

**FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR QUE  
TRANSFORME ESTIÉRCOL DE PORCINO EN BIOGÁS Y BIOFERTILIZANTE  
PARA LA VENTA COMERCIAL, EN LA FINCA LA PRIMAVERA, MUNICIPIO DE  
LEJANÍAS, META.**

**JORGE ALFONSO CASTAÑO ORJUELA  
C.C. 1.120.359.208 GRANADA, META**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
- ECAPMA  
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS AGROFORESTALES  
ACACIAS, META  
2017**

**FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR QUE  
TRANSFORME ESTIÉRCOL DE PORCINO EN BIOGÁS Y BIOFERTILIZANTE  
PARA LA VENTA COMERCIAL, EN LA FINCA LA PRIMAVERA, MUNICIPIO DE  
LEJANÍAS, META.**

**JORGE ALFONSO CASTAÑO ORJUELA  
C.C. 1.120.359.208 GRANADA, META**

**TRABAJO DE GRADO PROYECTO APLICADO  
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN SISTEMAS  
AGROFORESTALES**

**ASESOR  
RAÚL VARGAS VARGAS  
INGENIERO FORESTAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
- ECAPMA  
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS AGROFORESTALES  
ACACIAS, META  
2017**

Nota de aceptación

---

---

Jurado

---

---

Asesora

Acacias, \_\_\_\_ de octubre de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitir mi desarrollo académico de manera adecuada, siempre teniendo a mano las posibilidades de mejorar cada día. A mi familia por ser ese sostén indispensable para convertirme en un ciudadano, estudiante y muy pronto un profesional integro enfocado en brindar mis servicios y conocimientos en pro de fortificar las deficiencias sociales que encuentre en el futuro. A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, por dar la oportunidad de desarrollarme y apoyarme en mi campo estudiantil y profesional, convirtiéndose en un ente que construye futuro, profesionales y personas incansables en la búsqueda de construir un mejor país. Por ultimo agradecer, no en menor importancia, a mi esposa Nathaly, mujer incansable, luchadora, y eje fundamental de mi desarrollo personal, profesional y emocional, ella que siempre me apoya sin importar las circunstancias y es pilar fundamental en la construcción de mi futuro, sin ella esto nunca sería posible.

## CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
JUSTIFICACIÓN	18
1. OBJETIVOS	20
1.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.1.1 Objetivos específicos	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3. MARCO CONCEPTUAL	23
3.1 DIGESTIÓN ANAERÓBICA	23
3.1.1 Hidrólisis	23
3.1.2 Acidogénesis	23
3.1.3 Acetogénesis	23
3.1.4 Metanogénesis	24
3.2 BIODIGESTORES	24
3.2.1 Continuos	25
3.2.2 Semi continuos	25
3.2.3 Discontinuos	25
3.3 GENERALIDADES DEL ESTIÉRCOL DE PORCINO	25
4. MARCO TEÓRICO	27
4.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	27
4.1.1 Mercado	27
4.1.2. Técnico y/o operativo	27
4.1.3. Económico	28
5. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO	29
5.1 ACTORES	29
5.2 ANTECEDENTES	29

5.3 POLÍTICAS Y NORMATIVIDAD	30
6. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN	32
6.1 LEJANÍAS, META	32
6.2 VEREDA TRES ESTRELLAS	33
6.3 FINCA “LA PRIMAVERA”	33
6.4 SELECCIÓN DE UBICACIÓN PLANTA BIODIGESTORA	37
7. ESTUDIO DE MERCADO	40
7.1 PRODUCTO	40
7.1.1 Biogás	40
7.1.2 Biol y biosol	43
7.2 DEMANDA	47
7.2.1 Biogás	47
7.2.2 Biol y biosol	51
7.3 OFERTA	60
7.3.1 Biogás	60
7.3.2 Biol y biosol	61
8. ESTUDIO TÉCNICO	69
8.1 CAPACIDAD DE LA PLANTA	69
8.1.1 Factores que condicionan el tamaño del biodigestor	69
8.1.2 Capacidad del biodigestor	69
8.2 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN Y VENTAS	71
8.2.1 Biogás	71
8.2.2 Biol y biosol	72
8.3 PROCESOS Y TECNOLOGÍA	73
8.3.1 Descripción del proceso productivo	73
8.3.2. Máquinas, equipos y herramientas	75
8.3.3 Instalaciones	76
8.3.4 Distribución física de la planta	77
8.4 REQUERIMIENTO DE INSUMOS	79
8.5 REQUERIMIENTO DE PERSONAL	79
8.6 ORGANIZACIÓN	80
9. ESTUDIO ECONÓMICO	81
9.1 NECESIDADES TOTALES DE CAPITAL	81

9.1.1	Requerimiento total de activos	81
9.1.2	Inversión anual durante la vida del proyecto	83
9.1.3	Modalidad y fuentes de financiamiento	84
9.1.4	Depreciación de activos fijos	84
9.2	FLUJO DE CAJA	85
9.3	ÍNDICES DE VALORACIÓN ECONÓMICA	87
9.3.1	Valor Presente Neto (VPN)	87
9.3.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	88
9.3.3	Relación Beneficio Costo (B/C)	89
9.3.4	Índice de Valor Actual Neto (IVAN)	89
9.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	90
10.	ESTUDIO SOCIOAMBIENTAL	93
	CONCLUSIONES	94
	RECOMENDACIONES	95
	BIBLIOGRAFÍA	96
	ANEXOS	98

