyó a la sostenibilidad ambiental de la finca y su entorno rural.

Palabras claves:

biodigestor, biogás, energía renovable, residuos orgánicos, desarrollo sostenible.

Abstract

Inadequate provisions of organic solid waste in rural areas cause environmental pollution, affecting the well-being and environmental conditions of the environment; This implies the need to preserve it by carrying out good sustainable development practices.

In the rural sector, the appropriation and implementation of alternative systems that make it possible to take advantage of waste and thus reduce its impact is null and void, a large part of the projects that are carried out are focused on production, forgetting the integrity of the environment.

An alternative to minimize the problem, is to generate biogas, implemented a biodigester, this alternative allows to complement the use of conventional energy with the use of alternative renewable energy, necessary for domestic activities. The process is simple and consists of the biodigestion (maturation - fermentation) of organic waste through a reactor called biodigester, the result is the production of methane gas, and a liquid (biol) that is an excellent fertilizer, contributing to environmental sustainability. This system will be implemented in the "El Mirador" farm in the San Isidro district, jurisdiction of the municipality of Belén.

Keywords:

biodigester, biogas, renewable energy, organic waste, sustainable development.

Tabla de Contenidos

Introducción	122
1. Planteamiento del Problema.....	14
1.1. Antecedentes.....	15
1.1.1. Generación de residuos sólidos a nivel internacional.	16
1.1.2. Generación de residuos sólidos en Colombia	16
1.1.3. Generación de residuos sólidos en Caquetá.	19
1.2. Descripción del Problema.....	21
1.3. Formulación del Problema.....	23
2. Justificación	24
2.1 Alcance	25
2.1.1. Beneficios Sociales.	26
2.1.2. Beneficios Económicos.	26
2.1.3. Beneficios Ambientales.....	27
3. Objetivos	28
3.1. Objetivo general.....	28
3.2. Objetivos específicos	28
4. Marco de referencia	29
4.1. Marco teórico.....	30
4.1.1. Conceptos básicos.	30
4.2. Marco conceptual.....	31
4.2.1. Los residuos sólidos orgánicos en el área rural.	32
4.2.2. Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.	34
4.2.3. Ventajas y desventajas de los residuos sólidos orgánicos.....	36
4.2.4. El biodigestor.	36
4.3. Marco Contextual	39
4.4. Marco Normativo.....	41
5. Metodología	42
5.1 Socialización y Concertación del Proyecto	42
5.1.1. Identificación y concertación con la población objetivo.	43
5.2. Diagnóstico finca el mirador	42
5.2.1. Localización geográfica.	43

5.2.2. Componente abiótico.....	44
5.2.4. Sistema social.	55
5.2.6. Análisis diagnóstico finca El Mirador y entorno.	65
5.2.7. Recolección y acopio de los RSO.....	66
5.3. Construcción e implementación de un biodigestor.....	67
5.3.1. Adquisición de materiales.....	67
5.3.2. Diseño y construcción del biodigestor.	68
5.4. Operación del biodigestor.....	72
5.4.1. Preparación del sustrato.	72
5.4.2. Método de alimentación del biodigestor.....	73
5.4.3 Manejo del biodigestor.....	76
5.5. Promover el conocimiento y uso de los Residuos Sólidos Orgánicos en la producción de biogás.....	80
5.5.1. Promoción de conocimiento.....	80
5.6. Cartilla didáctica, aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.....	81
6. Resultados	82
6.1. Disminución de la problemática ambiental por contaminación de residuos sólidos orgánicos.....	82
6.1.1. Primer resultado.....	82
6.1.2. Segundo resultado.	83
6.2. Población capacitada en el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para producir biogás como energía alternativa renovable.	83
6.2.1. Primer resultado.....	83
6.2.2. Segundo resultado.	84
6.3. Análisis de resultados	84
6.3.1. Disminución de la contaminación.	84
7. Conclusiones	88
8. Recomendaciones.....	90
9. Lista de Referencias	91

Lista de tablas

Tabla 1. Componentes de los estiércoles en porcentaje.....	33
Tabla 2. Parámetros climáticos medios.	45
Tabla 3. Producción de RSO finca El Mirador.	61
Tabla 4. Producción diaria y mensual de RSO Finca El Mirador.....	66
Tabla 5. Cálculo carga diaria.	74
Tabla 6. Cálculo residuos orgánicos mensual.....	76
Tabla 7. Producción de biogás	79
Tabla 8. Generación mensual estiércol de bovinos / producir biogás.....	85

Lista de figuras

Figura 1. Población proyectada por año en Colombia según el DANE.....	17
Figura 2. Aproximación de residuos sólidos producidos por año.....	18
Figura 3. Proceso de Producción de biogás	37
Figura 4. Biodigestor tipo continuo	38
Figura 5. Biodigestores discontinuos.....	39
Figura 6. Socialización del proyecto.....	42
Figura 7. Localización geográfica Finca El Mirador	44
Figura 8. Bosque subandino Sector nororiental municipio de Belén de los Andaquíes	48
Figura 9. Bosque húmedo tropical Sector Nororiental Municipio de Belén de los Andaquíes	49
Figura 10. Avistamiento fauna silvestre sector nororiental municipio de Belén de los Andaquíes	49
Figura 11. Áreas deforestadas Vereda San Isidro Municipio de Belén de Los Andaquíes	52
Figura 12. Áreas de actividad ganadera finca El Mirador	52
Figura 13. Establo finca El Mirador	53
Figura 14. Marranera finca El Mirador.....	53
Figura 15. Galpón finca El Mirador.....	54
Figura 16. Vivienda finca El Mirador.....	56
Figura 17. Carreteable terciario de acceso a la finca El Mirador.....	56
Figura 18. Captación de agua finca El Mirador	57
Figura 19. Acumulación de estiércol establo finca El Mirador	59
Figura 20. Botadero de basura a cielo abierto de la finca El Mirador	61
Figura 21. Total Producción diaria RSO Finca El Mirador	62
Figura 22. Producción Mensual de RSO Finca El Mirador	62
Figura 23. Matriz de leopold para la evaluación de impactos ambientales	63
Figura 24. Impactos Negativos, Impactos positivos	63
Figura 25. Apilamiento de RSO.....	66
Figura 26. Materiales necesarios para la construcción del biodigestor	67
Figura 27. Diseño biodigestor continuo.....	68
Figura 28. Detalle trampa de agua	69
Figura 29. Detalle trampa de ácido sulfhídrico.....	69
Figura 30. Apertura de los agujeros, tapa tanque plástico	69
Figura 31. Instalación tapón roscado PVC Ø 4”	70
Figura 32. Instalación retal tubo PVC Ø 4”	70
Figura 33. Apertura agujeros tanque Ø 4”	70
Figura 34. Instalación desagües biodigestor	70
Figura 35. Instalación manguera de alta presión para gas	71
Figura 36. Instalación trampa de agua	71
Figura 37. Instalación trampa ácido sulfhídrico	71

Figura 38. Construcción cámara neumática.....	72
Figura 39. Llenado biodigestor con el sustrato.....	77
Figura 40. Sellado hermético del biodigestor.....	77
Figura 41. Instalación completa biodigestor.....	77
Figura 42. Llama terminal encendida.....	79
Figura 43. Disposición de estiércol a cielo abierto.....	80
Figura 44. Capacitaciones miembros finca El Mirador.....	83
Figura 45. Caratula cartilla didáctica.....	84
Figura 46. Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos.....	85

Introducción

La problemática ambiental, sanitaria y de salud pública que acarrea el manejo inadecuado de residuos sólidos en los municipios del departamento de Caquetá es de consideración al igual que en muchos municipios de Colombia. El crecimiento poblacional, cambio de costumbres, la actividad comercial e industrial, y el aumento de las actividades productivas como ganadería, porcicultura, avicultura, piscicultura y agricultura, ha conllevado a que se incremente el porcentaje de producción de residuos sólidos.

Para simular y conocer datos estadísticos de la población proyectada en Colombia, el DANE ha implementado una herramienta interactiva llamada reloj de población y que se encuentra en su página web principal, los datos que allí se suministran son un cálculo aproximado que se basa en investigaciones con respecto al último censo realizado del año 2005. (DANE, s.f.). Este reloj de población nos dice que la población proyectada de Colombia para el año 2007 se estima es de casi 44 millones de habitantes, teniendo en cuenta este dato la cantidad de residuos sólidos producidos llegaban a 10 millones de toneladas al año, comprendiendo entre actividades domésticas, industriales y otras. (Contreras, 2006). Comparando lo anterior de acuerdo al reloj de población la proyección dada por el DANE para los años 2019 y 2020 la cantidad de residuos sólidos podría elevarse a 13 millones de toneladas año, una cifra realmente preocupante y que seguirá aumentando de no hacerse nada al respecto.

Recurrir en deshacerse de los residuos sólidos simplemente enterrándolos, botándolos en cualquier parte o tirándolos en fuentes hídricas no es la manera correcta, sin embargo, a través de los años la inconciencia humana, la falta de ética y respeto hacia la naturaleza nos condujo a esta problemática que amenaza nuestros ecosistemas y los recursos que le componen, agua, suelo, aire, deteriorando el paisaje, la salud y la calidad de vida.

En este ámbito los residuos deberían ser clasificados y evaluados para su aprovechamiento obteniendo lo mejor de ellos. Hoy en día se ha dado mayor importancia a la recuperación y reciclaje de algunos de ellos (cartón, papel, plásticos, etc.) pero desafortunadamente los residuos orgánicos son los menos aprovechados y los que más se producen.

El 55% de los residuos sólidos en Colombia es material orgánico. (Ricón Martínez & Silva Lora, 2014). Teniendo en cuenta los efectos ambientales, sociales, económicos y políticos que estos causan son un tema preocupante que nos ha llevado a pensar en las prácticas de desarrollo sostenible.

Dentro de las alternativas que se presentan viables para el aprovechamiento de los residuos orgánicos está la producción de compostaje, lombricultura, entre otros. (Alcaldía Mayor de Bogotá Secretaría Distrital de Hábitat, 2014). Algunos procesos se realizan con el flujo de oxígeno (aerobio) y otros en ausencia (anaerobio). Entre los procesos de digestión anaerobia existe una alternativa que además de aprovechar los residuos orgánicos nos brinda energía natural y renovable, esta alternativa es el Biodigestor para la obtención de biogás.

Para conocer a profundidad sobre esta alternativa conoceremos sobre algunos principios de funcionamiento de un biodigestor, biodigestores de flujo continuo y biodigestores de flujo discontinuo.

Se desarrollarán diferentes temáticas y se conocerán algunos conceptos claves pasando desde el desarrollo de las fases de socialización del proyecto y construcción del biodigestor hasta lograr el objetivo principal generar biogás a partir de residuos orgánicos en la finca El Mirador, Vereda San Isidro, Municipio de Belén de los Andaquíes.

1. Planteamiento del Problema

Sin lugar a dudas en nuestro país hemos avanzado en el tratamiento y manejo de los residuos sólidos a nivel urbano y muy poco a nivel rural. Las estadísticas de la encuesta (Calidad de Vida, 2013), realizada por el Departamento de Nacional de Planeación DNP, indica que la cobertura en cuanto a manejo de los residuos sólidos es de 97.8% en el sector urbano y tan solo el 21.9% en el sector rural.

Es evidente la poca atención del estado hacia el sector rural de los municipios en cuanto al manejo de sus residuos sólidos, ejemplo de esta situación lo vive la comunidad rural de la vereda San Isidro, sector nororiental del municipio de Belén de los Andaquíes, donde se encuentra la finca el Mirador, este sector no cuenta con la infraestructura adecuada para su recolección y manejo, ni existen programas, ni proyectos alternativos que permitan hacer un manejo adecuado de los residuos.

De acuerdo con el diagnóstico realizado a la finca El Mirador, la ganadería, es la que más residuos orgánicos produce, alcanzando 15 toneladas/ mes, seguida de la porcicultura con 0.45 toneladas/mes y la avicultura con 0.30 toneladas/mes. En su gran mayoría los habitantes de la finca El Mirador y sus alrededores, desconocen las normas mínimas para el control y manejo, igualmente a esta situación se suma el hecho del poco conocimiento que tienen sobre tecnologías para el manejo y la apropiada disposición de ellos, conllevando a que no se vea estos residuos como un recurso importante que contribuye al bienestar económico, social y ambiental de la finca y sus alrededores.

Por otra parte, es importante mencionar, que la comunidad rural de este sector del municipio de Belén de los Andaquíes culturalmente, práctica la disposición de los residuos sólidos orgánicos de la ganadería, la porcicultura y avicultura a cielo abierto en diferentes sitios y

no creen que con este procedimiento se esté generando contaminación del suelo, las fuentes hídricas y en general el medio ambiente de su entorno.

1.1. Antecedentes

El hombre a través de la historia ha sido un agente activo transformador de su medio, los residuos sólidos son desechos, desperdicios o sobrantes de las actividades humanas, además de los generados por todos los seres vivos; prácticamente en el pasado los residuos no presentaban mayores problemas ya que las poblaciones eran pequeñas y nómadas y por lo general se contaba con grandes áreas de terreno para su disposición, principalmente residuos orgánicos que fácilmente eran asimilados por el suelo. Los residuos sólidos se convierten en un problema a medida que el hombre se hizo sedentario y se comienza a concentrar en áreas rurales (centros poblados) y en pueblos que hoy son las ciudades.

Por otra parte el crecimiento poblacional e industrial generalmente se ha propiciado por patrones del orden político, económico y social, que han contribuido significativamente en el aumento y producción de residuos sólidos a través de los años, la falta de conciencia sobre esta problemática ha anulado la posibilidad de que se consolide una verdadera cultura de conservación del medio y manejo adecuado de estos residuos, es así que la forma más fácil que encontró el hombre es alejándolos de su vista, consecuentemente con esto se evidencia que el primer problema ha sido su eliminación, pues su presencia y proximidad a ellos resulta molesta, conllevando al arrojo fuera de los centros poblados, causes de los ríos u ocultándolos mediante enterramiento.

El auge global de la industrialización prácticamente ha contribuido con el aumento vertiginoso de los residuos sólidos en todos los niveles, residencial, institucional, comercial, industrial y por supuesto también en el área rural. El hombre a través del tiempo ha sido un agente

transformador de su entorno, buscando alternativas que permitan tener una mejor calidad de vida, pero esto ha conducido al aumento de la problemática ambiental en cuanto a su manejo. Esta realidad medio ambiental en la que vivimos, solamente podrá ser transformada en la medida en que la sociedad como tal, se concientice respecto de su papel determinante en la conservación del medio ambiente.

1.1.1. Generación de residuos sólidos a nivel internacional. A nivel internacional la problemática de residuos y la falta del aprovechamiento de los mismos son notorios. La guía No.2 para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, dice que en la región de ALC existen 16 ciudades que albergan a más de 2 millones de habitantes y que hacen que la producción conjunta de residuos sólidos sea de 93 mil toneladas por día. La ciudad que presenta la mayor población es Sao Paulo, cuya producción diaria de residuos sólidos es de 22.140 toneladas, seguida de las ciudades de México, Buenos Aires, Rio de Janeiro, Lima, Bogotá, Santiago, Bello Horizonte, Caracas, Salvador, A.M Monterey , Santo Domingo, Guayaquil, A.M Guatemala, Curitiba y La Habana. (Dante, 2002)

En los residuos sólidos generados, la materia orgánica disponible supera el 50% y solo el 2 % es aprovechado y la cantidad restante se dispone en rellenos sanitarios, o botaderos, en donde no se realiza un procesamiento adecuado.

1.1.2. Generación de residuos sólidos en Colombia. En Colombia, así como sucede en muchos países latinoamericanos la falta de conciencia, ética y pertenencia por la naturaleza han conllevado a que la generación de residuos cause un deterioro alarmante del medioambiente, derivándose del crecimiento poblacional, cambio de las costumbres, aumento de la actividad comercial e industrial, y el incremento de las actividades productivas.

El hecho más relevante de esta problemática que crece con los años sin lugar a dudas es la sobrepoblación, la cantidad de residuos sólidos cada día es mayor y consecuentemente los impactos al medio ambiente. Teniendo en cuenta la proyección poblacional que estima el DANE para cada uno de los años en Colombia y los residuos producidos según la Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios, se procedió a realizar una aproximación de la cantidad de residuos sólidos que se podrían llegar a producir. En las figuras 1 y 2 se indica la estimación de la proyección de la población y la producción de residuos sólidos respectivamente.



Figura 1. Población proyectada por año en Colombia según el DANE



Figura 2. Aproximación de residuos sólidos producidos por año. “elaboración propia”

Si bien el cálculo de la población en Colombia para el año 2007 es de aproximadamente 44 millones de habitantes teniendo en cuenta datos estadísticos del DANE, así mismo la problemática de residuos sólidos constituía una cantidad relativa de 28.500 Ton/día y 10'000.000 Ton/año, de las cuales el 77% se derivaban de actividades domésticas y el 23 % industriales y otras actividades.

La población actual estimada por el DANE, para los años 2017 y 2018 fluctúa entre 49,2 y 49,8 millones de habitantes, en promedio serían unas 33.500 Ton/día y 12'000.000 de toneladas de residuos sólidos al año.