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Producción de biogás por tipo de residuo animal.	26
Tabla 2. Usos actuales finca “La Primavera”.	34
Tabla 3. Composición del biogás producto de residuos agrícolas y ganaderos.	41
Tabla 4. Valor energético en biogás y otras fuentes.	41
Tabla 5. Valor del m <sup>3</sup> de gas natural en área urbana Granada.	42
Tabla 6. Precios promedios de pipetas de gas propano en Lejanías y Granada.	42
Tabla 7. Contenido nutrientes en biol y biosol.	44
Tabla 8. Composición química estiércol y otras fuentes.	45
Tabla 9. Precios de abonos orgánicos de venta formal.	46
Tabla 10. Precios de abonos inorgánicos de venta formal.	47
Tabla 11. Precios de abonos orgánicos de venta informal.	47
Tabla 12. Población sin acceso a gas natural en Lejanías.	48
Tabla 13. Estimación consumo mensual de gas (m <sup>3</sup> ) en Lejanías.	49
Tabla 14. Agricultores entrevistados en Lejanías.	51
Tabla 15. Precio promedio fertilizantes orgánicos que compran agricultores.	54
Tabla 16. Precio promedio fertilizantes inorgánicos que compran agricultores.	55
Tabla 17. Caracterización cultivos presentes en Lejanías.	58
Tabla 18. Cultivos por vereda en Lejanías.	59
Tabla 19. Precios de pipetas de gas propano en Lejanías y Granada.	60
Tabla 20. Precios de pipetas de gas propano en Lejanías y Granada.	60
Tabla 21. Precios de pipetas de gas propano en Granada.	60
Tabla 22. Comercializadoras de insumos entrevistados en Granada.	61
Tabla 23. Precio promedio fertilizantes orgánicos.	64
Tabla 24. Precio promedio fertilizantes inorgánicos.	65
Tabla 25. Cantidad de cerdos por etapa en finca La Primavera.	70
Tabla 26. Producción diaria de excretas según tipo de cerdo.	70
Tabla 27. Producción total de estiércol en finca La Primavera.	70
Tabla 28. Volumen total de mezcla.	71
Tabla 29. Volumen total de mezcla.	71
Tabla 30. Producción total de biogás en finca La Primavera.	72
Tabla 31. Producción y venta de biogás.	72
Tabla 32. Producción y venta de biofertilizante.	72
Tabla 33. Lista de maquinaria para planta biodigestora.	75
Tabla 34. Tanques adquiridos.	77
Tabla 35. Leyenda vista de planta biodigestora.	78
Tabla 36. Personal requerido en planta biodigestora.	79
Tabla 37. Costos de adecuación y transporte.	81
Tabla 38. Costos de insumos y materiales de construcción.	81
Tabla 39. Costos de equipos y maquinaria planta de biodigestión.	82



Tabla 40. Costos de mano de obra para instalación y construcción.	83
Tabla 41. Costos operacionales.	83
Tabla 42. Costos de mano de obra para operación.	84
Tabla 43. Depreciación de activos.	84
Tabla 44. Flujo de caja.	86
Tabla 45. Escenarios de sensibilidad.	91

## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Proyección población en el Ariari	51
Gráfico 2. Compra de fertilizantes orgánicos por agricultores.	52
Gráfico 3. Compra de fertilizantes inorgánicos por agricultores.	52
Gráfico 4. Preferencia de fertilizantes por agricultores.	53
Gráfico 5. Fertilizantes orgánicos de mayor compra.	53
Gráfico 6. Fertilizantes inorgánicos de mayor compra.	54
Gráfico 7. Conocimiento término biol/biosol por agricultores.	55
Gráfico 8. Compra de fertilizantes orgánicos de origen animal.	56
Gráfico 9. Fuente de fertilizantes orgánicos comprados por agricultores.	56
Gráfico 10. Nombre de fertilizantes de origen animal comprados por agricultores.	57
Gráfico 11. Uso de fertilizantes en cultivos.	57
Gráfico 12. Venta de fertilizantes orgánicos en casas de insumos agrícolas.	62
Gráfico 13. Venta de fertilizantes inorgánicos en casas de insumos agrícolas.	62
Gráfico 14. Preferencia de fertilizantes.	63
Gráfico 15. Fertilizantes orgánicos de mayor venta.	64
Gráfico 16. Fertilizantes inorgánicos de mayor venta.	65
Gráfico 17. Conocimiento término biol/biosol en casas de insumos.	66
Gráfico 18. Venta de fertilizantes orgánicos de origen animal.	66
Gráfico 19. Fuente de fertilizantes orgánicos.	67
Gráfico 20. Nombre de fertilizantes de origen animal.	67
Gráfico 21. Cultivos en los que se emplean fertilizantes.	68
Gráfico 22. Representación flujo de caja.	86

## LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Sistema de funcionamiento de un biodigestor para producción de biogás y biofertilizante.	24
Figura 2. Contorno finca “La Primavera”.	34
Figura 3. Cultivo de maíz en finca “La Primavera”.	35
Figura 4. Pastoreo de ganado en finca “La Primavera”.	35
Figura 5. Vías principal y secundaria “La Primavera”.	36
Figura 6. Porqueriza en finca “La Primavera”.	36
Figura 7. Granja porcina en finca “La Primavera”.	37
Figura 8. Ubicación planta biodigestora en finca “La Primavera”.	38
Figura 9. Vía secundaria de acceso a finca “La Primavera”.	39
Figura 10. Fertilizantes orgánicos.	44
Figura 11. Fertilizantes inorgánicos.	46
Figura 12. Síntesis de proceso de producción.	75
Figura 13. Vista superior de planta biodigestora.	78
Figura 14. Vista volumétrica de planta biodigestora.	78
Figura 15. Organigrama planta biodigestora.	80