Con la proyección poblacional del DANE en Colombia para los años 2019 y 2020 se estima entre 50,3 a 51 millones de habitantes respectivamente, esto quiere decir que ante lo consecuente de no hacer nada con respecto al manejo de los residuos sólidos el impacto ambiental puede ser mayor, haciendo una aproximación de la cantidad de residuos sólidos que estaríamos produciendo, sería del orden de 13'000.000 toneladas por año o incluso más.

Según el MINAMBEINTE y la Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios en Colombia, la gran producción de residuos sólidos constituye una problemática social y ambiental a nivel nacional. La baja cobertura del Servicio de recolección, transporte y disposición de residuos, la mínima separación en la fuente, el poco o mal empleo de las bolsas plásticas y la falta de normas que rijan un sistema estandarizado de almacenamiento para la disminución del impacto ambiental, son razón del desorientado aumento de los residuos sólidos que amenazan nuestros ecosistemas, disminuyendo los recursos naturales, deteriorando la salud y calidad de vida.

1.1.3. Generación de residuos sólidos en Caquetá. El departamento de Caquetá también se ve afectado por esta problemática, debido al aumento de la población en los últimos años y al auge que han tenido las actividades productivas como ganadería, porcicultura, avicultura, piscicultura y agricultura, en los últimos años, incrementando el porcentaje de producción de residuos sólidos.

De acuerdo a cifras del DANE la población proyectada al 30 de junio del año 2017 para el departamento de Caquetá es de 490.000 habitantes, en consecuencia, de esta población,

actualmente se produce en promedio 308 ton/días, para un registro mensual de 9.240 toneladas y anual de 112.675 toneladas. En Colombia, la fracción orgánica de residuos se estima en un promedio del 55%, implicando que tan solo una mínima parte se aprovecha, respecto de la producción de residuos sólidos en el departamento del Caquetá se tendría una cantidad promedio de 67.605 ton. /año sin aprovechar.

El Departamento Nacional de Planeación DNP, en su encuesta de percepción ciudadana realizada en el año 2013, afirma que la recolección de residuos sólidos en Colombia tiene un panorama de contrastes. En las zonas urbanas su cobertura casi llega al 100%, mientras en las ruralidades la prestación del servicio está en niveles del 21,9 %. De la misma forma el Plan de Gestión Integral de residuos sólidos PGIRS, del Municipio de Belén, departamento de Caquetá, proyectado para un horizonte de 12 años (2012 – 2023), resalta que el servicio de recolección de residuos sólidos en el área rural, no se presta, de igual manera se observa que en gran parte de los municipios del departamento de Caquetá se presenta la misma situación.

El carecer de programas y proyectos de recolección, transporte y disposición de residuos sólidos en el área rural ha conducido a que la problemática ambiental se acreciente, la mala disposición como el enterramiento, botadero a cielo abierto, en las riveras de fuentes hídricas genera deterioro del medio y ocasiona impactos como la contaminación de fuentes hídricas, tanto superficiales como subterráneas, así como la descarga de líquidos lixiviados, producto de la descomposición de los residuos sólidos. (Jaramillo, 2003).

De manera general se considera que la mayoría de los residuos sólidos que diariamente genera la comunidad asentada en el área rural lo constituye cerca del 70% los residuos de tipo orgánico del volumen total generado (Jaramillo Henao & Zapata Márquez, 2008).

De esta manera la problemática ambiental generada en el área rural de los municipios básicamente se da por el mal manejo que se les da a los residuos sólidos, esta situación no es un tema nuevo, la gran mayoría de estos, llegan a botaderos a cielo abierto y a las riveras de las fuentes hídricas. Los esfuerzos de entidades públicas, privadas, organizaciones de base, grupos ambientalistas, etc., de alguna manera han contribuido a la sensibilización de esta problemática pero no ha sido suficiente. Así mismo en nuestro país se procuran normas, acuerdos, decretos leyes, políticas, etc., que inducen a la gestión integral de los residuos, con el fin de transformar el panorama actual que tenemos, de tal manera que se puedan aprovechar y se consideren como un recurso importante que contribuye al mejoramiento de la calidad de vida, el medio ambiente y a su sostenibilidad, pero es muy poco lo que se ha avanzado.

1.2. Descripción del Problema

Generalmente las actividades productivas de los municipios del departamento de Caquetá, se concentran en la ganadería, la porcicultura, la avicultura, la piscicultura y la agricultura. En la finca El Mirador, vereda San Isidro, sector nororiental del municipio de Belén de los Andaquíes, se realizan regularmente, las actividades productivas de la ganadería, la porcicultura y la avicultura, siendo estas actividades un factor determinante en la producción de residuos sólidos orgánicos, en menor escala esta la generación de residuos orgánicos por las actividades de uso doméstico.

La actividad ganadera comprende el manejo de 50 cabezas de ganado en promedio, la actividad porcina con una producción periódica de 15 cerdos y la avicultura con un manejo en promedio mensual de 50 gallinas. Precizando la producción de residuos sólidos orgánicos en la finca El Mirador a partir de los datos obtenidos en el diagnóstico tenemos:

Que se presenta acumulación de residuos orgánicos (estiércol) en el establo, por la actividad ganadera, alcanza un total 15 Ton/mes, el manejo de estos residuos, simplemente corresponde a sacar del corral buena parte de ellos y depositarlos en un sitio específico (a cielo abierto), generando contaminación de los suelos por los lixiviados que se produce fruto de la descomposición orgánica, dando como resultado la disminución de su capacidad de amortiguación y cambios en las propiedades fisicoquímicas que a la postre repercuten en el ecosistema. Del mismo modo se ocasiona la contaminación de la fuente hídrica que discurre por predios de la finca, por el efecto de la escorrentía de aguas lluvias que produce el arrastre de esta materia orgánica hacia dicha fuente de agua. Además, generan olores ofensivos, proliferación de vectores y un aspecto visual desagradable.

En la actividad porcícola el tratamiento de los residuos orgánicos es igual que en la actividad ganadera. En promedio se generan 450 kg/mes, diariamente se retiran de la marranera y se depositan en sitio específico (a cielo abierto), ocasionando las mismas consecuencias a los suelos y el agua y por la consecuente generación de olores ofensivos y vectores afectan a la población residente de la finca.

Aunque en la actividad avícola la producción de residuos orgánicos es menor, 300 kg/mes, en una mezcla de aserrín y cal, usados para disminuir la humedad, se podría pensar que el impacto es menor ya que buena parte de estos residuos se utilizan en la huerta cacera y cultivos de pan coger de la finca, sin embargo, es de destacar la producción de vectores (moscas) y la generación de olores ofensivos que afectan la vivienda de la finca y sus alrededores.

Es evidente que la disposición inadecuada de los residuos orgánicos en diferentes sitios de la finca, contaminan sus suelos y su agua y afectan la calidad de vida de sus moradores y sus alrededores.

En conclusión, estas tres actividades (ganadería, porcicultura y avicultura) que se realizan en la finca El Mirador, generan una importante cantidad de residuos sólidos orgánicos, que no se manejan adecuadamente y que causan un impacto ambiental considerable afectando la calidad del agua, el suelo, el aire, el paisaje y en general la calidad de vida de la población.

1.3. Formulación del Problema

La práctica inadecuada de disposición a cielo abierto en diferentes sitios de residuos sólidos orgánicos (estiércoles) generados por las actividades: ganadera, porcícola y avícola que hacen los habitantes de la finca El Mirador, están ocasionando contaminación ambiental de los suelos y las fuentes hídricas, tanto de la finca como de sus alrededores, afectando su calidad de vida y en general la salud pública de la comunidad.

2. Justificación

En el marco de la política de la Gestión Integral de Residuos Sólidos de 1998, se ha tratado de buscar soluciones a la problemática ambiental que generan los residuos sólidos, en este ámbito para el tratamiento de los residuos sólidos de tipo orgánico, se ha desarrollado e implementado una integralidad de técnicas y procesos que van desde la separación en la fuente (orgánicos, reciclables e inservibles), transformación de los que permiten este proceso, compostaje para la producción de biofertilizantes y acondicionadores de suelos, la producción de biogás, humus, biocombustibles, entre otros.

Las actividades productivas de gran parte de las fincas de la vereda San Isidro del municipio de Belén de los Andaquíes, departamento de Caquetá, son la ganadería, porcicultura, cría de aves en galpón, piscicultura y cultivos de pan coger.

Dichas actividades generan a diario cantidades considerables de residuos sólidos orgánicos, más los residuos orgánicos que se producen del menester diario doméstico (preparación de alimentos, restos de verduras, etc.), alguna parte de estos son aprovechados para abonos, pero la mayoría son dispuestos inadecuadamente (enterramiento, botadero a cielo abierto, vertidos en fuentes hídricas), afectando directamente a la comunidad rural y al ambiente (aire, suelo y agua) por la generación y emisión de gases, olores ofensivos, por el vertimiento de lixiviados que deterioran la calidad de los suelos para el establecimiento de cualquier tipo de cultivo y la calidad de agua para consumo, adicionalmente son focos que permiten la generación de vectores que afectan la salud humana. De acuerdo con lo expuesto y teniendo en cuenta aspectos relevantes como:

- Los resultados de proyectos exitosos como la implementación de buenas prácticas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en otras regiones del país, caso específico generación de biogás en la zona cafetera.
- El Protocolo de Kioto, relacionado con la contribución a la disminución de emisiones de gases efecto invernadero (calentamiento global) a partir de la generación de bonos de carbono mediante buenas prácticas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (producción de biogás – metano). (Caballero, 2011)
- Y la ausencia de programas, proyectos y buenas prácticas de aprovechamiento de residuos orgánicos (producción de biogás) en el municipio de Belén y prácticamente en todo el territorio del departamento de Caquetá.

Destacamos la importancia de realizar en el área rural, sector nororiental del municipio de Belén de los Andaquíes, el proyecto “**Biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos orgánicos generados en la finca El Mirador vereda San Isidro**”, considerándolo como una alternativa ambiental viable y sostenible, a partir del potencial y oferta de los residuos orgánicos que se producen a partir de las actividades productivas que realizan las fincas ya mencionadas anteriormente, el proceso metodológico es sencillo y básicamente consiste en la biodigestión (maduración – fermentación) de los residuos orgánicos mediante un reactor denominado biodigestor, el resultado final es la producción de biogás (metano), que es una energía alternativa renovable para uso en las actividades domésticas de la finca.

2.1 Alcance

Fundamentalmente, la implementación de un biodigestor en la finca El Mirador, trae consigo

beneficios sociales, económicos y ambientales. (Arce, 2011). Se aprovechan los residuos para producir biogás, lo cual permite que se minimicen los impactos que se generan, constituyendo en gran medida a la restauración ecológica del sector, mejorías en el aspecto visual, disminución de olores ofensivos, vectores y plagas. Influyendo de manera positiva a la salud pública y la calidad de vida.

2.1.1. Beneficios Sociales.

- La producción de biogás, combustible limpio para las actividades diarias del ser humano en el área rural, específicamente en aquellas áreas donde el acceso es difícil y no se cuenta con energía convencional, razón por la cual pueden ser producidos donde se necesite.
- Se obtiene bioabono líquido (biol) fertilizante, ideal para enriquecer los nutrientes del suelo y mejorar los campos dedicados a la producción.
- Disminución de olores ofensivos, vectores (plagas) y enfermedades.

2.1.2. Beneficios Económicos.

- El uso de materias primas para la producción de energía que de otra forma se considerarían residuos o cuya desaparición y destrucción conllevaría costes adicionales, es indudablemente un factor relevante.
- La producción de biogás genera ahorro en el uso de energía convencional, combustibles y de uso en fertilizantes para las actividades en el área rural.
- Producción de biogás a partir de RSO, constituyente esencial para la disminución del calentamiento global
- Obtención de fertilizante natural a bajo costo (biol), rico en nutrientes y de gran eficiencia

2.1.3. Beneficios Ambientales.

- Reducción de la problemática ambiental por la contaminación de fuentes hídricas, suelos y afectación de la salud pública a nivel rural.
- El biogás energía renovable y sostenible que contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (calentamiento global).
- Disminución del volumen de residuos sólidos orgánicos a disponer.
- Preservación y conservación del paisaje.
- Aprovechamiento periódico de residuos sólidos orgánicos.
- Reducción de olores ofensivos y proliferación de vectores e insectos.
- Reducción de fertilizantes químicos que se aplican al suelo.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Generar biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos orgánicos producidos en la finca El Mirador, Vereda San Isidro, Municipio de Belén de los Andaquíes.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico sobre las actividades socioeconómicas y productivas de la finca que permita clasificar y cuantificar los residuos sólidos orgánicos generados.
- Construir e implementar un biodigestor, para generar biogás, energía alternativa renovable de uso doméstico en la finca El Mirador, Vereda San Isidro, Municipio de Belén de los Andaquíes.
- Realizar una cartilla didáctica que promueva el conocimiento y uso de la tecnología para la producción de biogás a partir del aprovechamiento de los residuos orgánicos.
- Realizar dos talleres para la población residente de la finca y su entorno orientados a la socialización del proyecto y al aprovechamiento de los residuos orgánicos como recurso en la producción de biogás, energía alternativa renovable.

4. Marco de referencia

En las últimas décadas se ha aumentado vertiginosamente la producción de residuos, esto debido también al crecimiento de la población y al auge industrial y tecnológico de obtener nuevas formas de producción que procuran obtener una mejor calidad de vida sin importar la afectación que se pueda causar al medio donde vivimos.

En procura de mantener el medio ambiente sano y conservado se han realizado varias investigaciones que conllevan al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para producir biogás. Destacamos las investigaciones realizadas por (Severiche & Acevedo, 2013), donde expresa la producción de “biogás a partir de residuos orgánicos y su apuesta como combustibles de segunda generación”, apostando con esta alternativa a la disminución de gases de efecto invernadero y hacer del biogás una prometedora alternativa para la sustitución de combustibles fósiles y para la valorización energética de residuos orgánicos en zonas urbanas, rurales y agroindustriales.

De la misma manera (Guillén & Rivas, 2011), proponen en su investigación “Producción de metano a partir de desechos orgánicos generados en el Tecnológico de Costa Rica”, la generación de biogás como una alternativa energética de bajo costo y recomiendan estudiar la productividad metanogénica de otras combinaciones de desechos orgánicos afín de aumentar la productividad energética del biogás.

(Cadavid & Bolaños, 2015), en su investigación, “Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana”, destacan el potencial bioquímico de metano de residuos de frutas y verduras y de los residuos de poda de una ciudad colombiana intermedia (Palmira, Colombia), para producir biogás, energía renovable.

4.1. Marco teórico

4.1.1. Conceptos básicos.

Biodigestor. Es un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño, material; en el cual se almacena basura orgánica mezclada con agua que al descomponerse en ausencia de aire generan biogás. Definido por el diseño de la planta en función de las variables del proceso, ambientales y de utilización del sistema. (Corona Zuñiga, 2007).

Biodigestión anaeróbica. La biodigestión anaeróbica, es decir en ausencia de oxígeno, de las bacterias encontradas en los insumos aplicados al biodigestor que pueden ser: el estiércol material vegetativo entre otros. La digestión anaeróbica que incluye el tratamiento de desperdicios y producción de metano se lleva a cabo en un recipiente con temperatura controlada y gas a presión, cargado periódicamente con estiércol fresco retirando una cantidad similar de estiércol ya procesado. (JJ Consultores)

Biogás. Es una mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias. La composición de biogás depende del tipo de desecho utilizado y las condiciones en que se procesa. Los principales componentes del biogás son el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂). Aunque la composición del biogás varía de acuerdo a la biomasa utilizada, su composición aproximada se presenta a continuación: Metano, CH₄ 54 - 70% volumen, Bióxido de carbono, CO₂ 27 – 45%, Hidrógeno, H₂ 1 - 10%, Nitrógeno, N₂ 0.5 – 3%, Ácido Sulfhídrico, H₂S 0.1%. (Paredes Rosario, R. & Baca López, M., 2005).

Residuos sólidos. Los residuos sólidos, en función de la actividad en que son producidos, se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos. A excepción de los mineros, por sus características de localización, cantidades, composición, etc., los demás poseen numerosos aspectos comunes desde el punto de vista de la recuperación y reciclaje. (Jaramillo Henao & Zapata, 2008).

Residuos orgánicos. Los residuos orgánicos, son los residuos de comida y restos del jardín. Son todos aquellos residuos que se descomponen gracias a la acción de los desintegradores. (Jaramillo Henao G. & Zapata Márquez, L.,2008).

Sostenibilidad ambiental. Es el equilibrio que se genera a través de la relación armónica entre la sociedad y la naturaleza que lo rodea y de la cual es parte. Esta implica lograr resultados de desarrollo sin amenazar las fuentes de nuestros recursos naturales y sin comprometer los de las futuras generaciones. (Ecoticias, 2017).

4.2. Marco conceptual

Analizando diferentes épocas del desarrollo de la humanidad, el hombre siempre ha buscado transformar su medio para mejorar sus condiciones de hábitat y supervivencia. Los residuos sólidos son desechos, desperdicios o sobrantes de las actividades que el hombre realiza, además de los generados por todos los seres vivos; prácticamente en el pasado los residuos no presentaban mayores problemas ya que las poblaciones eran pequeñas y nómadas y por lo general se contaba con grandes áreas de terreno para su disposición, principalmente residuos orgánicos que fácilmente eran asimilados por el suelo. Los residuos sólidos se convierten en un problema a medida que el hombre se hizo sedentario y se comienza a concentrarse en áreas rurales (centros poblados) y en pueblos que hoy son las ciudades.