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Diseño encuesta a compradores de fertilizantes.	98
Anexo B. Evidencia aplicación de encuestas a agricultores.	99
Anexo C. Diseño encuesta a comercializadoras de gas.	100
Anexo D. Diseño encuesta a comercializadoras de fertilizantes.	101
Anexo E. Evidencia aplicación de encuestas a casas de insumos.	102
Anexo F. Influencia de la temperatura sobre el tiempo de retención.	102
Anexo G. Impuestos.	103
Anexo H. Escenario 1 - Aumento de costos.	104
Anexo I. Escenario 2 - Disminución de ingresos.	105
Anexo J. Escenario 3 - Multidimensional.	106
Anexo K. Escenario 4 – Punto muerto.	107

## GLOSARIO

**BIODIGESTOR:** es un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño o material; en el cual se almacena basura orgánica mezclada con agua que al descomponerse en ausencia de aire generan biogás

**BIOFERTILIZANTE:** es un fertilizante orgánico natural que ayuda a proporcionar a las plantas todos los nutrientes que necesitan y a mejorar la calidad del suelo creando un entorno microbiológico natural.

**BIOGÁS:** se da este nombre a la mezcla gaseosa producida por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas.

**COSTO:** coste, valor en dinero o en esfuerzo.

**ESTIÉRCOL:** excremento de los animales, abono para las tierras a base de excrementos.

**FACTIBILIDAD:** cualidad o condición de factible.

**PORCINO:** relativo al puerco.

**PRESUPUESTO:** previsión de gastos e ingresos para un periodo determinado, estimación de dinero disponible antes de realizar un gasto.

## RESUMEN

El presente trabajo consigna las pautas generales para el diseño de una planta productora de biogás a base de residuos animales de porcino en la finca La Primavera ubicada en el municipio de Lejanías, Meta; el objetivo del mismo fue establecer la factibilidad técnica y económica del proyecto comparando los costos de su instalación y funcionamiento con las posibles ganancias al ofertar productos al mercado (biogás y bioabono). El proyecto se propuso como una solución directa al manejo y disposición de la gran cantidad de estiércol generado por los casi 100 cerdos presentes en la finca y como una solución indirecta que contribuya a la mitigación de gases emitidos a la atmósfera ( $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ ); a su vez como una fuente de generación de energías alternativas. Se tuvo como marco estructuras generales de un análisis de factibilidad elaborado por diferentes autores, acompañado de conceptos asociados al proceso de gasificación que ayudaron a entender la naturaleza del proyecto. La metodología se basó en una serie de visitas a nichos donde a través de encuestas se conoció el comportamiento del mercado, información que fue analizada y a través de índices de valoración económica se determinó finalmente la factibilidad del proyecto.

Palabras clave: BIODIGESTOR, BIOFERTILIZANTE, BIOGÁS, COSTOS, ESTIÉRCOL, FACTIBILIDAD, PORCINOS, PRESUPUESTO.

## **ABSTRACT**

This paper sets out general guidelines for design of a biogas production plant using pig residues on La Primavera farm located in Lejanías, Meta; the objective was establish technical and economic feasibility of the project, comparing costs of installation and operation with potential gains by offering products to the market (biogas and bio-fuel). Project was proposed as a direct solution to management and disposal of large amount of manure generated by almost 100 pigs in farm and as an indirect solution that contributes to mitigation of gases emitted into the atmosphere ( $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ ), also as a source of alternative energy generation. General structures of a feasibility analysis developed by different authors was used as a guide accompanied by concepts associated with gasification process that helped to understand the nature of project. Methodology was based on visits to niches, through surveys the market behavior was known; this information was analyzed and thanks to economic valuation indexes, the feasibility of the project was finally determined.

Keywords: BIODIGESTOR, BIOFERTILIZER, BIOGAS, BUDGET, COSTS, FEASIBILITY, MANURE, PIGS.

## INTRODUCCIÓN

El biogás se presenta como una solución al problema de los desperdicios orgánicos originados en establecimientos ganaderos, granjas avícolas, industrias alimenticias, industrias forestales, aguas residuales y desperdicios orgánicos de las ciudades (Bragachini, Urrets, Ustarroz, & Bragachini, 2011). Esto gracias al proceso biológico llamado digestión anaerobia que tiene lugar en un biodigestor donde la materia orgánica, en ausencia de oxígeno y con ayuda de bacterias específicas, se descompone en productos gaseosos o biogás ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , entre otros) y en una mezcla de productos minerales llamados digestato (N, P, K, Ca, etc.) mejor conocidos como biofertilizantes (BESEL S.A., 2007).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2011) destaca que el biogás tiene diversas funciones, entre las que están la producción de calor o vapor siendo el uso más simple y con alta acogida en lugares donde los combustibles son escasos ya que proporcionan la energía calórica necesaria para actividades básicas del hogar. También puede ser usado para la generación de electricidad con la implementación de un sistema más complejo y cuando el biogás alcanza una calidad similar a la del gas natural, puede ser usado como combustible para vehículos. Por su parte, el residuo biofermentado o lodo de digestión puede ser usado con fines acondicionadores como principal agente en la restitución al suelo de la materia orgánica; también como biofertilizante en forma líquida o sólida para cultivos agrícolas.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2007) menciona que algunos de los beneficios de la digestión anaerobia son la considerable reducción de los malos olores generados por la descomposición de la materia orgánica, mineralización, producción de energía renovable cuando el gas es aprovechado energéticamente, además de que se sustituye una fuente de energía fósil (no renovable) y uno de los beneficios más atractivos dada la problemática ambiental actual es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la reducción de emisiones que no se controlan del  $\text{CH}_4$  y reducción del  $\text{CO}_2$  ahorrado por sustitución de energía fósil.

La finca La Primavera ubicada en el municipio de Lejanías, Meta, se presenta como una primera oportunidad para evaluar la factibilidad de la implementación de un biodigestor que transforme estiércol de porcino en biogás y biofertilizante para la venta comercial, gracias a que cuenta con una producción mensual de materia prima que no está siendo aprovechada. Con el presente trabajo de grado se pretende determinar dicha factibilidad haciendo uso principalmente de los estudios de mercado, técnico y económico los cuales se valdrán de una pesquisa previa de información primaria y secundaria; todo esto con el fin último de sentar las bases



para una futura implementación de plantas biodigestoras que modernicen el sector agrícola y ganadero en la región del Ariari.

## JUSTIFICACIÓN

Se estima que en el mundo, la producción de cerdos genera alrededor de 668 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, que representan el 9% de las emisiones del sector pecuario (FAO, 2013); con la verificación de factibilidad y posterior implementación de un biodigestor que produzca biogás, biol y biosol mediante un proceso de digestión anaeróbica se espera dar solución a los más de 6000 kg de estiércol que se producen en la finca La Primavera y que contribuyen a la gran cantidad de emisiones que cada año llegan a la atmósfera producto de la actividad pecuaria. Desde el punto de vista ambiental el proyecto contribuye a descomponer contaminantes orgánicos presentes en el estiércol, producto de los pesticidas usados en la agricultura tradicional; también los beneficios tienen que ver con la transformación de material animal que se consideraba desecho, a nuevas fuentes de energía que reemplacen los combustibles fósiles tradicionalmente usados; además de lo mencionado, asimismo contribuye a la generación de un subproducto como el abono (biol y biosol) que por ser de tipo orgánico, no repercute en mayores proporciones a la calidad del medio ambiente.

En cuanto al componente económico, la implementación del proyecto podría contar con solidez en los beneficios monetarios, ya que los propietarios de la finca han manifestado que a pesar de que en algunas ocasiones venden el estiércol a propietarios vecinos, ésta actividad no es constante y depende de las épocas de cosecha; por lo que al obtener productos y subproductos del estiércol, estos pueden obtener un valor comercial en el mercado local y los costos asociados tendrían que ver únicamente con la instalación inicial del biodigestor, ya que la materia prima no tiene costos mayores, más que los relacionados con transporte menor (Flotats, 2013), además de que está disponible de manera gratuita. Lo anterior sujeto a que se demuestre la factibilidad del proyecto mediante el presente trabajo de grado.

Por último, los beneficios de tipo social, están encaminados a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la vereda Tres Estrellas del municipio de Lejanías, lugar donde se realizaría la implementación del proyecto luego de demostrada su factibilidad; ya que se busca suplir un déficit en el abastecimiento de gas en el área rural, lo que aportaría al cumplimiento de sus necesidades básicas insatisfechas (Montaño, Corona & Montelongo, 2009).

La realización propiamente dicha del presente estudio de factibilidad se justifica inicialmente en el ámbito académico ya que se constituye como el último paso para obtener el título como Tecnólogo en Sistemas Agroforestales y es una magnífica oportunidad para afianzar los conocimientos aprendidos durante todo el proceso de aprendizaje en asignaturas como costos y presupuestos, instalaciones agroforestales y aprovechamiento agroforestal y de esta forma aplicar de manera

directa lo aprendido a la solución de problemáticas e inquietudes que atañan al agro colombiano.

En el ámbito social, este estudio de factibilidad sirve como punto de partida para que, desde pequeños hasta grandes productores pecuarios, tecnifiquen la disposición final de residuos animales y a gran escala contribuyan a la mejora y optimización de toda la cadena de producción; lo que posteriormente traerá mejores ingresos económicos que mejoren su calidad de vida.

Finalmente, y además de las razones ya explicadas, este trabajo de aplicación se constituye como lo que podría ser un primer acercamiento al qué hacer laboral de mi persona, debido a que los propietarios de la Finca La Primavera están interesados en conocer otras alternativas de ingresos económicos y requieren de personal capacitado y titulado que aporte una visión integral a la realización de futuros proyectos.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer la factibilidad de la implementación de un biodigestor que transforme estiércol de porcino en biogás y biofertilizante para la venta comercial, en la finca La Primavera, municipio de Lejanías, Meta.

#### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Realizar el análisis de mercado donde se caracterice el producto, la oferta y la demanda.
- Desarrollar el estudio técnico contemplando los procesos operativos, tecnológicos y humanos necesarios para el establecimiento de la planta gasificadora.
- Efectuar la viabilidad económica del proyecto a través del análisis de los costos y beneficios.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Meta se encuentra dentro de los departamentos con mayor producción ganadera en Colombia, junto con Córdoba, Antioquia, Casanare, Caquetá y Cesar (UNAD, 2016); esto se traduce en una serie de consecuencias no tan positivas derivadas de esta actividad, entre ellas erosión del suelo, degradación de los recursos hídricos, generación de gases efecto invernadero y cambio del uso del suelo (FAO, 2014).