Por otra parte el crecimiento poblacional e industrial generalmente se ha propiciado por patrones del orden político, económico y social, que han contribuido significativamente en el aumento y producción de residuos sólidos a través de los años, la falta de conciencia sobre esta problemática ha anulado la posibilidad de que se consolide una verdadera cultura de conservación del medio y manejo adecuado de estos residuos, es así que la forma más fácil que encontró el hombre es alejándolos de su vista, consecuentemente con esto se evidencia que el primer problema ha sido su eliminación, pues su presencia y proximidad a ellos resulta molesta, conllevando al arrojado fuera de los centros poblados, a los ríos u ocultándolos mediante enterramiento.

Igualmente, el auge global de la industrialización prácticamente ha contribuido con el aumento vertiginoso de los residuos sólidos en todos los niveles, residencial, institucional, comercial, industrial y por supuesto este fenómeno, también permea en el área rural. Sin duda alguna el hombre procura transformar su medio día a día buscando siempre alternativas que le permitan tener una mejor calidad de vida, pero esto ha conducido al aumento de la problemática ambiental en cuanto a su manejo. Esta realidad medio ambiental en la que vivimos, solamente podrá ser transformada en la medida en que la sociedad como tal, se concientice respecto de su papel determinante en la conservación del medio ambiente.

4.2.1. Los residuos sólidos orgánicos en el área rural. Generalmente las actividades productivas del área rural del municipio de Belén de los Andaquíes, Departamento de Caquetá, se centran en la actividad ganadera, porcícola y avícola, dichas actividades son las que mayormente generan residuos (estiércoles) que contaminan los suelos y el agua por su manejo inadecuado. En cuanto a su aprovechamiento es muy poco lo que se conoce sobre tecnologías de aprovechamiento, de manera incipiente se realiza la técnica del compostaje, conllevando a que la

problemática ambiental por contaminación cada día sea más difícil de manejar. Con la finalidad de aprovechar estos residuos en la producción de biogás, es importante conocer su composición. En la tabla siguiente se ilustra la composición de cada uno de estos estiércoles.

Tabla 1. Componentes de los estiércoles en porcentaje

Nutrientes	Vacunos	Porcinos	Aves
Materia orgánica	48,9	45,3	54,1
Nitrógeno total	1,27	1,36	2,38
Fósforo asimilable(P₂O₅)	0,81	1,98	3,86
Potasio (K₂O)	0,84	0,66	1,39
Calcio (CaO,)	2,03	2,72	3,63
Magnesio (MgO,)	0,51	0,65	0,77

Fuente: Aso y Bustos, 1991

De acuerdo con los registros de los componentes anotados en la tabla podemos observar que cada residuo (estiércol), produce cantidad diferente de biogás debido a su particular composición. Igualmente es importante mencionar que existe disparidad de información en las fuentes consultadas, sobre la cantidad de estiércol producido por animal, así como en la capacidad de este de producir biogás, daremos aquí los datos de una de las fuentes consultadas, a modo orientativo.

El ganado vacuno, por cabeza produce en promedio 26.24 kg de estiércol húmedo del que se puede extraer 1.04 m³ de biogás al día. Por su parte el ganado porcino produce 4.21 kg de estiércol fresco por día por cabeza, por lo que cada cerdo es capaz de producir 0,33 m³ de biogás

útil al día y el ganado avícola produce un escaso 0.08 kg de excrementos diariamente, lo que supone una producción de 0.0032 m³ de biogás al día. (Cano, 2014).

Pese a lo reducido, en apariencia, de la cantidad de biogás producido por ave, conviene considerar que las explotaciones avícolas cuentan con un número de animales muy superior a las explotaciones de otros animales más grandes, lo que compensa la diferencia.

4.2.2. Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.

4.2.2.1. Producción de humus. La producción de humus simplemente corresponde a la ingestión de la materia orgánica que generalmente contiene buena parte de estiércol preferiblemente de ganado vacuno, la deyección de las lombrices (lombriz roja californiana) convierten la materia orgánica en un abono de excelente calidad denominado humus que por sus características se utiliza en la restauración de pequeñas áreas de terreno, principalmente en las actividades agrícolas que se desarrollan en huertos caseros.

Estas deyecciones son un verdadero milagro para la tierra. Millones de colonias de microorganismos beneficiosos por gramo hacen del humus de lombriz un material extraordinario para afianzar y devolver la vida a los suelos.

4.2.2.2. Producción de compost. La producción de compost se realiza mediante un proceso biológico aeróbico donde los residuos orgánicos (estiércol, hojas, verduras, alimentos, frutas, etc.), por acción controlada de los microorganismos descomponedores da como resultado un producto totalmente orgánico, estable e higienizado aprovechable por el suelo y por las plantas. El compostaje de residuos sólidos orgánicos se da en cuatro pasos a saber:

Paso 1. Corresponde a la selección de los residuos (estiércol, hojas, verduras, alimentos, frutas, etc.), de la finca. Estos residuos se deben picar muy bien para facilitar la actividad microbiana durante el proceso de descomposición.

Paso 2. Comienza la biodegradación de los residuos, se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos quienes inician el proceso de descomposición, es importante la aireación y el control de la temperatura ya que es un factor condicionante para el crecimiento de microorganismos fundamentales para la degradación de la materia orgánica, se produce lixiviación de los residuos y este paso concluye cuando los residuos se estabilizan, y se genera una reducción del volumen y una pérdida aparente de peso.

Paso 3. La materia orgánica comienza a descomponerse y/o a madurarse, es el periodo de mayor duración, la descomposición orgánica genera mayor producción de nutrientes dando paso a la humificación, el material se encuentra bien degradado, la materia orgánica original ya no se identifica, al final de este proceso se obtiene un material caracterizado por un nivel aceptable de humedad, un alto nivel de estabilidad, con un bajo o nulo grado de fitotoxicidad. La producción de lixiviados es menor con una pérdida aparente de peso.

Paso 4. Es el paso final corresponde al acondicionamiento del compost, la temperatura disminuye hasta llegar a la del ambiente, generada por la reducción de la población microbiana y su actividad metabólica, la cual se ve afectada por no encontrar suficiente sustrato alimenticio. Durante el acondicionamiento final se realiza un cribado final del material, para separar las últimas impurezas presentes y lograr un producto más homogéneo.

4.2.2.3 Producción de biogás. El biogás, es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica, de residuos de plantas, personas o animales. Dentro de la gran gama de residuos orgánicos, los estiércoles de animales, son una fuente importante de

generación de energía renovable, el proceso tecnológico es bastante sencillo, y consiste en la fermentación de estos mediante la preparación de un sustrato donde el metabolismo de los microorganismos (bacterias metanógenas) que viven en medios estrictamente anaerobios producen metano (CH₄), denominado biogás como fuente alternativa de energía renovable para uso doméstico y otros fines.

4.2.3. Ventajas y desventajas de los residuos sólidos orgánicos.

4.2.3.1. Ventajas.

- Facilidad en su aprovechamiento (compost, biogás, etc.), a diversas escalas.
- Contribuyen a la recuperan orgánica del suelo y permiten la fijación de carbono en el suelo, así como la capacidad de absorción y retención de agua.
- Facilita su aprovechamiento y operación en situ, ahorrando costos de transporte.
- Su uso y manejo adecuado favorece la sostenibilidad del medio ambiente.

4.2.3.2. Desventajas.

- Pueden ser fuentes de patógenos si no están adecuadamente tratados.
- También pueden provocar eutrofización. Por ejemplo, granjas con gran concentración de animales genera cantidad excesiva de nutrientes.
- Generan costos económicos, cuando se adquieren en otras partes.
- Su manejo inadecuado genera contaminación ambiental, vectores (plagas cucarachas, moscas, etc.) y afecta la salud pública de la población.

4.2.4. El biodigestor. Un digestor biológico o biodigestor, en su forma más simple es, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el sustrato conformado por un 25% de materia orgánica como; variedad de estiércoles de rumiantes,

desechos vegetales, restos de alimentos, etc., diluidos en un 75% de agua, esta mezcla mediante la fermentación anaerobia por acción de microorganismos, es degradada obteniendo como producto gas metano (biogás) y un subproducto líquido (biol), el cual puede ser utilizado como fertilizante ya que es rico en nitrógeno, fósforo y potasio. Este tipo de tecnología tiene un gran potencial para el cuidado del ambiente ya que disminuye la cantidad de desechos vertidos a los ecosistemas (suelo y agua), además se produce una fuente de energía renovable limpia. En la siguiente imagen se ilustra el proceso de producción de biogás.



Figura 3. Proceso de Producción de biogás. Basado en <http://www.rotoplast.com.co/biodigestor/> (s.f.)

Los biodigestores los hay de diferente tipo:

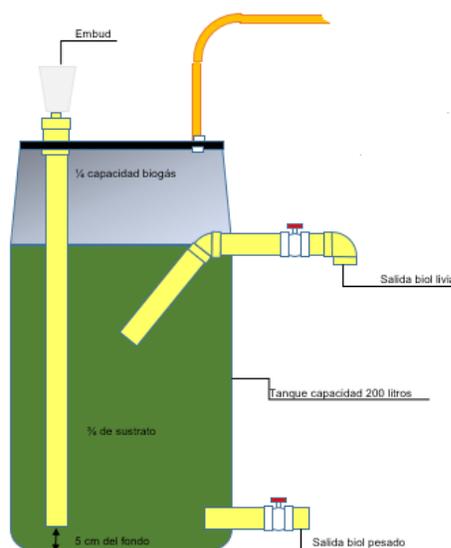


Figura 4. Biodigestor tipo continuo.
Basado en varios modelos de la web.

4.2.4.1. Biodigestores de flujo continuo. Este tipo de biodigestor es perfecto para fincas pequeñas, medianas y grandes, donde los animales son los principales actores en el suministro de la materia prima (estiércol). El diseño continuo es el más común y apropiado para instalaciones pequeñas (biodigestor casero) ya que no requiere de conocimiento especializado ni maquinaria grande.

El biodigestor continuo tiene tres orificios; uno con un promedio de 4 pulgadas de diámetro, que permite la alimentación continua del biodigestor, una vez que se haya llenado con la carga inicial (sustrato), un segundo orificio con un promedio de 2 pulgadas de diámetro que permite la evacuación parcial del biol (fertilizante), a medida que se alimenta el biodigestor y un tercer orificio ubicado en la parte inferior del tanque, con 2 pulgadas de diámetro en promedio, que permite la evacuación de biol pesado. El diseño de este biodigestor es favorable ya que permite obtener cantidades de biogás de manera regular es decir se puede obtener un promedio por día o semana y así mismo determinar la cantidad diaria de sustrato que se necesita para alimentar el biodigestor, por otra parte, permite su llenado con materiales blandos como el estiércol de animales rumiantes.

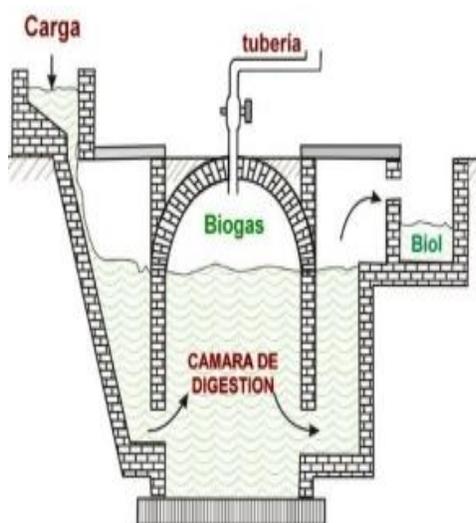


Figura 5. Biodigestores discontinuos. Basado en <https://energiasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/> (s.f.)

4.2.4.2. Biodigestores de flujo discontinuo. Este tipo de biodigestor a diferencia de los de tipo continuo, la carga del sustrato a fermentar en su totalidad se realiza al comienzo del proceso y la descarga del efluente se hace al finalizar el proceso.

Por lo general requieren de mayor mano de obra y de un espacio para almacenar la materia prima si esta se produce continuamente y de un depósito de gas (debido a la gran variación en la cantidad de gas producido durante el proceso).

4.3. Marco Contextual

Del análisis integral sobre la problemática ambiental en el manejo inadecuado de los residuos sólidos orgánicos en el área rural, surge la necesidad de precisar una estrategia tecnológica que contribuya a mitigar los impactos ambientales en el área rural del municipio de Belén de los Andaquíes, para lo cual la finca “El Mirador”, ubicada en la Vereda San Isidro, cuenta con los requerimientos necesarios para la implementación de un biodigestor que permita generar biogás a partir de los residuos orgánicos que se generan en las actividades de la ganadería, la porcicultura y la avicultura, más los residuos de las actividades domésticas.

Metodológicamente se propone conformar un sistema de tratamiento y estabilización de los residuos orgánicos producidos en la finca, basado en una actividad microbiológica, llevada a cabo en condiciones controladas (aeróbicas y termófilas). Este proceso se realiza en un contenedor llamado biodigestor, cuyo objetivo es llevar a cabo la maduración o fermentación del sustrato conformado por residuos orgánicos más agua de manera natural, bajo la acción de las

bacterias convierten la materia orgánica en biogás utilizable en actividades de uso doméstico como cocción de alimentos, calefacción, iluminación, etc., en resumen, es un proceso de descomposición de la materia orgánica por fermentación en ausencia de aire, por otra parte se obtiene fertilizante o biol utilizado en la fertilización de plantaciones y cultivos.

Paralelo a este proceso, se involucra la comunidad, con el fin de apropiarla del conocimiento e importancia que tiene el proyecto, buscando en el corto y mediano plazo generar conciencia ambiental frente a la contaminación que generan los residuos sólidos de tipo orgánico y de la oportunidad que se tiene de ellos si se saben aprovechar bien. A futuro se espera que a partir de este proyecto piloto se sumen más finqueros a implementarlo, garantizando así y de forma gradual (corto, mediano y largo plazo) la disminución de la contaminación ambiental en el área rural a causa del mal manejo de los residuos sólidos de tipo orgánico.

No obstante, amparados en este planteamiento y basados en nuestra hipótesis de aprovechar los residuos sólidos de tipo orgánico como una alternativa de generación de energía renovable (biogás), y basados en datos estadísticos que generalmente expresan que del 100% de la composición de los residuos sólidos que produce la población, cerca del 70% corresponden a los de tipo orgánico, planteamos una salida integral que contribuya a su manejo adecuado, por consiguiente, la objetividad de este proyecto en torno a la mitigación de la problemática ambiental del área rural que causa el mal manejo de los residuos sólidos, principalmente los de tipo orgánico se constituyen en un instrumento fundamental para su recuperación y sostenibilidad ambiental.

4.4. Marco Normativo

El marco normativo que ampara el desarrollo de la propuesta para utilizar los residuos sólidos de tipo orgánicos, como recurso en la generación de biogás es el siguiente:

Ley 99 de 1993. Del Medio Ambiente. Establece las políticas que reordenan el sector ambiental en el territorio nacional, y las normas necesarias para su control y regulación de las actividades que puedan afectarlo.

Decreto Ley 2811 de 1974. Código Nacional de recursos Naturales. Propende por el derecho que tiene la comunidad a disfrutar de paisajes urbanos y rurales que contribuyan a su bienestar físico y espiritual, con el fin de garantizar este derecho es necesario establecer las regulaciones y tomar medidas para impedir la alteración o deformación de elementos constitutivos del paisaje.

Constitución Política de Colombia 1991. Capítulo III correspondiente a los “Derechos colectivos y del Ambiente” se reglamenta el derecho al ambiente sano y participación comunitaria; base para la implementación de un programa de minimización de residuos.

Política de Gestión de Residuos sólidos 1998. Establece las normas y artículos sobre la gestión integral de residuos sólidos.

Resolución 1096 de 2000. RAS 2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Decreto 1713 de 2002. Define la terminología correspondiente al manejo de residuos sólidos. Establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Ordinarios.

5. Metodología

La metodología empleada en el desarrollo e implementación del proyecto, comprende realizar las siguientes etapas:

1. Socialización y concertación del proyecto.
2. Diagnóstico finca El Mirador.
3. Construcción e implementación de un biodigestor
4. Operación de un biodigestor.
5. Promover el conocimiento y uso de los RSO en la producción de biogás.
6. Cartilla didáctica, aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

A continuación, describimos el paso a paso de cada una de las etapas.

5.1 Socialización y Concertación del Proyecto



*Figura 6. Socialización del proyecto.
“Elaboración propia”.*

Todo proyecto, obra o actividad debe considerar la fase de socialización. A partir del reconocimiento inicial del área rural (vereda San Isidro) en torno al manejo, uso y disposición de los residuos sólidos orgánicos que la comunidad hace, determinamos que la finca El Mirador, es el área piloto donde implementaremos el proyecto “Biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos sólidos orgánicos”, por contar esta con actividades productivas (ganadería, porcicultura y avicultura) con regularidad de funcionamiento. Por consiguiente el taller de socialización del proyecto se realizó en la finca “El Mirador” y a través de una presentación en power point, explicamos a la comunidad las condiciones y requerimientos que se necesitan para el normal desarrollo del proyecto, tales como:

- Los elementos necesarios para la construcción del biodigestor.

- Las condiciones climáticas de la región y el sector donde se ubica la finca El Mirador.
- La producción de residuos orgánicos a partir de las actividades productivas: Ganadería, Porcicultura, avicultura.
- La producción de residuos sólidos orgánicos a partir de las actividades domésticas (residuos de cocina, restos de alimentos, etc.).
- Uso y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.
- Lugar para el montaje, acondicionamiento y monitoreo del biodigestor

5.1.1. Identificación y concertación con la población objetivo. Los representantes de las diferentes veredas asistentes del taller, de común acuerdo decidieron apoyar el proyecto, para lo cual establecen estar en comunicación con el señor Santiago Troche Mají residente de la finca el Mirador y el señor Manuel Gil Líder comunitario de la vereda San Isidro,

así mismo durante este proceso se cuenta también con el apoyo de la población flotante que corresponde a 10 trabajadores en promedio que se dedican a las actividades productivas de la finca.

5.2. Diagnóstico finca el mirador

5.2.1. Localización geográfica. La finca El Mirador se localiza en la vereda San Isidro al nororiente del territorio municipal de Belén de los Andaquíes, en límites con el municipio de Morelia, hace parte del piedemonte de la cordillera oriental, a ella se llega recorriendo 9 km por la vía nacional marginal de la selva desde la ciudad de Florencia y luego por un carretable de tercer nivel en aproximadamente 6 km el área de la finca aproximadamente es de 250 has.

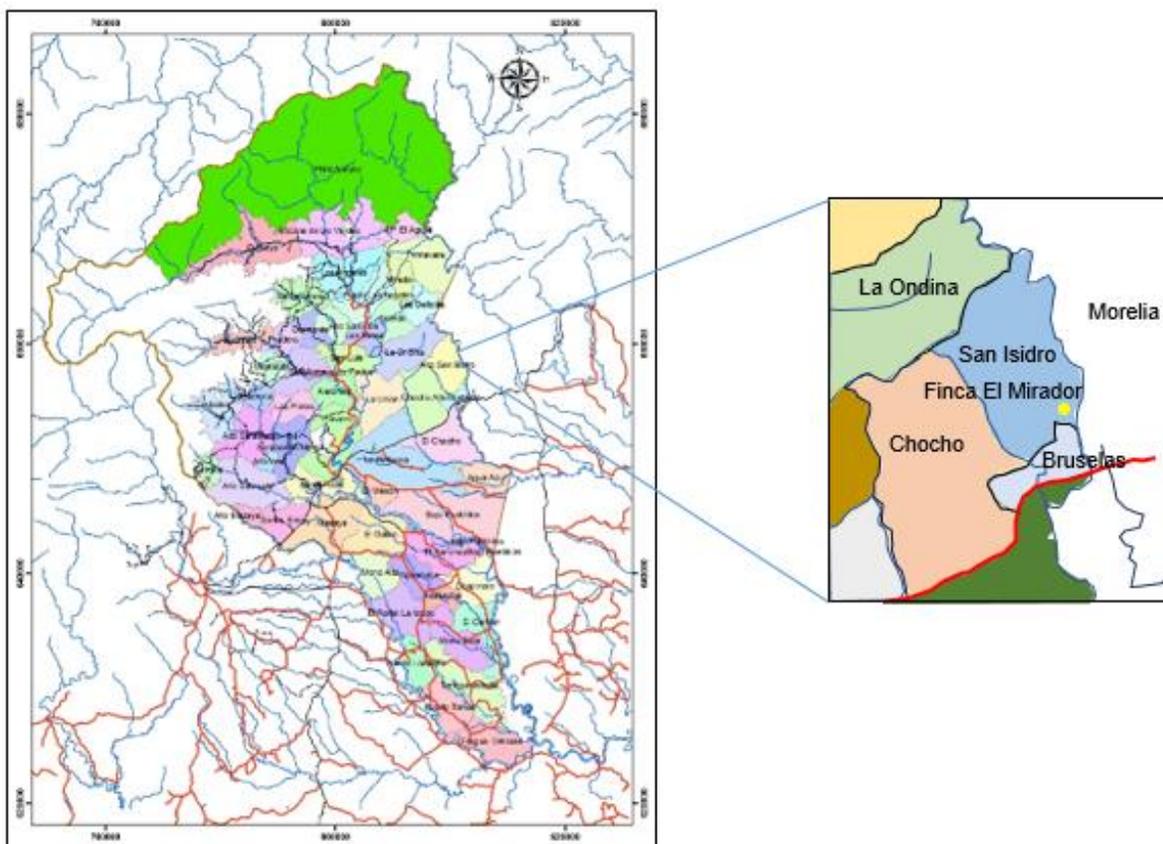


Figura 7. Localización geográfica Finca El Mirador. Adaptado de EOT Belén de los Andaquíes

5.2.2. Componente abiótico. Los recursos abióticos presentes en la Finca El Mirador corresponden a factores físicos y químicos de la región amazónica, entre ellos destacamos el clima, la hidrología y el suelo, los cuales en su conjunto definen las características de la región y en particular las de la finca el Mirador de la vereda San Isidro.

5.2.2.1. Clima. El referente geográfico que nos permite establecer el clima de la vereda San Isidro, el de la finca El Mirador y su entorno, está dado por el análisis climatológico de la microcuenca La Resaca, realizado con las series históricas de la Estación Pluviométrica de La Mono ubicada en el municipio de Belén de los Andaquíes. Dicho análisis integra los parámetros medios obtenidos de los registros climatológicos durante 12 años de esta estación.

Tabla 2. Parámetros climáticos medios.

PARAMETROS.	VALORES PROMEDIOS.
Precipitación	280.4 mm/mes
Temperatura	24,8 °C/mes
Humedad relativa	87.1%/mes
Evaporación	88,4 mm/mes
Brillo solar	121,0 horas/mes
Velocidad del viento	0,9m/seg./mes

Fuente. POMCA La Resaca Municipio de Belén

De este análisis se infiere que el régimen de lluvias para esta área (vereda San Isidro) del municipio de Belén de los Andaquíes presenta dos períodos de mayores precipitaciones (de marzo a julio y de septiembre a noviembre) intercalados por períodos de menores precipitaciones (de diciembre a febrero y de agosto a septiembre) en el transcurso del año. No obstante, las precipitaciones adquieren sus máximos valores entre los meses de abril y julio, alcanzando su pico en el mes de abril con 419,9 mm, El mes más seco es enero con 135,2 mm, La precipitación promedio de 280,4 mm mensuales. En cuanto a la temperatura, se determina que es constante y por tanto no se producen variaciones importantes el valor promedio es de 24,8°C. Los promedios más bajos se presentan en los meses de mayores lluvias (julio es el mes menos caliente) y los más altos en los meses de menores lluvias (enero es el mes más cálido). Por otra parte, el análisis del balance hídrico realizado para la microcuenca La Resaca, permite establecer que la vecindad de la región donde se ubica la Finca El Mirador goza de un gran potencial de agua durante casi todo el año, ya que existe un importante almacenamiento y exceso de agua que supera la capacidad de

campo del suelo, aportando humedad para contrarrestar la pequeña deficiencia presentada durante el mes de enero considerado el más seco, (POMCA La Resaca, 2010).

5.2.2.2. Hidrología. La red hidrográfica de la parte nororiental del municipio de Belén de los Andaquíes, de la cual hace parte la vereda San Isidro y por ende la finca El Mirador, se caracteriza por tener un patrón dendrítico. En este sector se encuentran innumerables nacimientos de agua que conforman la Quebrada Agua Caliente y la Quebrada El Once, se destaca la importancia de la Quebrada agua Caliente ya que se constituye en límite entre el municipio de Morelia y Belén de los Andaquíes. En lo que respecta a la finca El Mirador, existen dos drenajes menores, que no se conocen con un nombre en particular los cuales desembocan en la quebrada Agua Caliente, dichos drenajes, según los moradores de la vereda San Isidro el caudal se mantiene ya que en época de verano (meses de diciembre a enero) su disminución es mínima, hecho que se puede constatar, si se tiene en cuenta los registros meteorológicos y estudios realizados por el IDEAM, donde se indica que el régimen de lluvias en la región alcanza promedios entre 3000 a 4000 mm año.

Por otra parte, es importante mencionar que el sistema hidrográfico de este sector del municipio de Belén de los Andaquíes, está dado por la escorrentía superficial de las quebradas Agua Caliente y El Once que tributan sus aguas a la microcuenca del río Bodoquero, este a su vez a la sub cuenca del río Orteguzza, y este a la cuenca del río Caquetá y finalmente el río Caquetá a la gran cuenca del río Amazonas.

5.2.2.3. Suelos. El Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Belén de los Andaquíes toma como marco de referencia principal el estudio realizado en el Proyecto INPA1 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

En este contexto la vereda San Isidro y la finca El Mirador ubicadas en el sector nororiental del municipio, hacen parte de la unidad fisiográfica denominada MUCd, cuyas características están determinada por los siguientes aspectos:

Paisaje de montaña. En el sector nororiental del municipio es el de mayor extensión. Este gran paisaje está conformado por relieves ondulados fuertemente empinados y vallecitos encajonados, con pendientes mayores del 50.

Paisaje de piedemonte o incrustaciones de piedemonte. Son áreas de suelos relativamente pequeñas que se encuentran dentro del paisaje de montaña, el relieve es ondulado menos empinado con pendientes que fluctúan entre el 12% y 25%.

El uso más indicado para los suelos de esta unidad es el de protección y se debe mantener la vegetación natural, son suelos de color pardo y pardo oscuro, muy ácidos, altos en aluminio intercambiable, baja fertilidad, bien a excesivamente drenados; moderadamente profundos a muy superficiales. Texturas moderadamente finas.

5.2.3. Componente biótico.

5.2.3.1. Flora. Para el territorio del departamento de Caquetá generalmente se ha reportado diversas formaciones vegetales como los bosques pluviales de llanura, integrados principalmente por especies de Hylaea Occidental, Hylaea Noroccidental, Bosques montanos.



Figura 8. Bosque subandino Sector nororiental municipio de Belén de los Andaquíes. “Elaboración propia”.

Al norte de la región se presentan Bosques de Alisios y praderas arbustivas y Graminoides (PAT-CORPOAMAZONIA, 2007), y en las planicies bajas se encuentran bosques húmedos - Tropicales de tipo Hylaea (Sinchi 2007). Considerando estos estudios se puede decir que en el departamento de Caquetá en general y dependiendo de sus diferentes

tipos de elevaciones presentan variadas

formaciones boscosas características de los

Bosques Montanos representados por: Páramos, Bosques andinos, Bosques subandinos y Bosque húmedo tropical.

Para la particularidad de la parte noroccidental del territorio del municipio de Belén de los Andaquíes donde se ubica la vereda San Isidro y la finca El Mirador hay un predominio de coberturas vegetales relacionadas con:

Bosque subandino: El cual se ubica entre los 2.400 y 1.000 m.s.n.m, fuertemente relacionados con la Hylaea, presentan menor número de especies de raíces tabulares, palmas, epifitas y lianas, pero una mayor frecuencia de árboles con hojas pequeñas y helechos arbóreos.



Figura 9. Bosque húmedo tropical Sector Nororiental Municipio de Belén de los Andaquíes. “Elaboración propia”.

Bosque húmedo tropical: los cuales se ubican entre los 1000 y 0 m.s.n.m, tiene una composición florística muy heterogénea, caracterizada por la presencia de numerosas especies megáfilas y macrófilas. Entre las comunidades vegetales más importantes se destacan las asociaciones de Bambusa sp, Heliconia sp y Calathela sp; las de

Erythrina poeppingiana; la de Ceiba pentandra con Spondias Bombin; la de Ficus glabratta y la asociación de Luchea seemaniik con Copaifera officinalis y Scheelea sp, aparte de las comunidades características de los bosques de galería, con Erythrina fusca e Inga sp.



Guara

Armadillo o Gurre



Boruga

Boruga



Guio

Figura 10. Avistamiento fauna silvestre sector nororiental municipio de Belén de los Andaquíes. “Elaboración propia”.

5.2.3.2. Fauna. Históricamente el departamento de Caquetá ha estado expuesto a una gran influencia antrópica (colonización), que ha modificado drásticamente su paisaje natural, sus ecosistemas y por lo tanto la fauna que en el habita. Sin embargo, aún conserva influencia en la distribución de algunas de las especies características de la Región Amazónica, pero que se encuentran restringidas a áreas principalmente altas de difícil acceso.

Un ejemplo de esta diversidad se puede observar en el reporte hecho por Acosta (2000) del

grupo de anfibios (anura y gymnophiona) para el Departamento de Caquetá, el cual asciende a 82 especies agrupadas en 8 familias. Otras especies pertenecientes al grupo de insectos (Coleoptera) reportadas son: *Passalus coniferus*, *Passalus interruptus*, *Passalus punctiger*, *Veturius platyrhinus* y *Publius crassus*, especies muy importantes a nivel biológico.

Fauna área de influencia Sector nororiental municipio de Belén de los Andaquíes. En el sector nororiental del municipio de Belén de los Andaquíes las poblaciones de fauna han sido fuertemente diezmadas, lo cual fue observado en campo y confirmado por repetidas afirmaciones de los habitantes de la vereda San Isidro y sus alrededores, quienes precisan que muy poco se ven animales, en especial los de gran porte, como en épocas pasadas, sin embargo, reportan avistamientos de animales en las partes más altas, donde el bosque a pesar de su intervención se mantiene. Entre los animales (vertebrados) que la comunidad ha visto tenemos: Guara (*Dasyprocta fuliginosa*), Armadillo o Gurre (*Cabassous* sp.), Boruga (*Agouti paca*), Mono Churuco (*Lagothrix lagothricha*); Aves como Loros (*Ara* sp), igualmente reportan especies de reptiles limitadas solo a ofidios como el Guio (*Boa constrictor*). La mayoría de estos animales son casados para obtener carne como alimento.

5.2.3.3. Uso actual del suelo y cobertura vegetal. La vereda San Isidro y la finca el Mirador, presenta la siguiente cobertura vegetal:

Bosques secundarios. Conformados por vegetación leñosa de tipo sucesional de fustes delgados D.A.P entre 5 a 10 cm generalmente corresponde a parches de grandes áreas que se intervinieron para la implantación de pastos u otro tipo de actividades humanas, el uso actual de estas áreas es de protección.

Bosques de galería o ripario. También se conoce como franjas protectoras del cauce hídrico, en este caso se encuentran a lado y lado de la red hídrica superficial que discurre por el sector

nororiental del municipio, específicamente en la finca el Mirador se encuentran en que las orillas de los dos afluentes que desembocan en la quebrada Agua Caliente, es importante destacar que este tipo de bosques sobreviven fundamentalmente por la humedad del suelo que le proporciona los drenajes, su uso principal es de protección.

Relictos de Bosque. Corresponde a áreas pequeñas de cobertura vegetal arbórea que en otro momento fueron abundantes, También se pueden catalogar como pequeñas muestras de la vegetación existente en tiempos pasados, actualmente su uso es de protección.

Rastrojos. Corresponden a áreas desmontadas donde la vegetación se ha generado mayoritariamente herbácea, con presencia de matorrales y matorrales arborescentes con densidades abierta, semidensa y densa.

Pastos. Corresponde a las áreas de pastizales naturales y los mejorados utilizados principalmente en la actividad de la ganadería.

Cultivos. Corresponde a áreas muy pequeñas dedicadas principalmente a cultivos de pan coger como yuca y plátano, su uso principalmente es el consumo humano. Dentro de esta categoría también se considera el cultivo del cacao que hace parte de sistemas agroforestales.

5.2.3.4. Conflictos de uso del suelo. La identificación de los conflictos de uso del suelo en la finca el Mirador y su entorno (vereda San Isidro) es el resultado de determinar la aptitud de uso del suelo con el uso actual y cobertura vegetal, en este caso la finca El Mirador y su entorno presenta los siguientes conflictos:



Figura 11. Áreas deforestadas Vereda San Isidro Municipio de Belén de Los Andaquíes. “Elaboración propia”.

Conflicto por deforestación. Se presenta por la deforestación (limpia y tumbe de monte) en los nacimientos de agua que se encuentran en la vereda San Isidro y que discurren por la finca El Mirador y se les da un uso inadecuado, principalmente la introducción de pastos para la práctica de la ganadería extensiva.



Figura 12. Áreas de actividad ganadera finca El Mirador. “Elaboración propia”.

Conflicto por uso agropecuario. Teniendo en cuenta que la vocación de uso de los suelos de la región amazónica es eminentemente forestal, en este contexto la implementación de actividades agropecuarias, principalmente la ganadería, generan conflictos de uso, más acentuados en las áreas de influencia de nacimientos de agua, franjas de protección ambiental de afluentes o quebradas y en

las áreas cercanas a los relictos de bosque que aún se encuentran en la vereda. En términos generales, puede inferirse que en la vereda San Isidro y la finca el Mirador el modelo económico asociado a la ganadería cuenta con un alto porcentaje de ocupación del territorio que amerita implementar buenas prácticas de manejo sostenible con miras a reducir este conflicto.

5.2.3.5. Sistema de actividades productivas.



Figura 13. Establo finca El Mirador.
“Elaboración propia”.

5.2.3.5.1. **Ganadería.** Dentro de las actividades productivas de la finca el Mirador la ganadería es la principal actividad económica generadora de ingresos. Prácticamente de las 250 has que conforma la finca, aproximadamente 100 has están dedicadas a esta actividad, distribuidas en la parte media y alta de la finca.