El documento titulado “Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería” menciona que la actividad ganadera genera alrededor de 7 gigatoneladas (Gt) de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al año, producidas principalmente por la fermentación entérica o producción de metano por el proceso digestivo de los rumiantes. Esto llevó a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a plantear una serie de estrategias que mitiguen o compensen el impacto de esta actividad, entre las que mencionan el optimizar toda la cadena de producción y manejo desde que el animal es obtenido por el propietario hasta que se dispone su estiércol.

Bajo la anterior premisa, se tiene que el manejo adecuado de los residuos producto de la actividad agropecuaria puede generar una conversión atractiva económica y ambientalmente, ya que pasarían de ser estiércol a ser biomasa en distintas formas de energía. La biomasa pasa por un proceso de digestión anaeróbica, mediante varias reacciones químicas para generar biogás (constituido principalmente por metano CH<sub>4</sub> y dióxido de carbono CO<sub>2</sub>), dicho biogás puede ser usado como combustible y/o electricidad. Es así como un método de tratamiento de residuos tan efectivo como la digestión anaeróbica, permitiría disminuir la gran cantidad de materia orgánica contaminante, estabilizándola en bioabonos y al tiempo, produciendo energía de tipo biogás.

La finca La Primavera, en la cual tuvo lugar el proyecto, es una granja porcina tecnificada con una población aproximada de 86 cerdos entre lechones, cerdos de levante, de ceba, hembras de reemplazo entre otros; los cuales producen aproximadamente 6000 kilogramos de estiércol al mes. Este proyecto pretende ser una solución a la excesiva cantidad de estiércol generada por los porcinos, en donde se buscará monetizar dichos residuos que tradicionalmente han sido vendidos para abono a bajo costo y de manera intermitente dependiendo de las épocas de cosecha de fincas vecinas. También busca ser una alternativa de uso de energía, en donde los pobladores vecinos a la finca no dependan de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, sino que inicien una cultura de uso de energías renovables, a través de la compra de biogás generado en su entorno inmediato. Todo ello enmarcado en la idea de mitigar un poco el impacto generado al medio ambiente ocasionado por el metano y el dióxido de carbono.

Con el presente proyecto se pretendió responder a la pregunta de si ¿es factible la instalación y puesta en marcha de un biodigestor que convierta estiércol de porcino en biogás, biol y biosol? esto mediante la comparación del costo de producción de estos productos y la ganancia recibida al venderlos en el mercado local. De igual forma se espera responder a ¿Cuáles son las características del producto, de la oferta y de la demanda que permiten hacer un análisis de mercado completo y de confianza?, ¿Cuáles son los procesos operativos, tecnológicos y humanos que se requieren para el establecimiento de la planta? y ¿Es positiva o negativa la relación de los costos y beneficios?, inquietudes que ayudan a dar respuesta a la pregunta de investigación principal.

### **3. MARCO CONCEPTUAL**

#### **3.1 DIGESTIÓN ANAERÓBICA**

Según FAO (2011) la digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un sustrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores. Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico.

En la digestión anaeróbica, los microorganismos metanogénicos desempeñan la función de enzimas respiratorios y, junto con las bacterias no metanogénicas, constituyen una cadena alimentaria que guarda relación con las cadenas enzimáticas de células aeróbicas. De esta forma, los residuos orgánicos se transforman completamente en biogás que abandona el sistema. Sin embargo, el biogás generado suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y aprovechamiento del mismo.

Grass (2013) describe de manera breve y concisa las cuatro etapas que tienen lugar durante el proceso de digestión anaeróbica:

##### **3.1.1 Hidrólisis**

Los microorganismos anaeróbicos excretan enzimas hidrolíticas que se encargan de romper los enlaces de polisacáridos que forman el sustrato, dando como resultado unidades simples de azúcares, grasas y aminoácidos.

##### **3.1.2 Acidogénesis**

Los compuestos anteriormente formados son asimilados por algunos microorganismos, produciendo gran cantidad de ácidos orgánicos. Aquí también se generan gases como dióxido de carbono, hidrógeno y pequeñas cantidades de amoníaco, ácido sulfhídrico y alcoholes, en especial glicerol.

##### **3.1.3 Acetogénesis**

Bacterias llamadas acetogénicas (de lento crecimiento), se encargan de metabolizar los alcoholes, el ácido láctico y los ácidos grasos volátiles, produciendo ácido acético e hidrógeno.

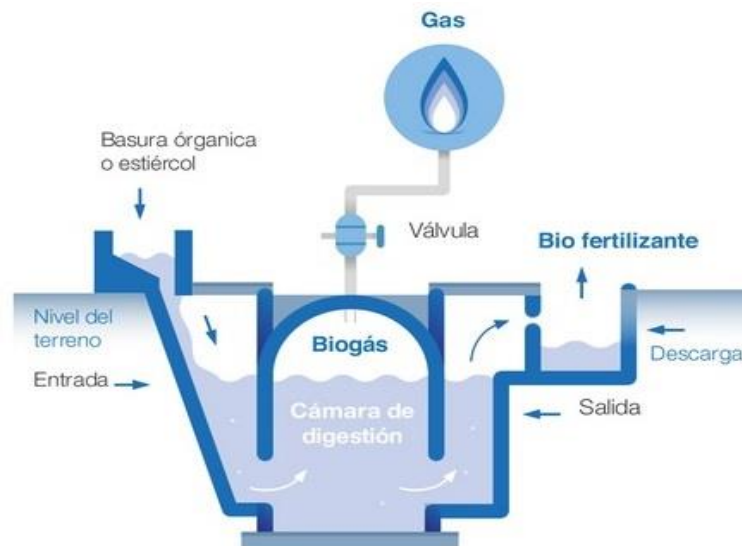
### 3.1.4 Metanogénesis

Bacterias denominadas metanogénicas transforman el acetato, el hidrógeno y el dióxido de carbono en metano, dióxido de carbono y agua.