De acuerdo con la información suministrada por el señor Santiago Troche Maji la población bovina de la finca está estimada en 50 cabezas con predominio de la raza criolla con cruces principalmente de la raza cebú. La explotación de esta actividad se hace de manera artesanal es decir con rotación de potreros. La ganadería de la finca El Mirador está orientada básicamente a la producción de leche, utilizada en la elaboración de queso.



Figura 14. Marranera finca El Mirador.
“Elaboración propia”.

5.2.3.5.2. **Porcicultura.** En la finca El Mirador esta actividad se realiza a menor escala, se cuenta con una marranera construida en forma artesanal en la cual se crían de manera periódica 15 cerdos que se comercializan cada mes es decir a la marranera se va incorporando cerdos de diferentes edades para cuando estén en época de

aprovecharlos siempre se mantenga un grupo de 15 cerdos, generalmente se comercializan en la vereda San Isidro, otra parte llega al mercado local del municipio de Belén de los Andaquíes y parte se dedica para el consumo de la población residente de la finca.



*Figura 15. Galpón finca El Mirador.
“Elaboración propia”.*

5.2.3.5.3. Avicultura. Al igual que la actividad de la porcicultura esta actividad es pequeña, cuenta con un galpón construido en forma artesanal a partir de recursos de la finca principalmente la guadua o bambusa, según el señor Santiago Troche Maji se estima que la producción de aves en el galpón es de 50 aves por mes, al igual que en la cría de los cerdos,

estas se van incorporando al galpón en la medida que se requiera y de acuerdo con la demanda, se comercializan en la vereda, el mercado local del municipio y parte se utiliza para el consumo de la población residente de la finca.

5.2.3.5.4. Piscicultura. La piscicultura en la finca el mirador se realiza para autoconsumo, sin embargo, en ocasiones se produce para comercializar en la vereda. Principalmente se cultiva cachama, la finca cuenta con un lago de aproximadamente 600 m² de espejo de agua.

5.2.3.5.5. Agricultura. Tradicionalmente, la agricultura de subsistencia en la zona de la Amazonía se desarrolla a partir de la ampliación de la frontera agropecuaria. Se tala y quema el bosque, se siembra pequeñas parcelas de cultivos de pan coger y posteriormente se establecen pastos para ganadería. En este orden de ideas, la agricultura se constituye en un eslabón de preparación de suelos para el establecimiento de pastos.

En este sentido, la agricultura en la finca El Mirador es relativamente baja, con bajos niveles de productividad y rentabilidad. No obstante, está enfocada a satisfacer la demanda de comida de la población residente de la finca y se genera algunos excedentes comercializables (yuca y plátano) que se comercializan en el mercado local de Belén de los Andaquíes.

5.2.4. Sistema social.

5.2.4.1. Población. De acuerdo con las consultas que realizamos a las personas y líder comunitario de la vereda San Isidro, la población de la vereda se estima en aproximadamente 17 familias, con un promedio de 5 miembros por familia, dando como resultado que la vereda tiene una población estimada de 85 personas.

Igualmente, y de acuerdo con la información suministrada por los habitantes de la vereda, se estima que 34 personas son adultas con edades que fluctúan entre los 25 – 50 años, y que su ocupación está dedicada a labores domésticas y al trabajo mediante la modalidad de jornal diario en las actividades productivas (ganadería, avicultura, etc.) de la vereda y su entorno.

El resto de la población, es decir menores a 24 años, están dedicados apoyar las labores cotidianas que se realizan en la vereda, estudio en sus diferentes niveles: primaria, media, secundaria y formación técnica intermedia. Es importante aclarar que en este grupo se incluyen los niños menores a 3 años, quienes permanecen en casa.

La población residente de la finca El Mirador está conformada por una familia de 5 personas, 2 adultos (esposos) que se dedican tanto a labores domésticas como al trabajo diario mediante la modalidad de jornal. 3 personas (hijos), cuyas edades fluctúan entre los 12 – 20 años dedicados a estudiar tanto en primaria como en secundaria. Teniendo en cuenta la información suministrada por el señor Santiago Troche Maji residente de la finca El Mirador, la finca cuenta con un promedio de población flotante de aproximadamente 10 personas que se dedican al trabajo mediante jornal en las actividades productivas de la finca mencionadas en este diagnóstico.



Figura 16. Vivienda finca El Mirador. "Elaboración propia".

5.2.4.2. Vivienda. En la vereda San Isidro se estima un total de 15 viviendas, que albergan 17 familias, el 20% de las viviendas están construidas en material es decir en ladrillo y cemento, el 80% son construidas en forma mixta es decir su base inicial es en material (ladrillo – cemento) y sus paredes en tabla, que

generalmente se aprovechan de árboles que aún se encuentran en la región, generalmente los techos o cubiertas son en teja de zinc, algunas

tienen techo en teja de barro. Su distribución es básica, cocina, una o dos habitaciones, generalmente el baño está construido por fuera de las casas.

5.2.4.3. Infraestructura.

Vías. El acceso a la vereda San Isidro y la finca El Mirador se realiza en parte por un tramo de



Figura 17. Carreteable terciario de acceso a la finca El Mirador. "Elaboración propia".

aproximadamente de 12 km correspondiente a la vía nacional marginal de la selva desde que conduce desde la ciudad de Florencia al municipio de Belén de los Andaquíes, luego por un carreteable de tercer nivel en aproximadamente 6 km., hasta la finca El Mirador, es importante mencionar que este carreteable además

de comunicar la vereda San Isidro comunica las veredas vecinas del sector nororiental del municipio de Belén de los Andaquíes.

Acueducto. El suministro de agua para la vivienda de la finca El Mirador se hace a través de una captación artesanal de uno de los afluentes superficiales que discurren por la finca, esta



Figura 18. Captación de agua finca El Mirador. "Elaboración propia".

agua aparentemente es apta para consumo humano, ya que según la información suministrada por el señor Manuel Gil el sitio de captación está en el bosque y a su alrededor no hay actividades que ocasionen contaminación en este sitio.

Disponibilidad sanitaria. La finca El Mirador en materia de disponibilidad sanitaria cuenta con un pozo séptico que recoge las aguas servidas del baño (tasa sanitaria), las aguas servidas jabonosas de la ducha y el lavaplatos de la cocina,

como del aseo en general de la vivienda se disponen directamente al suelo en los potreros aledaños a la vivienda.

5.2.4.4. Salud. En materia de servicios de salud, la población de la vereda San Isidro y la finca El Mirador, acuden al hospital local San Roque de primer nivel, el cual cuenta con los servicios básicos de salud.

5.2.4.5. Educación. Según la información recolectada en la vereda San Isidro y la finca El Mirador, la población que actualmente está en formación primaria y secundaria, acuden al Centro Educativo ubicado en la vereda El Chocho, parte de esta población también acuden al área urbana del municipio de Belén de los Andaquíes a las instituciones educativas de Gabriela Mistral, José Acevedo y Gómez y la Institución Educativa Agrotécnico Mixto. En cuanto a formación superior (nivel intermedio) básicamente asisten al SENA y otros a la Universidad de la Amazonia.

5.2.5. Sistema ambiental. En la vereda San Isidro y la finca El mirador, el sistema ambiental está constituido por la estructura ecológica del territorio que en este caso corresponde aquellas áreas que no han sido intervenidas o que presentan baja intervención (relictos de bosques, bosques de galería franjas de protección de cauces y quebradas, etc.).

5.2.5.1. Conflictos ambientales. Es importante tener en cuenta que los conflictos ambientales se generan por la existencia de incompatibilidades o antagonismos significativos entre la oferta y la demanda ambiental, lo que produce degradación y disminución de la sostenibilidad de los ecosistemas en este contexto los conflictos ambientales, surgen cuando no se da un uso adecuado a los recursos naturales, lo cual genera un impacto negativo que produce su deterioro, atentando contra las condiciones naturales, disminuyendo su capacidad de acogida y afectando significativamente la calidad de vida de la población.

A demás de los conflictos por uso del suelo descritos anteriormente, en la vereda San Isidro y finca El Mirador se presentan otros conflictos asociados al manejo de sus residuos sólidos que se generan a partir del desarrollo de las actividades productivas. Ellos son:

Manejo inadecuado de los residuos sólidos orgánicos generados por la ganadería. El establo o corral donde se encierra el ganado para el faenamiento de ordeño o revisión que requieran los animales no tiene las condiciones técnicas para el manejo de los residuos que allí se genera. Los residuos de alimentos, el estiércol y la orina de los bovinos quedan acumulados y dispersos por toda el área del corral, generando olores ofensivos y convirtiéndose en un foco de contaminación para la proliferación de moscas y toda clase de insectos.

En general presenta un mal aspecto al entorno de la vivienda ya que este se encuentra cerca porque se requiere del cuidado del ganado el cual es responsabilidad de la familia que reside en la finca.



Figura 19. Acumulación de estiércol establo finca El Mirador. "Elaboración propia".

Para obtener un estimativo de la producción de residuos sólidos orgánicos (estiércol) en el establo de la finca, tomamos como dato base el reportado por (G. Barvera & C. Peña, 2006), que establece que un bovino adulto en promedio defeca de 10 a 15 veces por día, y la cantidad de eses eliminadas está en razón de 20 a 30 kg por día.

Considerando que la finca tiene 50 cabezas de ganado de tamaño mediano y grande, y estimando a grosso modo que cada bovino defeca aproximadamente 20 kg de eses al día, tendríamos un total de 1000 kg de eses diarias dispersos por toda el área del potrero que en el momento se está ocupando.

Ahora considerando la información suministrada por el señor Santiago Troche Maji, donde afirma que en la finca el ganado se encierra en el establo a partir de las 5:00 pm y se abre el establo a las 5:00 am., dejando solo las vacas de ordeño que salen más tarde. Con esta información podemos estimar aproximadamente la generación de residuos sólidos orgánicos en el establo de la siguiente manera:

Un bovino en 24 horas produce 20 kg de estiércol.

¿En 12 horas (tiempo que está en el corral) cuanto estiércol genera?

Realizado las operaciones de relación correspondientes tenemos que un bovino diariamente defeca en el establo 10 kg de estiércol diario, multiplicados por 50 bovinos, tenemos una producción diaria de 500 kg, en un mes 15.000 kg. Por esta razón la problemática ambiental en cuanto a su manejo es de analizar, buscar e implementar alternativas de solución como el compostaje, Lombricultura, la generación de biogás que permitan disminuir el impacto que

actualmente se está presentando, pues además de ser un foco de contaminación por olores ofensivos, proliferación de moscas, afecta los suelos y por escorrentía produce contaminación de la fuente de agua cercana a la vivienda de la finca.

Manejo inadecuado de residuos sólidos orgánicos generados por la porcicultura. En cuanto a la generación de residuos sólidos orgánicos en la marranera de la finca El Mirador, el señor Santiago Troche Maji, encargado de su mantenimiento afirma que diariamente recoge un balde de 15 kg de capacidad, el cual lo deposita en un lugar específico generando contaminación por olores ofensivos y proliferación de moscas que afectan la familia residente de la finca, por otra parte, en época de invierno la escorrentía del agua lluvia arrastra estos residuos contaminando la fuente hídrica que queda cerca de la vivienda de la finca.

Considerando que la producción diaria de residuos sólidos orgánicos en la marranera es de aproximadamente 15 kilos diarios, tenemos que la producción mensual es de 450 kg, situación que se debe tener en cuenta para trabajar en alternativas de aprovechamiento de los RSO, como la generación de biogás, compostaje, etc., que permita mitigar la problemática ambiental presente en la finca El Mirador.

Manejo inadecuado de residuos sólidos orgánicos en la avicultura. En esta actividad se evidencia que la producción de residuos es menor, si se compara con las actividades productivas de la ganadería y la porcicultura. De acuerdo con la información que nos suministra el señor Santiago Troche Maji, del galpón se recoge en promedio 6 bultos de 50 kg de estiércol, es decir 300 kg/mes.

Es de anotar que el estiércol tiene una mezcla de aserrín y cal. Aunque aparentemente el conflicto es menor, ya que parte de estos residuos se destinan como abono de plantas del huerto

casero, cultivos de pan coger (yuca y plátano) y plantas de jardín, también producen contaminación por olores ofensivos que afectan la vivienda y su entorno.



Figura 20. Botadero de basura a cielo abierto de la finca El Mirador. “Elaboración propia”.

Manejo inadecuado de los residuos domésticos. En cuanto a la recolección de la basura que se origina en la vivienda junto con los residuos orgánicos de alimentos, estos se votan a cielo abierto en un punto específico, dando mal aspecto al lugar y ocasionan contaminación por los lixiviados que estos producen, principalmente a la fuente hídrica que se encuentra cerca de la vivienda de la finca.

Relación de residuos sólidos orgánicos de la finca El Mirador. En el cuadro siguiente se indica la relación de producción de residuos sólidos orgánicos de las tres actividades productivas (ganadería, porcicultura y avicultura) de la finca.

Tabla 3. Producción de RSO finca El Mirador.

Actividad	No. de	Producción	Total	Producción
Productiva	individuos	diaria Kg/día	Producción diaria	Mensual g/mes
			kg/día	
Ganadería	50	10	500	15.000
Porcicultura	15	1	15	450
Avicultura	50	0.20	10	300

Fuente: G. Barvera & C.Peña, 2006 y fuente externa Santiago Troche Maji



Figura 21. Total Producción diaria RSO Finca El Mirador. "Elaboración propia".

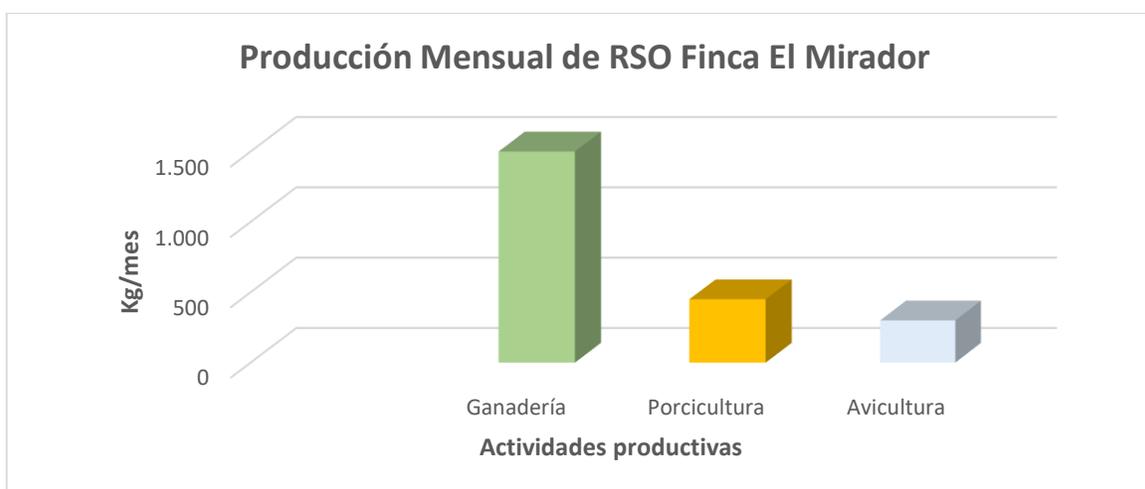


Figura 22. Producción Mensual de RSO Finca El Mirador. "Elaboración propia".

Analizando las gráficas de producción diaria y mensual de residuos sólidos orgánicos de las actividades que se desarrollan frecuentemente en la finca, podemos observar que se cuenta con buena cantidad de materia orgánica para aprovecharla de manera adecuada, en este caso la implementación del biodigestor para la generación de biogás. Por otra parte, aplicamos la Matriz de Leopold, determinando los factores ambientales más relevantes de la finca y las acciones que puedan afectar estos factores, para de esta manera precisar con claridad los impactos ambientales que se están causando en la finca el Mirador. Los resultados de este análisis los mostramos en la siguiente matriz.

MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES															
GENERACIÓN Y DESAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS															
FINCA EL MIRADOR VEREDA SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE BELEN DE LOS ANDAQUÍES															
CARACTERÍSTICAS O ELEMENTOS DE LA FINCA EL MIRADOR SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE	FACTORES	ACCIONES	ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR IMPACTO AMBIENTAL								SINTEISIS				
			Generación				DISPOSICIÓN								
			Afectación por generación de residuos orgánicos por las actividades de uso doméstico.	Generación residuos sólidos orgánicos (estercoles) actividades productivas: ganadería, porcicultura, avicultura.	Contaminación de suelos por residuos sólidos orgánicos (producción e infiltración de lixiviados)	Alteración por residuos orgánicos dispuestos sobre el suelo en sitios específico a cielo abierto.	Alteración del aire por la generación de gases y olores ofensivos	Alteración del paisaje	Alteración de la salud pública de la comunidad (vectores, plagas y enfermedades)	Contaminación de fuentes hídricas por residuos sólidos orgánicos (estercoles y residuos domésticos)		Alteración de la flora y la fauna			
FACTORES AMBIENTALES															
ABIOTICOS	SUELO	Microorganismos	(-8/6)	(-8/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-8/6)	(-7/5)	(-7/5)	(-9/6)	(-8/6)	0	9	0	(-73/52)
		Suelos	(-5/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-4/6)	(-7/6)	(-6/6)	(-9/6)	(-5/6)	0	9	0	(-63/54)
	AGUA	Superficial	(-5/6)	(-6/6)	(-6/6)	(-4/6)	(-1/1)	(-1/2)	(-4/5)	(-6/6)	(-4/6)	0	9	0	(-37/44)
BIOTICOS	AIRE	Calidad del aire	(-8/6)	(-8/6)	(-4/6)	(-8/6)	(-8/6)	(-8/6)	(-8/6)	(-7/5)	(-8/6)	0	9	0	(-67/35)
		Árboles	(-2/3)	(-2/3)	(-4/6)	(-2/3)	(-1/1)	(-2/3)	(-1/2)	(-3/4)	(-4/5)	0	9	0	(-21/30)
BIOTICOS	FLORA	Relictos de bosque-Franjas de protección ambiental	(-1/2)	(-1/2)	(-4/5)	(-4/5)	(-1/1)	(-4/6)	(-4/6)	(-6/6)	(-3/4)	0	9	0	(-28/37)
		Microflora	(-3/4)	(-4/5)	(-4/6)	(-4/6)	(-1/2)	(-2/3)	(-2/3)	(-4/6)	(-6/6)	0	9	0	(-30/41)
BIOTICOS	FAUNA	Pájaros (Aves)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/2)	(-1/1)	(-1/1)	0	9	0	(-9/10)
		Animales terrestres incluso reptiles	(-3/4)	(-3/4)	(-3/4)	(-3/4)	(-3/4)	(-1/2)	(-1/2)	(-3/4)	(-1/2)	0	9	0	(-21/30)
BIOTICOS	FAUNA	Organismos benéficos	(-8/6)	(-6/6)	(-6/6)	(-5/6)	(-2/3)	(-3/4)	(-8/6)	(-8/6)	(-8/6)	0	9	0	(-54/49)
		Macro y Micro Fauna	(-3/4)	(-4/5)	(-4/6)	(-4/6)	(-1/2)	(-2/3)	(-2/3)	(-4/6)	(-6/6)	0	9	0	(-30/41)
SODIECONOMICO	USOS DEL TERRITORIO	Cultivos	(-4/6)	(-4/6)	(-5/6)	(-6/6)	(-1/2)	(-4/6)	(-3/4)	(-4/6)	(-4/6)	0	9	0	(-35/48)
		Pastos	(-4/6)	(-4/6)	(-5/6)	(-6/6)	(-1/2)	(-4/6)	(-3/4)	(-4/6)	(-4/6)	0	9	0	(-35/48)
SODIECONOMICO	SOCIALES	Población residente finca	(-4/6)	(-5/6)	(-4/6)	(-4/6)	(-5/6)	(-4/6)	(-6/6)	(-5/6)	(-4/6)	0	9	0	(-41/54)
		Población residente entorno finca	(-3/4)	(-4/5)	(-3/4)	(-3/4)	(-4/5)	(-3/4)	(-3/4)	(-4/5)	(-3/4)	(-3/4)	0	9	0
SODIECONOMICO	SOCIALES	Población residente vereda	(-2/3)	(-3/4)	(-2/3)	(-2/3)	(-3/4)	(-2/3)	(-1/2)	(-3/4)	(-2/3)	0	9	0	(-20/29)
		Población residente municipio	(-1/2)	(-2/3)	(-1/2)	(-1/2)	(-2/3)	(-1/2)	(-1/1)	(-1/2)	(-1/2)	(-1/2)	0	9	0
SODIECONOMICO	SOCIALES	Salud pública	(-4/6)	(-5/6)	(-4/6)	(-4/6)	(-5/6)	(-4/6)	(-6/6)	(-6/6)	(-4/6)	0	9	0	(-41/54)
		Calidad de vida	(-4/6)	(-5/6)	(-4/6)	(-4/6)	(-5/6)	(-4/6)	(-6/6)	(-5/6)	(-4/6)	(-4/6)	0	9	0
SODIECONOMICO	ECONOMICOS	Generación de empleo	(-1/1)	(+4/5)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	(-1/1)	1	8	(+4/5)	(-12/13)
		Mejoramiento ambiental	(-5/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-4/6)	(-7/6)	(-6/6)	(-9/6)	(-5/6)	(-5/6)	0	9	0
SODIECONOMICO	ESTETICOS	Vistas panorámicas y paisajes	(-5/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-4/6)	(-7/6)	(-6/6)	(-9/6)	(-5/6)	0	9	0	(-63/54)
		Aspectos físicos singulares	(-5/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-9/6)	(-4/6)	(-7/6)	(-6/6)	(-9/6)	(-5/6)	(-5/6)	0	9	0
SINTEISIS	NUMERO DE INTERACCIONES		+	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			-	23	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	SUMA TOTAL		+	0	(+4/5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			-	(-89/106)	(-115/115)	(-110/116)	(-111/113)	(-70/86)	(-86/99)	(-92/98)	(-119/116)	(-96/112)			
PROMEDIO DEL PROYECTO															

Figura 23. Matriz de leopold para la evaluación de impactos ambientales. “Elaboración propia”.

Impactos Negativos						Impactos Positivos					
MAGNITUD			IMPORTANCIA			MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación	Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	+1	Baja	Baja	+1	Temporal	Puntual	+1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	+2	Baja	Media	+2	Media	Puntual	+2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	+3	Baja	Alta	+3	Permanente	Puntual	+3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	+4	Media	Baja	+4	Temporal	Local	+4
Media	Media	-5	Media	Local	+5	Media	Media	+5	Media	Local	+5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	+6	Media	Alta	+6	Permanente	Local	+6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	+7	Alta	Baja	+7	Temporal	Regional	+7
Alta	Media	-8	Media	Regional	+8	Alta	Media	+8	Media	Regional	+8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	+9	Alta	Alta	+9	Permanente	Regional	+9
Muy alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	+10	Muy alta	Alta	+10	Permanente	Nacional	+10

Figura 24. Impactos Negativos, Impactos positivos

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Matriz de Leopold, podemos expresar lo siguiente:

Los valores positivos de (+4/5), relacionados con la generación de empleo en la parte económica de la finca, presenta una magnitud de intensidad media y afectación baja, y una importancia catalogada de media a local, es decir que los residuos sólidos orgánicos se aprovechan mínimamente y esto contribuyen en el bienestar económico de la finca, pero aún nivel catalogado entre medio y bajo y que puede ser temporal.

Ahora bien, considerando el promedio del proyecto, obtenido en la matriz: (-4.31/4.7), podemos considerar que los impactos ambientales que generan los residuos sólidos orgánicos en la finca El Mirador, tienen una magnitud que se encuentra en el rango de 4 a 5, es decir presenta una magnitud media con una intensidad que va de media con afectación creciente de baja a media y una importancia que presenta un nivel desde lo temporal a establecerse como local. Es decir que los impactos se pueden catalogar de temporales a locales en el territorio de la finca.

5.2.5.2. Impactos ambientales. De acuerdo con la interacción de las acciones y los factores ambientales presentados en la matriz de Leopold, se presenta un mal manejo de los residuos sólidos de tipo orgánico producidos en las diferentes actividades de la finca, en este contexto estos son medios potenciales que contribuyen a la aparición de enfermedades provocadas por vectores sanitarios, según (Jaramillo, 2013), el mal manejo de estos residuos, puede generar una serie de riesgos indirectos como la proliferación de animales, portadores de microorganismos que transmiten enfermedades a toda la población; conocidos como vectores dentro de los cuales tenemos moscas, mosquitos, ratas y cucarachas; que además de alimento, encuentran en los residuos sólidos orgánicos un refugio y ambiente favorable para su reproducción, favoreciendo la transmisión de enfermedades, desde simples diarreas, picaduras, erupciones en la piel, hasta

cuadros severos de tifoidea u otras dolencias de mayor gravedad. Es importante anotar que bajo las condiciones del clima de la región 25°C de temperatura en promedio, es un condicionante favorable a la descomposición de los mismos y por ende la facilidad para la concentración y producción de vectores, además de la contaminación directa de la fuente hídrica y los suelos del entorno.

5.2.5.3. Impactos sociales. Las interacciones dadas en la matriz de Leopold, nos permite precisar que los impactos sociales están asociados a los hábitos culturales que tiene la población, uno de estos es deshacerse de los residuos sólidos de forma rápida, sin tener en cuenta las afectaciones ambientales que se pueda causar tanto al medio como a la salud pública de las personas.

Es claro que la falta de conciencia colectiva y/o conductas sanitarias por parte de la población residente de la finca El Mirador y la vereda San Isidro para disponer sus residuos, al dejarlos abandonados en cualquier sitio o en áreas cercanas a fuentes hídricas, interviniendo de forma negativa así las condiciones del paisaje existente y alterando el sistema ambiental y natural. De otro lado, la degradación de importantes áreas de la finca acarrea costos sociales y económicos como la devaluación de la finca, pérdida de sus atractivos paisajísticos, y otros costos asociados con lo son la salud de los trabajadores y la de sus residentes.

5.2.6. Análisis diagnóstico finca El Mirador y entorno. Considerado el análisis que realizamos a partir de la Matriz de Leopold y teniendo en cuenta la información consignada en el diagnóstico sobre la producción de residuos sólidos orgánicos en la finca El Mirador, expresados en la tabla No. 4, podemos establecer que la finca cuenta con la suficiente cantidad de residuos sólidos orgánicos que se pueden aprovechar adecuadamente para la generación de biogás como fuente de energía alternativa renovable. Actualmente estos residuos

en la finca son un problema ya que no se disponen adecuadamente, se depositan en varios sitios (a cielo abierto), causando contaminación por lixiviados fruto de la descomposición y por la escorrentía de aguas lluvias que los arrastra hasta la fuente hídrica que se encuentra cerca de la vivienda de la finca. La producción de residuos sólidos orgánicos diaria y mensual, garantiza la cantidad suficiente de materia orgánica para la alimentación periódica del biodigestor y de esta manera contar con una producción regular de biogás. Por otra parte, y de manera gradual se contribuye a la disminución de la problemática ambiental presente en la finca El Mirador.

Tabla 4. Producción diaria y mensual de RSO Finca El Mirador

Actividad	Total Producción diaria	Producción Mensual
Productiva	kg/día	Kg/mes
Ganadería	500	15.000
Porcicultura	15	450
Avicultura	10	300

Fuente: Datos resultado del estudio

5.2.7. Recolección y acopio de los RSO. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos



Figura 25. Apilamiento de RSO. “Elaboración propia”.

orgánicos (estiércoles) de la finca El Mirador, en la producción de biogás requiere de un almacenamiento adecuado, estos residuos se apilan en una enramada techada cuidando de mantener las condiciones de higiene. Los residuos de restos de alimentos y sobrantes de comidas se almacenan en una caneca que se dispone para este fin y los cuales se incorporan en la preparación del sustrato para el biodigestor.

5.3. Construcción e implementación de un biodigestor

5.3.1. Adquisición de materiales. Es importante resaltar que en el diseño, construcción e implementación del biodigestor se utilizan elementos y accesorios comunes, es decir de fácil acceso que se encuentran en la región, esto con el fin de evitar dificultades a la hora de decidirnos a construir un biodigestor.

En la siguiente tabla, ilustramos los elementos y accesorios necesarios para la construcción del biodigestor.

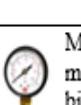
MATERIALES			
	Tanque plástico capacidad 200 litros	 Tapón roscado tubería sanitaria Ø 4"	 Embudo para tubo pvc Ø 4"
	Tubo pvc Ø 4" x 1.00 m.	 Tubo pvc Ø 2" x 1.00 m.	 Codo 90° pvc Ø 4"
	Unión sanitaria pvc Ø 4"	 Unión sanitaria pvc Ø 2"	 Tapón roscado tubería sanitaria Ø 2"
	Codo 90° pvc Ø 2"	 Codo 45° pvc Ø 2"	 2 llaves de globo pvc Ø 2"
	Manguera alta presión para gas Ø 3/8" x 4.00 m.	 Acople en bronce para conexión a gas Ø 3/8".	 Acople en bronce para conexión a gas de Ø 3/8" – 1/4".
	Acople T en bronce para conexión a gas Ø 3/8".	 Recipiente plástico transparente para trampa de agua.	 Esponjilla en acero inoxidable (filtro trampa ácido sulfhídrico)
	Manguera alta presión para gas Ø 1/4" x 2.00 m	 Neumatico para cámara de biogás.	 Manómetro para medir presión del biogás.
	Llave terminal salida de biogás		

Figura 26. Materiales necesarios para la construcción del biodigestor. "Elaboración propia".

5.3.2. Diseño y construcción del biodigestor. A parte de los materiales que ya hemos conseguido, es importante realizar un plano a escala entre 1:20 a 1:50 donde indiquemos la distribución y acondicionamiento de nuestro biodigestor, así mismo en dicho plano debemos indicar claramente el acondicionamiento de los materiales empleados en la construcción del biodigestor, es recomendable trabajar detalles, es decir a una escala más grande, de los accesorios del biodigestor (trampa de agua, trampa ácido sulfhídrico, etc.) que facilite tanto su construcción como implementación. A continuación, indicamos el plano general del biodigestor con sus detalles.

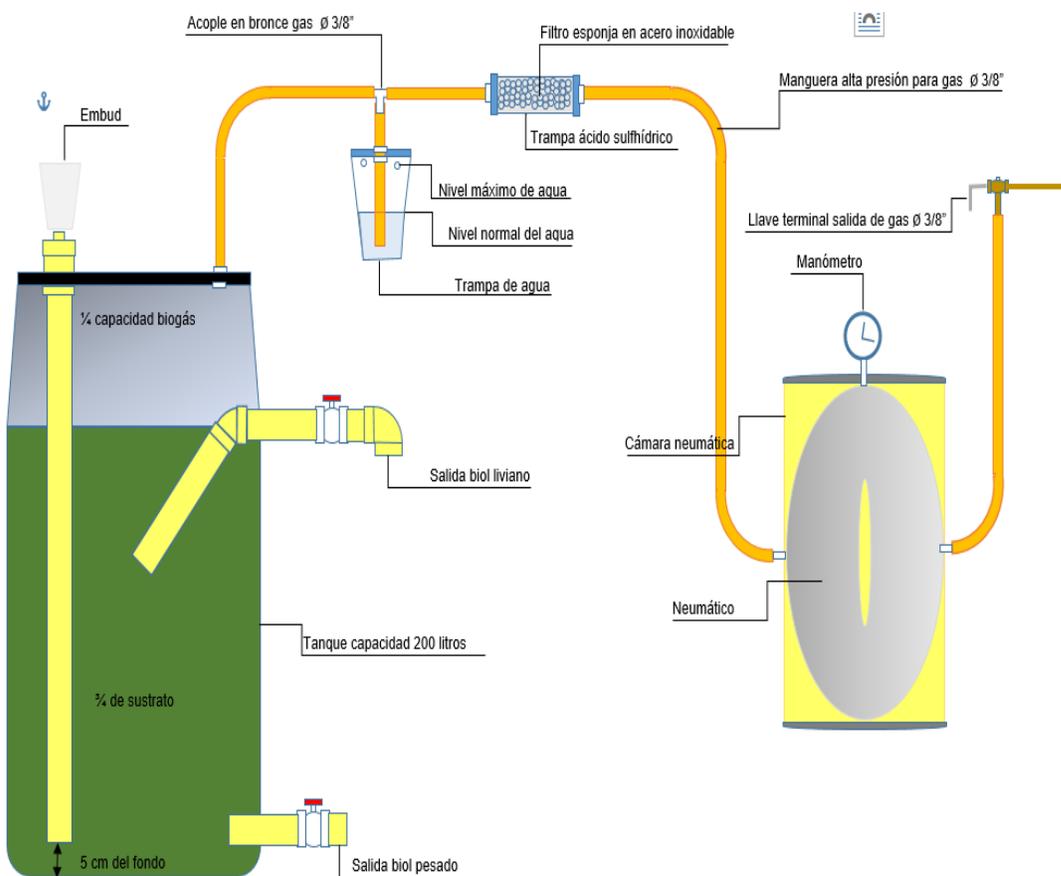


Figura 27. Diseño biodigestor continuo. Basado en varios modelos de la web.

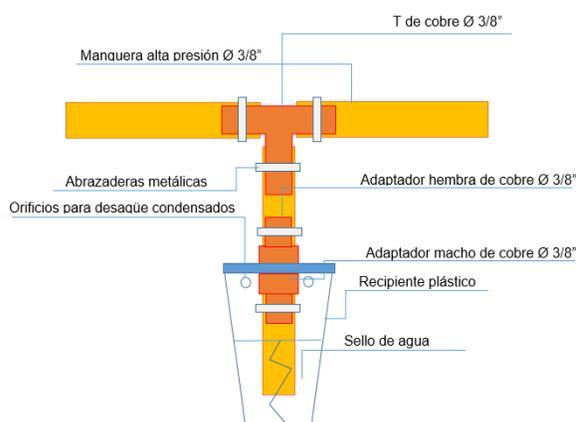


Figura 28. Detalle trampa de agua. “Elaboración propia”.

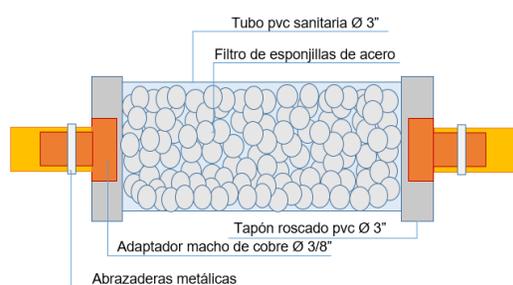


Figura 29. Detalle trampa de ácido sulfhídrico. “Elaboración propia”.