## 3.2 BIODIGESTORES

Un biodigestor consiste en un depósito cerrado, donde se introducen residuos orgánicos mezclados con agua para que microorganismos los digieran. El biogás generado en este proceso puede ser almacenado en un domo o campana ubicada en la parte superior del digestor, la cual puede ser rígida o flotante. La figura 1 ilustra el sistema de funcionamiento de un biodigestor convencional para la producción de biogás y bioabono.

Figura 1. Sistema de funcionamiento de un biodigestor para producción de biogás y biofertilizante.



Fuente: Garzón, 2009.

De manera general, a continuación, se listan los principales componentes de un biodigestor o digestor anaeróbico:

- Reactor



- Entrada del afluente
- Salida del efluente
- Extracción de lodos
- Sistemas de gas: Cúpula de gas, Válvulas de seguridad y rompedora de vacío, Apagallamas, Válvulas térmicas, Separadores de sedimentos, Purgadores de condensado, Medidores de gas, Manómetros, Reguladores de presión, Almacenamiento del gas, Quemador de los gases sobrantes.

La selección de un tipo de biodigestor en específico depende de la complejidad y de su utilización; la siguiente clasificación se realizó según su modo de operación con relación a su alimentación o carga:

### **3.2.1 Continuos**

Son aquellos donde la alimentación del digestor es un proceso interrumpido y la producción de biogás se da de manera uniforme en el tiempo gracias a que el efluente de descarga es igual al afluente de carga. Estos se utilizan generalmente para el tratamiento de aguas negras.

### **3.2.2 Semi continuos**

En este tipo de digestor la primera carga que se introduce es de gran cantidad, luego se agregan nuevos volúmenes y la descarga del efluente es por lo regular la misma que se incorporó. Este tipo es popular en el medio rural pues es ideal para pequeños sistemas de uso doméstico y pueden ser de tipo Indiano o Chino.

### **3.2.3 Discontinuos**

Los digestores son cargados con una sola carga, luego de un periodo de fermentación y de que el contenido de materia prima y del rendimiento del biogás decae, se vacía y se alimenta de nuevo. Pueden ser de tipo Batch o Batelada.

## **3.3 GENERALIDADES DEL ESTIÉRCOL DE PORCINO**

En la siguiente tabla se establece una comparación entre la cantidad de biogás que se puede obtener de diferentes tipos de residuo animal (entre otras características); se puede evidenciar que el volumen de biogás generado por porcinos en relación a la disponibilidad de estiércol, es más significativo que el generado por bovinos u ovinos, lo que será un factor importante en la determinación de la factibilidad del presente proyecto.

Tabla 1. Producción de biogás por tipo de residuo animal.

Estiércol	Disponibilidad kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m <sup>3</sup> /kg húmedo	m <sup>3</sup> /día/año
Bovino (500 kg)	10,00	25:1	0,04	0,400
Porcino (50 kg)	2,25	13:1	0,06	0,135
Aves (2 kg)	0,18	19:1	0,08	0,014
Ovino (32 kg)	1,50	35:1	0,05	0,075
Caprino (50 kg)	2,00	40:1	0,05	0,100
Equino (450 kg)	10,00	50:1	0,04	0,400
Conejo (3 kg)	0,35	13:1	0,06	0,021

\*El dato se refiere a la cantidad estimada de estiércol que es posible recolectar de todo el producto.

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Es la recopilación de datos o información que posee una amplia relevancia, y tienen que ver con la naturaleza de un proyecto que se toman como base para tomar la mejor decisión en relación a su desarrollo, estudio o implementación. La factibilidad se apoya en tres aspectos:

#### 4.1.1 Mercado

Contempla toda la caracterización del producto, la oferta y la demanda del mismo y de sus compradores. Martínez (2014) menciona que debe abarcar los siguientes componentes:

- El producto: Identificación, especificaciones técnicas, durabilidad del producto o productos; también los productos sustitutos o similares y los productos complementarios.
- La demanda: Se describe la distribución y tipología de los consumidores, cómo es el comportamiento actual, se muestran algunas series estadísticas básicas, la metodología para la evaluación de los datos, determinación de la curva de demanda, determinación de la demanda actual y futura y los factores que la condicionan.
- La oferta: Distribución y topología de los ofertantes, su comportamiento actual, series estadísticas básicas, determinación de la oferta actual y futura, metodología para la evaluación de los datos y los factores que condicionan la oferta futura.
- Precios del producto: Es necesario presentar una serie histórica de precios, analizar y evaluar esos datos y contar cómo es el proceso de comercialización.

#### 4.1.2. Técnico y/o operativo

Aquí se contemplan todos los recursos que tienen que ver con algún tipo de actividad (procesos); tienen gran importancia los recursos humanos que participan durante la operación del proyecto. Son los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, entre otros, que se necesitan para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Estos recursos deben ser elementos tangibles, que se puedan medir.

- Capacidad de la empresa: Factores que condicionan su tamaño, la capacidad instalada y la capacidad utilizada.

- Programa de producción y ventas
- Procesos y tecnología: Descripción del proceso productivo acompañado de un flujograma, listar las maquinarias, equipos y herramientas, además hacer una descripción de las instalaciones necesarias. A través de una vista de planta u otra herramienta se debe mostrar la distribución física y los factores que determinan dicha localización
- Insumos requeridos: Requerimiento de insumos y su precio, además de la disponibilidad y el origen. Insumos sustitutos y desperdicio.
- Requerimiento personal y su costo
- Organización

#### **4.1.3. Económico**

Por lo general este elemento es el más importante y se refiere a los recursos económicos y financieros que se necesitan para llevar a cabo el proyecto.