Siguiendo cuidadosamente las indicaciones del plano del biodigestor, procedemos a su construcción siguiendo los siguientes pasos:



Figura 30. Apertura de los agujeros, tapa tanque plástico. “Elaboración propia”.

1. En la tapa del tanque plástico de 200 litros, realizamos dos agujeros, uno de diámetros de 4”, que nos permita introducir el tapón roscado de 4” y el retal de tubería sanitaria PVC de 4” de aproximadamente 90 cm. Y el otro de 3/8” que permita la entrada de los acoples y la manguera de alta presión de 3/8”, estos agujeros deben quedar en posición opuesta de la tapa del tanque plástico. Ver en la imagen su ubicación:



Figura 31. Instalación tapón roscado PVC Ø 4". "Elaboración propia".

2. Procedemos a instalar el tapón roscado de tubería sanitaria PVC Ø 4" y el retal de tubo Ø 4" de aproximadamente 90 cm.



Figura 32. Instalación retal tubo PVC Ø 4". "Elaboración propia".

3. Una vez instalado el tapón roscado procedemos a instalar el retal de tubo el cual se une al tapón con una unión PVC Ø 4", se debe cuidar que el retal del tubo quede bien pegado a la unión y el tapón, la función de este es permitir la entrada del sustrato obtenido de los residuos sólidos orgánicos debidamente triturados o licuados.



Figura 33. Apertura agujeros tanque Ø 4". "Elaboración propia".

4. Ahora tomamos el tanque plástico y realizamos dos agujeros de Ø 2", uno ubicado en los $\frac{3}{4}$ de la altura total del tanque y el otro ubicado en la parte inferior del tanque.



Figura 34. Instalación desagües biodigestor. "Elaboración propia".

5. Instalación de los desagües en tubería sanitaria Ø 2", uno para el desagüe del biol liviano y el otro en la parte inferior del tanque para el desagüe del biol pesado. Es importante anotar que cada desagüe cuenta con una llave de paso PVC Ø 2", para su control. En la instalación del desagüe del biol liviano debemos cuidar que quede exactamente en la línea de los $\frac{3}{4}$, esto garantiza que cuando se adicione cargas de sustrato el biol de la parte superior drene manteniendo siempre el nivel de los $\frac{3}{4}$ del tanque.



Figura 35. Instalación manguera de alta presión para gas. "Elaboración propia".

6. Instalación manguera de alta presión para gas Ø 3/8", con sus respectivos acoples en bronce Ø 3/8" para el flujo del biogás.



Figura 36. Instalación trampa de agua. "Elaboración propia".

7. Instalación de la trampa de agua, consiste en la adecuación de un recipiente plástico en la tubería de conducción del biogás, para nuestro caso en un tramo de la manguera, su función principal es actuar como un sello de agua que no permite el escape del biogás. En la medida que el biodigestor comienza a producir biogás

(metano), este presenta una condición refrigerante que produce agua fruto de la condensación, la trampa de agua recolecta esta agua y cuando se llena vierte el agua de condensados por los orificios ubicados en la parte superior, manteniendo siempre la condición de sello y de esta manera la tubería se libera del agua condensada que al no hacerlo obstruye la tubería e impide el paso del biogás.



Figura 37. Instalación trampa ácido sulfhídrico. "Elaboración propia".

8. Instalación de la trampa de ácido sulfhídrico, consiste en acondicionar un filtro conformado por viruta metálica o esponjillas de acero inoxidable, que se ubican en una cámara hecha con accesorios de tubería sanitaria PVC de Ø 3" sellada herméticamente,

su función es limpiar el biogás del ácido sulfhídrico, que se produce en el proceso de descomposición de la materia orgánica.



Figura 38. Construcción cámara neumática. "Elaboración propia".

9. Realizamos la construcción de la cámara neumática donde se almacenará el biogás, la cual consiste de un neumático con tres válvulas una para la entrada del biogás ya filtrado, otra para la instalación de un manómetro que indica la presión en libras del gas almacenado y la tercera que permite la conexión de la manguera de salida con su respectiva llave terminal para gas. El neumático se

confina en una cámara realizada con accesorios de tubería de PVC Ø 6" (tapones y una sección de tubo de Ø 6") que permite proteger el neumático y manejar una presión estable del biogás.

10. Es importante tener en cuenta que encada uno de los acoples y uniones que necesitemos realizar en el biodigestor, estos deben quedar bien sellados, por lo que es recomendable utilizar un buen pegante o silicona, que garantice que no se presenten fugas de gas.

5.4. Operación del biodigestor

Para el correcto funcionamiento del biodigestor, debemos realizar las siguientes actividades:

5.4.1. Preparación del sustrato. Como primera medida, es importante mencionar que, en el procesamiento de los residuos orgánicos, no utilizaremos residuos de frutas cítricas, semillas o granos enteros, paja o tallos de cereales, virutas de madera, hojas secas, restos de podas, pues estos residuos tardan más tiempo para degradarse, igualmente no es conveniente el uso de excremento de animales carnívoros como gatos o perros y tampoco materia fecal humana, su

composición físico química contribuye a que el proceso de generación de biogás sea más lento o si se utilizan, se debe considerar otros aditivos y estos no están considerados para el proyecto.

Por otra parte, tampoco se considerarán residuos como los huesos, piedras, vidrio, metal, plástico, etc.

La preparación del sustrato constituye generalmente una mezcla de un 20 a 25% de los residuos sólidos orgánicos que ya hemos mencionado y un 75 a 80% de agua.

Para permitir una rápida degradación de todos los residuos orgánicos que utilizamos en la generación de biogás, estos se triturarán, desmenuzarán o machacarán según sea el caso, en fragmentos muy pequeños, no mayores a un milímetro para los más blandos y menores 5 milímetros para los más consistentes, la efectividad del proceso fermentativo de la materia orgánica se garantiza cuando esta sea bastante delgada o licuada.

5.4.1.1. Tiempo de maduración del sustrato. De igual manera, durante el proceso de elaboración del sustrato, la maduración del mismo es un factor importante y prácticamente corresponde a las condiciones climáticas de la región. Para el caso nuestro estamos ubicados en la región amazónica, donde la temperatura fluctúa entre los 25 y 30 grados centígrados, implicando que el tiempo de maduración del sustrato es de aproximadamente 20 días en promedio.

En la finca El Mirador, la actividad productiva que genera mayor cantidad de residuos orgánicos es la ganadería (500 kg/día), por lo cual optamos preparar la carga inicial y diaria del biodigestor, con este residuo orgánico.

5.4.2. Método de alimentación del biodigestor. Procedemos a retirar el tapón roscado, y utilizando un embudo, comenzamos a llenar el biodigestor con el sustrato que previamente hemos preparado. Durante este procedimiento se debe cuidar de llenar únicamente los tres

cuartos del tanque es decir un 75%, tal como se indica en el plano del diseño del biodigestor. El $\frac{1}{4}$, restante del tanque, es decir el 25%, corresponde a la cámara de aire donde de manera gradual se almacenará el biogás.

5.4.2.1. Cálculo carga inicial. En 2011, Ministerio de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Global Environment Facility establecen en su Manual de Biogás, que en biodigestores pequeños de tipo familiar la relación para preparar la carga de biomasa o sustrato debe ser de 1:1, es decir una parte de residuos sólidos orgánicos por una parte de agua, el biodigestor planteado en el proyecto, pertenece a esta categoría, por consiguiente la carga inicial corresponde al 75% del volumen total del biodigestor, denominado volumen de trabajo (VT). En la tabla siguiente indicamos los datos necesarios para el cálculo de la carga inicial.

Tabla 5. Cálculo carga diaria.

DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
Volumen de trabajo en litros	VT	75%
Capacidad total del tanque	CTT	200 L
Tiempo de maduración (sustrato)	TM	20 días
Carga inicial?	CI	?
Fórmula cálculo carga inicial.	CI = CTT x 0.75	
Fórmula cálculo carga diaria.	CD = VT/TR	

Fuente: Datos resultado del estudio

Aplicando la fórmula para el cálculo de la carga inicial tenemos:

$$CI = 200L \times 0.75 = 150L \text{ de sustrato.}$$

5.4.2.2. Cálculo cantidad de residuos orgánicos inicial. Aplicando la relación de mezcla de 1:1 para biodigestores pequeños de tipo familiar (Ministerio de Energía et al., 2011) tenemos: $150L/2 = 75$ litros de agua + 75 kg de residuos orgánicos. Entonces inicialmente se utiliza 75 kg de estiércol bovino.

5.4.2.3. Cálculo carga diaria. El biodigestor que estamos trabajando corresponde a los biodigestores de tipo continuo y esto implica que debemos calcular cargas adicionales de sustrato que garanticen el funcionamiento regular del mismo.

Por esta razón denominaremos a la carga inicial del biodigestor (3/4 partes o el 75% del tanque) como Volumen de Trabajo VT.

Una vez, que el sustrato haya alcanzado la maduración ideal (20 días en promedio) y evidenciamos la producción de biogás, es decir que haya combustión cuando se abra la llave terminal; entonces procedemos a alimentar el biodigestor con una carga de alimentación diaria.

Aplicando la fórmula del cálculo de la carga diaria tenemos:

$$CD = 200L / 20 \text{ días} = 7.5 \text{ L/día.}$$

5.4.2.4. Cálculo cantidad de residuos orgánicos diarios. Aplicando la relación de mezcla 1:1, (Manual de Biogás., 2011) tenemos:

$(7.5 \text{ l/día}) / 2 = 3.8$ kg de residuos orgánicos + 3.8 litros de agua. Entonces diariamente utilizamos 3.8 kg de estiércol bovino.

5.4.2.5. Cálculo cantidad de residuos orgánicos mensual. Teniendo en cuenta los datos consignados en la tabla siguiente tenemos:

Tabla 6. Cálculo residuos orgánicos mensual

DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
Cantidad de residuos orgánicos (estiércol de bovino) carga inicial	CRCI	75 kg
Cantidad de residuos orgánicos (estiércol de bovino) carga diaria	CRCD	3.8 kg
Tiempo de alimentación diaria	D	30 días
Fórmula cantidad residuos orgánicos mensual	CRM = CRCI + (CRCD x D)	

Fuente: Datos resultado del estudio

Aplicando la fórmula tenemos:

$$\text{CRM} = 75 \text{ kg} + (3.8 \text{ kg} \times 30 \text{ días}) = 189 \text{ kg}$$

La implementación del biodigestor en la finca El Mirador es un piloto de tipo demostrativo y el resultado sobre el aprovechamiento de 189 kg de residuos orgánicos (estiércol de bovino) a través de esta tecnología, es un buen comienzo, prácticamente corresponde a un 38% del total de este residuo que se genera en la finca y en materia de contribuir a la disminución de la contaminación ambiental que actualmente se está ocasionando a los suelos y la fuente hídrica de la finca El mirador, este es un gran paso.



Figura 39. Llenado biodigestor con el sustrato. "Elaboración propia".

5.4.3 Manejo del biodigestor. El biodigestor lleno con la carga inicial, debe estar sellado herméticamente, para lo cual con anterioridad se debe revisar todas las conexiones y adaptaciones que hemos realizado durante la construcción. Luego del llenado no se adicionará más sustrato hasta que haya comenzado bien la producción de metano por varios días. Posterior a que esto ocurra se adicionará periódicamente la carga diaria correspondiente a 7.5 L., la cual siempre se hará retirando el tapón roscado de Ø 4",

ubicado en la parte superior del biodigestor.



Figura 40. Sellado hermético del biodigestor. "Elaboración propia".

Terminada la etapa de preparación del sustrato y el llenado, hasta las tres cuartas partes del tanque, procedemos a realizar su sellado hermético, para garantizar la adecuada descomposición de la materia orgánica, por la acción de los microorganismos (bacterias metanogénicas).



Figura 41. Instalación completa biodigestor. "Elaboración propia".

Finalmente procedemos a realizar el acondicionamiento de los otros elementos del biodigestor como lo es, la manguera, la adecuación y llenado de la trampa de agua, para que actúe como sello, igualmente el acondicionamiento de la trampa de ácido sulfhídrico y la cámara neumática para el almacenamiento del biogás. Ahora, durante el proceso de maduración del sustrato (20 días), realizamos un monitoreo periódico, observando que en su

conjunto el biodigestor guarde las condiciones, especialmente las de hermeticidad, esto para garantizar que el biogás se almacene tanto en el tanque reactor como en la cámara neumática.

Es importante tener en cuenta que cuando se adiciona la carga diaria del sustrato, abrir la llave del desagüe de biol liviano, en la medida que entra la carga parte del biol liviano (sustrato descompuesto con mínima materia orgánica) fluye conservando siempre el nivel de las 3 cuartas partes del tanque. Concluida la adición de la carga de sustrato diaria, procedemos a cerrar el tapón herméticamente para que continúe el proceso de descomposición. El líquido recolectado denominado biol o fertilizante se puede utilizar en labores de jardín u otras actividades agrícolas.

De la misma manera una vez que se ha iniciado el proceso regular de producción de biogás, el biodigestor requiere de mantenimiento por la acumulación de biol pesado (lodos tipo colada), el cual se recomienda retirarlos en promedio en periodos de 6 a 12 meses, dependiendo de la acumulación de lodos, esta operación se hace rebullendo y abriendo la llave inferior para que salgan. Estos lodos, al igual que el biol fertilizante se puede utilizar en labores ornamentales y agrícolas. Se recomienda cuando se realice el retiro de lodos, dejar una parte en el biodigestor, este material contiene las bacterias metanogénicas que rápidamente contribuyen a que el biodigestor produzca biogás. En la medida que se produce el biogás, este se va almacenado en la cámara neumática (neumático de carro), en la cual se determina su llenado observando el nivel de presión en el manómetro o dispositivo similar para este fin.

Realizado este proceso de manera rigurosa, procedemos a observar periódicamente el funcionamiento del biodigestor, para lo cual registramos los datos de presión que nos indica el manómetro sobre la cantidad de biogás que se va acumulando en la cámara neumática. Los resultados que se obtuvieron durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Producción de biogás

Lecturas manómetro	
	Carga inicial biodigestor 27 de septiembre, 4:30 pm. 0 psi.
Tiempo promedio maduración sustrato 20 días	
	23 de octubre, 2:00 pm. 1 psi.
	28 de octubre, 2:00 pm. 2 psi.
	3 de noviembre, 2:00 pm 4 psi

Fuente: Datos resultado del estudio



Después de tres días de concluido el periodo correspondiente a los 20 días reglamentarios para la fermentación del sustrato, procedemos a realizar ensayos prendiendo la llave terminal del biodigestor, dando como resultado una llama vigorosa de color amarillo azulado.

Aunque la producción de biogás es pequeña, demostramos que,

Figura 42. Llama terminal encendida. "Elaboración propia". utilizando los residuos sólidos orgánicos en este caso el estiércol bovino, se puede producir biogás como energía alternativa renovable para uso doméstico.

Es importante considerar que se debe profundizar en el tema de preparación del sustrato, realizando análisis fisicoquímicos a cada uno de los residuos orgánicos, esto con el fin de determinar sus características y composición, de esta manera se permite determinar con mayor

precisión las cantidades y clases de residuos orgánicos a mezclar para obtener un buen sustrato y así garantizar eficiencia en la producción de biogás.

Finalmente, el biogás se puede utilizar para las actividades de uso doméstico como cocinar, iluminar, calefacción, etc.

Un aspecto importante en el manejo del biodigestor, transcurrido un buen tiempo de operación (1 año), se pueden retirar los lodos que se forman y se asientan en la parte inferior, a través del desagüe de biol pesado que queda en la parte inferior. Tanto la recolección del biol liviano (fertilizante) y el biol pesado (lodos).

5.5. Promover el conocimiento y uso de los Residuos Sólidos Orgánicos en la producción de biogás

5.5.1. Promoción de conocimiento. En un segundo encuentro con la población involucrada



Figura 43. Disposición de estiércol a cielo abierto. "Elaboración propia".

en el proyecto, realizamos una charla técnica, para reforzar los temas que inicialmente tratamos en el taller de presentación y socialización del proyecto.

En esta oportunidad fuimos más específicos con los temas que tratamos, pues la idea central de este encuentro se enfoca en hacer ver que los residuos

orgánicos que se generan en la finca El Mirador por las actividades de la ganadería, la porcicultura y la avicultura ocasionan un problema ambiental a su entorno y área de influencia.

Explicamos que el manejo inadecuado de estos residuos por el arrojado en diferentes sitios a cielo abierto, tiene efectos ambientales tales como: La generación de vectores (moscas, cucarachas, roedores, etc.), que inciden en la salud de la población.

Así mismo su fácil descomposición por las bondades del clima de la región amazónica (temperatura promedio de 25° y 30°), favorecen la producción de lixiviados que contaminan el suelo y por infiltración llegan a la corriente de agua que en este caso queda cerca de la vivienda de la finca El Mirador. Con la participación de los asistentes a este encuentro realizamos un recorrido por el entorno de la vivienda de la finca El Mirador, explicamos que si bien la fuente de agua, aparentemente no se ve afectada por los residuos depositados a cielo abierto, el efecto que causa la escorrentía de aguas lluvias contribuye a su contaminación ya que estos residuos son arrastrados y finalmente llegan a la fuente, afectando a los diferentes usuarios de esta fuente.

Como buenas prácticas de manejo adecuado de los residuos hablamos sobre el compostaje de estos para generar bioabono, producto de gran utilidad en las actividades agrícolas. Así mismo hablamos de su utilización en la generación de energía renovable, en este caso la producción de biogás, la cual ilustramos con un registro fotográfico del paso a paso que se debe seguir para construcción de un biodigestor, el cual hemos consignado en el proceso metodológico del proyecto.

De esta manera, el aprovechamiento adecuado de los residuos sólidos orgánicos de la finca El Mirador y su entorno, contribuyen a la disminución de la contaminación ambiental existente, mejoramiento de la calidad de vida y su entorno (paisaje).

5.6. Cartilla didáctica, aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

Con el propósito de replicar las buenas prácticas de aprovechamiento de los RSO (producción de biogás) se propone realizar una cartilla didáctica y pedagógica que sirva de instrumento técnico y social a la comunidad que quiera implementar el proceso metodológico de producción de biogás a partir de los residuos sólidos orgánicos.

6. Resultados

6.1. Disminución de la problemática ambiental por contaminación de residuos sólidos orgánicos.

La integralidad del proceso gradual de disminución de la problemática ambiental por contaminación de residuos sólidos orgánicos que presenta la finca El Mirador, vereda San Isidro, municipio de Belén de los Andaquíes, lo constituye los siguientes resultados, así:

6.1.1. Primer resultado. Conocimiento de las cantidades de residuos sólidos orgánicos generados en la finca, principalmente por las actividades productivas de la ganadería, la porcicultura y la avicultura, así:

Ganadería. $500 \text{ kg/día} \times 30 = 15.000 \text{ kg/mes.}$

Porcicultura. $15 \text{ kg/día} \times 30 = 450 \text{ kg/mes.}$

Avicultura. $10 \text{ kg/día} \times 30 = 300 \text{ kg/mes.}$

Estas cantidades obtenidas en el diagnóstico realizado a la finca, permitió evidenciar las causas, consecuencias o conflictos ambientales ocasionados por la inadecuada disposición en diferentes sitios (a cielo abierto) sin ningún tipo de control sanitario, la contaminación que causan a los suelos y las fuentes hídricas y de la afectación a la salud pública de la comunidad rural asentada en este sector del municipio.

También permitió determinar la viabilidad técnica del proyecto en cuanto a que se cuenta con la cantidad suficiente de residuos sólidos orgánicos que garantizan la regularidad en la producción de biogás para la finca El Mirador propuesta en el proyecto.



Figura 44. Capacitaciones miembros finca El Mirador. “Elaboración propia”.

6.1.2. Segundo resultado. Está relacionado con la construcción e implementación del biodigestor en la finca El Mirador, el cual se logra con elementos de fácil acceso y que se consiguen en la región. En esta fase del proyecto, el biodigestor se convierte en una herramienta esencial que contribuye al proceso de reducción de la contaminación que generan los residuos sólidos orgánicos, tanto al suelo, las fuentes hídricas y el aire de la finca, de igual manera queda una capacidad instalada que contribuye a la educación ambiental de la comunidad rural y a la buena práctica de actividades en torno al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

6.2. Población capacitada en el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para producir biogás como energía alternativa renovable.

Sobre la capacitación a la población tanto de la finca El Mirador, sus alrededores y de otras fincas de la vereda San Isidro, destacamos dos resultados de importancia así:

6.2.1. Primer resultado. Mediante la realización de los dos talleres previstos en el proyecto, evidenciamos como primera medida la situación actual de la comunidad frente al conocimiento o desconocimiento que se tiene sobre el manejo y uso adecuado de los residuos sólidos orgánicos que producen en sus fincas.

En segunda instancia destacamos el acompañamiento teórico práctico a la comunidad orientado al conocimiento y manejo de tecnologías como el compostaje y la producción de biogás a partir de los residuos sólidos orgánicos que producen en sus fincas, resaltamos la apropiación y conocimiento que ahora tiene la comunidad entorno al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para producir biogás como energía alternativa renovable de uso doméstico.

6.2.2. Segundo resultado. Como parte fundamental del proyecto relacionada con la etapa de



Figura 45. Caratula cartilla didáctica. Adaptado de varias imágenes de la web.

construcción e implementación del biodigestor en la finca El Mirador, se realizó el diseño de una cartilla didáctica y pedagógica que permita a los fincarios interesados en el proyecto capacitarse y así realizar la implementación y construcción de su propio biodigestor, cabe destacar que la cartilla ilustra con imágenes el paso a paso de su construcción, así mismo indica las bondades y beneficios

al realizar buenas prácticas de manejo de los residuos sólidos orgánicos.

Para visualizar la cartilla didáctica de Clic en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/open?id=1KI6yHROcBMOi_VF7nbiuU6LT3JLL_hCT

6.3. Análisis de resultados

6.3.1. Disminución de la contaminación. Teniendo en cuenta que el biodigestor es pequeño, pero que en su etapa de funcionamiento y operación consumió una cantidad de residuos sólidos orgánicos (estiércol de bovinos) correspondientes a los 75 kg de la carga inicial más 114 kg por un espacio de 30 días correspondientes a la alimentación de la carga diaria de 3.8kg nos da un total de 189 kg, aprovechados en la producción de biogás. En la siguiente tabla relacionamos la generación de residuos sólidos orgánicos (estiércol de bovinos) con la cantidad que se aprovechó en la fase de implementación del proyecto.

Tabla 8. Generación mensual estiércol de bovinos / producir biogás.

Generación mensual de residuos sólidos orgánicos (estiércol de bovinos).	Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (estiércol de bovinos) para producir biogás.
500 kg	189 kg.

Fuente: Autores

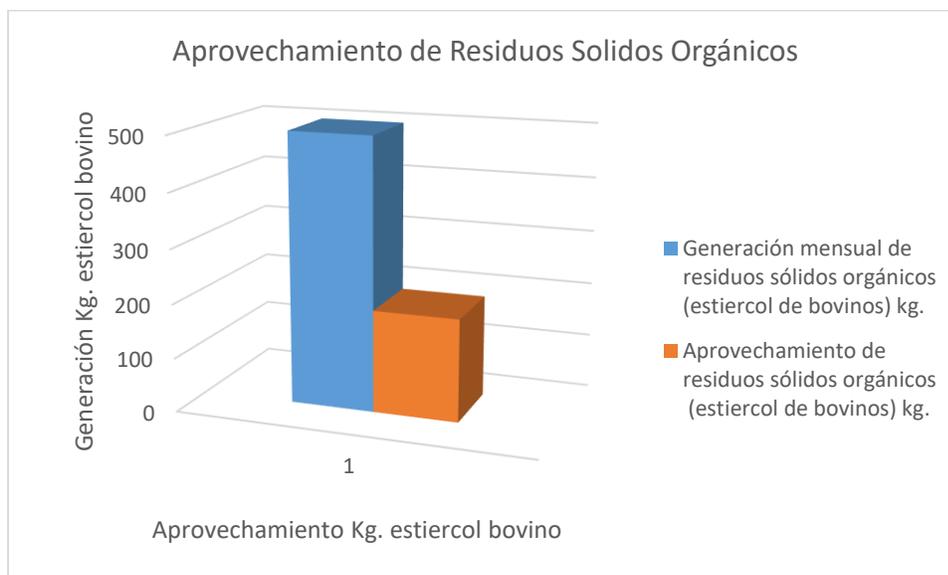


Figura 46. Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos. "Elaboración propia".

De acuerdo con la gráfica, consideramos que este es un buen comienzo en la disminución de la contaminación ambiental de los suelos y la fuente hídrica de la finca El Mirador, ya que son 189 kg que no se depositan a cielo abierto.

Por otra parte, es importante mencionar que en el diseño, construcción e implementación del biodigestor se debe tener en cuenta la cantidad diaria de residuos sólidos generados en la finca para de esta manera determinar el volumen del tanque reactor del biodigestor requerido y así garantizar el uso total de los residuos sólidos orgánicos generados.

En este caso la cantidad de residuos orgánicos que se recolectan de las actividades productivas de la ganadería, la porcicultura y la avicultura (525 kg) en la finca El Mirador, se requiere diseñar y construir un biodigestor cuya capacidad sea en promedio de 1.400 L, es decir

que los 525 kg + 525 L de agua, según relación de mezcla 1:1 (Manual de biogás., 2011), conformara los 1.050 L de sustrato, correspondiente a las $\frac{3}{4}$ del biodigestor o sea el 75% del biodigestor, el espacio restante o sea el 25% corresponde a la cámara de almacenamiento del biogás.

De esta manera se garantiza un buen aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (estiércol). De igual manera el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante esta tecnología, se debe complementar con otras tecnologías como el compostaje y así obtener mejores resultados en cuanto a la mitigación de la contaminación ambiental en la finca El Mirador y en general el área rural.

Resaltamos los beneficios ambientales que este proceso trae a la flora, la fauna, el aire, a la población de la finca El Mirador y sus alrededores de la vereda San Isidro del municipio de Belén de los Andaquíes.

De esta manera, comienza una nueva etapa en cuanto al manejo de los residuos sólidos orgánicos que se producen en el área rural, gracias a la construcción e implementación del biodigestor, paralelo a esto se mejora la calidad de vida y el bienestar social, económico y ambiental.

La generación de biogás en la finca, contribuye satisfactoriamente a las necesidades de energía de la vivienda, en este caso para la cocción de alimentos, lo cual repercute poco a poco dejar de lado el uso tradicional de la leña para cocinar y por ende la deforestación de determinadas áreas de bosques de galerías, de donde se extrae.

Sin duda alguna, en la medida que se fortalezca la cultura de aprovechamiento adecuado de los residuos sólidos orgánicos en la región, también se aportará a la disminución gradual de las emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), considerado uno de

los gases más incidentes en el calentamiento global, además de aumentar la capacidad de resiliencia ante este fenómeno de característica global. Tanto los residentes de la finca El Mirador como los fincarios de los alrededores de la vereda San Isidro, reconocen en esta alternativa una solución permanente en el manejo de los residuos que generan, principalmente los estiércoles del ganado vacuno y porcino.

A futuro se espera que con este proyecto tomado como iniciativa piloto se convierta en el instrumento que permita multiplicar y constituir una red de fincarios que aprovechen los residuos sólidos orgánicos, mediante la tecnología de producción de biogás como energía alternativa renovable, en beneficio del medio ambiente.

6.3.1. Divulgación y conocimiento. La cartilla es un instrumento didáctico y pedagógico de suma importancia que permite transferir y divulgar el conocimiento en torno a la producción de biogás como energía alternativa renovable, en este sentido la familia residente de la finca El Mirador y los 10 trabajadores están capacitados y ven en la cartilla un elemento esencial para la enseñanza tanto en las instituciones educativas como a la comunidad en general, para de esta manera también contribuir a la disminución de la contaminación ambiental en el área rural e igualmente mejorar su la calidad de vida .

7. Conclusiones

- En la implementación de proyectos para la generación de biogás, a partir de residuos sólidos orgánicos, es de vital importancia realizar un diagnóstico que permita determinar la cantidad y clases de residuos orgánicos que se produce en la Finca.
- Para el diseño, construcción e implementación del biodigestor, es relevante tener claro las cantidades de residuos sólidos que se producen en la finca, esto permite determinar las dimensiones del tanque reactor que se debe construir o acondicionar, de esta manera se garantiza el aprovechamiento total de los residuos sólidos orgánicos, garantizamos la salud pública y calidad de vida de la comunidad rural.
- El diseño didáctico y pedagógico de la cartilla brinda el conocimiento y educación ambiental a la comunidad rural, igualmente permite la construcción adecuada del biodigestor y de manera integral beneficia el proceso de disminución de la contaminación ambiental en el área rural.
- La cartilla contribuye a fortalecer la cultura ambiental de manejo y aprovechamiento desde el comienzo de la actividad que se esté desarrollando, implicando ver en los residuos generados un valioso recurso que contribuye al bienestar económico, social y ambiental de la finca.
- La capacidad instalada en la finca El Mirador, tanto en capacitación de la familia residente y sus trabajadores, como de la infraestructura relacionada con el biodigestor, convierte a este sitio en un centro de multiplicación de buenas prácticas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.
- La implementación del proyecto “Biogás, energía alternativa renovable”, comienza a contribuir a un impacto ambiental positivo referente a la disminución de la contaminación ambiental de los suelos y el agua del entorno de la finca.

- Este proceso que está comenzando, es importante asociar diferentes actores sociales, educativos, interinstitucionales, con el fin de fortalecer la educación ambiental en este tema e ir más allá en el proceso, haciendo esta alternativa eficiente, sostenible en el tiempo y una opción viable en materia de gestión ambiental.

8. Recomendaciones

- Recomendamos a las instituciones del orden público que tienen que ver con el manejo del medio ambiente, tenerlo en cuenta y fortalecer este proyecto piloto que implementamos en la finca El Mirador, para que de esta manera alcanzar que esta tecnología sea un medio viable económicamente y sostenible que garantice la eliminación o disminución de la contaminación en el área rural, garantizando así una mejor calidad de vida de la población.
- Recomendamos de igual manera a las instituciones y grupos de base (ONG'S, asociaciones) adoptar la cartilla didáctica, como un instrumento tecnológico facilitador en la enseñanza y manejo de los residuos sólidos orgánicos que a diario producimos. Pues El desconocimiento de este tipo de tecnología y el no contar con instrumentos adecuados, impide su desarrollo y masificación, de esta manera facilitamos la comprensión y manejo en estos temas y así gradualmente ver en los residuos sólidos orgánicos un recurso importante a nivel económico, social y ambiental.

9. Lista de Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá Secretaría Distrital de Hábitat. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Obtenido de http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
- Arce Cabrera, J. (2011). Universidad Politécnica Salesiana. Tesis. Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1593/15/UPS-GT000209.pdf>
- Caballero, W. (2011). Abc Color. Producir biogás a partir de residuos orgánicos es un buen negocio. Recuperado de <http://www.abc.com.py/edicion-impres/locales/producir-biogas-a-partir-de-residuos-organicos-es-un-buen-negocio-312241.html>
- Cadavid Rodríguez, L. S., & Bolaños Valencia, I. V. (2015). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. Recuperado de <file:///C:/Users/Juan%20Sebastian%20R.S/Downloads/46142-283336-1-PB.pdf>
- Contreras, C. (2006). Diplomado Gestión Ambiental Empresarial para funcionarios de ETB. Obtenido de "Manejo Integral de Aspectos Ambientales-Residuos Sólidos": http://www.javeriana.edu.co/ier/recursos_user/IER/documentos/OTROS/Pres_Residuos_CamiloC.pdf
- Corona Zuñiga, I. (2007). Biodigestores. Recuperado de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>
- Corpoamazonía-EcointegralLtda. (Abril de 2009). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca de la Quebrada La Resaca (Belén de los Andaquíes), departamento del Caquetá. Recuperado de http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Ordenamiento/POMCA/POM_RESACA.pdf
- DANE. (s.f.). Reloj de Población. Obtenido de <http://www.dane.gov.co/reloj/>
- Dante, F. (2002). Guía Práctica No. 2 Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito Ecuador. pág. 8-12.
- Ecoticias, (2017). ¿Qué es la sostenibilidad ambiental? Recuperado de <http://www.ecoticias.com/sostenibilidad/132018/sostenibilidad-ambiental>
- Energía Casera. [imagen]. (s.f.). Recuperado de <https://energiacasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/>
- Guillén Watson, R., & Rivas Solano, O. (2012). Producción de metano a partir de desechos

- orgánicos generados en el Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de file:///C:/Users/Juan%20Sebastian%20R.S/Downloads/Dialnet-ProduccionDeMetanoAPartirDeDesechosOrganicosGenera-4835629.pdf
- Jaramillo, J. (2003). Efectos de la inadecuada gestión de Residuos sólidos; Universidad de Antioquía, Medellín, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Recuperado de. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf>
- Jaramillo Henao, Gladys - Zapata Márquez, Liliana María. (2008), Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia, Universidad de Antioquia Facultad de Ingeniería Posgrados de Ambiental Especialización en Gestión Ambiental. Recuperado de. <http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- JJ. Consultores. (s. f.). Manual para la construcción y puesta en marcha de biodigestores. Recuperado de. http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicaciones-fpchihuahua/pdf/manual_biodigestores.pdf
- López, N. (2009). Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cerete – Córdoba. Universidad Pontificia Javeriana. Recuperado de. <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>
- Ministerio de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, & Global Environment Facility. (2011). MANUAL DE BIOGÁS. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
- Muñoz Córdoba, J. I. (3 de Mayo de 2007). Plan de Acción Trienal de Corpoamazonia. Recuperado de http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Planes/PAT/PAT%2007-09_aprobado_03-05-07.pdf
- Rincón Martínez, J. M., & Silva Lora, E. E. (2014). Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad. Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de Energía.
- Rotoplast. [imagen].(s.f.). Biodigestor. Recuperado de <http://www.rotoplast.com.co/biodigestor/>
- Paredes Rosario, & Baca López, M. (2005). Generación de energía con biogás de residuos agrícolas en plantas agroindustriales la Libertad – Perú. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de. http://www.laccei.org/LACCEI2005-Cartagena/Papers/EN015_BacaLopez.pdf
- Sierra, C., & Barrios, R. (2017). Biogás a partir de residuos orgánicos y su apuesta como

combustibles de segunda generación. Revistas.usb.edu.co. Recuperado de <http://www.revistas.usb.edu.co/index.php/Ingenium/article/view/1330/1121>