- Necesidades totales de capital: Requerimiento total de activos, modalidad y fuentes de financiamiento, amortización de la deuda, inversión anual durante la vida del proyecto, depreciación y amortización de la inversión
- Estructura de costo con financiamiento
- Flujo de caja con financiamiento
- Ingresos totales anuales
- Capacidad de pago
- Índices de evaluación del proyecto: Se puede escoger uno o varios entre Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Periodo de Recuperación del Capital, Relación Costo-Beneficio.
- Análisis de sensibilidad

Publicaciones realizadas por Grass (2013), El Ministerio de Energía de Chile y la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (2012), Mejía & Ramírez (2005) y Mantilla, Duque & Galeano (2007) fueron tomadas como base debido a que son estudios de factibilidad para plantas de biogás propiamente dichas y consigan una metodología mucho más aterrizada a la naturaleza del presente proyecto.

## **5. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO**

### **5.1 ACTORES**

La determinación de la factibilidad de la implementación de un biodigestor que transforme estiércol de porcino en biogás y biofertilizante para la venta comercial en la finca La Primavera, municipio de Lejanías, Meta se plantea como una propuesta de trabajo de grado para optar por el título de Tecnólogo en Sistemas Agroforestales, pero principalmente como respuesta a la inquietud generada por los propietarios de la finca acerca de qué tratamiento darle a estos residuos orgánicos; es así como permitieron las constantes visitas a su propiedad para caracterizar la zona y recolectar toda la información primaria necesaria, razón por la cual se perfilan como los principales actores dentro de la realización de este trabajo. Por supuesto se contó con el aval y guía académica por parte de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y del docente Raúl Vargas Vargas, quienes fueron de amplia ayuda en el desarrollo de este trabajo aplicado.

Otros actores importantes fueron las casas comercializadoras de insumos agrícolas, compradores frecuentes de estos insumos y la empresa comercializadora de gas en la región del Ariari, quienes colaboraron respondiendo a encuestas planteadas que buscaban caracterizar el producto y a sus compradores.

### **5.2 ANTECEDENTES**

Gracias a que la implementación de un biodigestor es relativamente fácil debido a que puede construirse con materiales económicos y en condiciones no tan favorables, este sistema se ha empleado en muchos países en vías de desarrollo y ha alcanzado la cifra de más de 30 millones funcionando en el mundo, sin embargo, en Latinoamérica sólo Cuba, Brasil, Costa Rica y Colombia han desarrollado esta tecnología en áreas rurales.

En Colombia se destacan los biodigestores construidos en Bogotá, específicamente en el Jardín Botánico, donde se tiene una carga de dos toneladas diarias de residuos que alimentan una planta de biogásificación produciendo más del 90% de la energía del recinto. En Medellín, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando produce biogás con un moderno sistema que también sirvió de ejemplo para la construcción de una planta de gasificación en el Relleno Sanitario de la Pradera, encargado del tratamiento de residuos urbanos de la región.

Específicamente hablando de plantas de biogás, el experto alemán Weltec Biopower recalca que el país latinoamericano con mayor potencial es Brasil gracias a su desarrollado sector agrario y a la fermentación industrial de la caña de azúcar y aunque en Argentina y Uruguay hay dos plantas que cumplen con los estándares europeos, aún hace falta concretar e incentivar su uso en los demás países latinoamericanos (Sánchez, 2014).

### **5.3 POLÍTICAS Y NORMATIVIDAD**

Colombia no cuenta actualmente con una política pública que dirija el establecimiento y puesta en marcha de biodigestores, se tiene una serie de ensayos y recopilaciones de experiencias aisladas que sirven de guía, pero no un documento oficialmente estandarizado.

Relacionado con biomasa y residuos sólidos orgánicos dos publicaciones hacen parte de las más relevantes, Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por Jaramillo & Zapata (2008) y Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia por la Unidad de Planeación Minero Energética, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colciencias y la Universidad Industrial de Santander, siendo los documentos que mejor soportan la implementación de un biodigestor en el país.

En cuanto a normatividad, entidades gubernamentales como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Instituto Colombiano Agropecuario han generado normativa relacionada con la disposición y tratamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia derivando en otras disposiciones para fertilizantes y abonos orgánicos los cuales tienen estrecha relación con el presente proyecto; a continuación, se presenta una síntesis (Jaramillo & Zapata, 2008) de lo más notable:

- Decreto 2202 de 1968: Por el cual se reglamenta la industria y comercio de los abonos o fertilizantes químicos simples, químicos compuestos, orgánicos naturales, orgánicos reforzados, enmiendas y acondicionadores del suelo, y se derogan unas disposiciones.
- Resolución 074 de 2002: Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. El prefijo BIO únicamente puede ser utilizado en acondicionadores orgánicos registrados para agricultura ecológica, que involucren microorganismos en su composición.

- Resolución ICA No. 00150 del 21 de enero de 2003. Por el cual se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia.
- NTC-ISO 8634. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande. Fertilizantes sólidos.
- NTC 35. 98-03-18. Abonos y fertilizantes. Determinación de la humedad. Del agua libre y del agua total. Establece los métodos para determinar el contenido de humedad, agua libre y agua total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.
- NTC 1927. 01-10-31. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones. Clasificación y fuentes de materias primas. Define los términos relacionados con fertilizantes, acondicionadores del suelo, fuentes de materias primas, y sus clasificaciones.
- NTC 40. 03-03-19. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Etiquetado. Establece los requisitos que debe cumplir el etiquetado de los envases y embalajes destinados para fertilizantes y acondicionadores de suelos.
- NTC 5167. 2004-05-31. Productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Establece requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como fertilizantes o como acondicionadores del suelo. Reglamenta los limitantes actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia algunos parámetros para los análisis microbiológicos.

## 6. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

El Manual de Biogás de la FAO, considera estos factores, como los más importantes a tener en cuenta para la elección del lugar donde se construya la planta:

- Materia prima accesible, es decir que la porqueriza se encuentre cerca al biodigestor, de tal forma que la recolección y transporte de estiércol se simplifique. También se debe tener acceso a suficiente agua para cumplir con la carga calculada.
- En lo posible que el lugar de instalación de la planta esté cercano a los sitios donde será comprado o se usará el biogás.
- Facilidad para el empleo del bioabono o su almacenamiento.
- Topografía del sitio con el fin de evitar sobre costos en la adecuación de este; así mismo tener presente las características del suelo y su estabilidad para evitar emergencias.

La finca “La Primavera” seleccionada para realizar el proyecto está ubicada en el departamento del Meta, municipio de Lejanías, en la vereda Tres Estrellas, a continuación, se describe lo más destacado presente en el Esquema de Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo Municipal.

### 6.1 LEJANÍAS, META

Municipio del Departamento del Meta perteneciente a la subregión del Ariari, con una población de más de 9400 habitantes, ubicado a 128 km de la ciudad de Villavicencio, con una extensión total de 788 km<sup>2</sup> que limita al norte con los municipios de Cubarral y El Castillo, al sur con San Juan de Arama y Mesetas, al oriente con El Castillo y Granada y al occidente con Mesetas. Presenta una temperatura media de 26°C con una altitud del casco urbano que oscila entre los 670 y 750 m.s.n.m. y del municipio en general desde los 500 hasta los 3500 m.s.n.m.; y una precipitación promedio de 3300 mm. Los meses de febrero y marzo presentan el déficit de agua más significativo mientras que los excesos tienen lugar entre abril y diciembre.

Lejanías se caracteriza por ser un municipio con una amplia hidrografía, pues tiene presencia de los ríos Guape, Yucapé, Urichare, Guejar y quebrada La Cristalina. La fisiografía en su mayoría responde a la unidad fisiográfica de megacuenca de sedimentación con un relieve ondulado a quebrado y pendientes entre los 7% y 25% con fenómenos geológicos de reptación y deslizamientos puntuales.



La economía del municipio gira en torno a un sector agrícola donde se destaca el cultivo de cítricos tales como naranja tangelo, naranja valenciana, lima ácida, tahiti y mandarina arrayana; además del cultivo de maracuyá, aguacate, papaya, pera, yuca, plátano, maíz, café, mora, guanábana, tomate y tomate de árbol. El sector pecuario es el segundo más importante con alta presencia de ganadería de doble propósito y carne; y con igual importancia la producción porcina, piscícola y la avícola de engorde. Finalmente, el sector de recreación y turismo está presentando un auge gracias a atracciones como las cascadas y piscinas naturales del Güejar, las playas del río Guape, entre otros.

## **6.2 VEREDA TRES ESTRELLAS**

Lejanías cuenta con un área rural dividida en 38 veredas donde Tres Estrellas tiene 180 habitantes y es una de las pocas que, junto con el Topacio, Las Margaritas, Los Laureles y Los Veinticuatro, cuenta con acueducto.

La vereda Tres Estrellas tiene un suelo con aptitud orientada a la utilización con ganadería semintensiva con pastos introducidos (Braquiaria, Puntero) y pastos de corte, con protección de la regeneración natural y asociado con actividades forestales de protección producción. Sin embargo, el uso actual está asociado a actividades de ceba, pequeños núcleos de ganadería de doble propósito y agricultura de pancoger, con predominio de pastos introducidos o mejorados.

## **6.3 FINCA “LA PRIMAVERA”**

Coordenadas: 3°29'40.5"N 73°58'51.0"W

Propietarios: Andrés Torres, Francisco Torres y David Torres.

Figura 2. Contorno finca “La Primavera”.



Fuente: Google Maps, 2017

La finca “La Primavera” tiene un área total de 160 hectáreas, 108 ha arriba del rio Urichare, 52 ha abajo del rio Urichare las cuales están distribuidas así:

Tabla 2. Usos actuales finca “La Primavera”.

Distribución área (hectáreas)	Uso actual
25	Pastoreo de ganado (40 animales) y porquerizas
70	Cultivo de maíz (Cultivo de 6 meses)
20	Cultivo de naranja (Cultivo de 18 meses).
20	Pastos arrendados
3	Construcciones e instalaciones (Casa con patio, pesebreras, corral para lechería, instalación de cultivo de lombriz)
18	Suelo con pendiente >10% de uso forestal
2	Disponibles para realización del proyecto

Fuente: Torres, 2017

En su mayoría, “La Primavera” es una finca agrícola con más de 90 hectáreas destinadas al cultivo de maíz y naranja, combinado con 45 ha de sistemas de pastoreo y 2 ha disponibles que serían las usadas para la instalación de la planta biodigestora.

Figura 3. Cultivo de maíz en finca “La Primavera”.



Fuente: Autoría propia, 2017

Figura 4. Pastoreo de ganado en finca “La Primavera”.



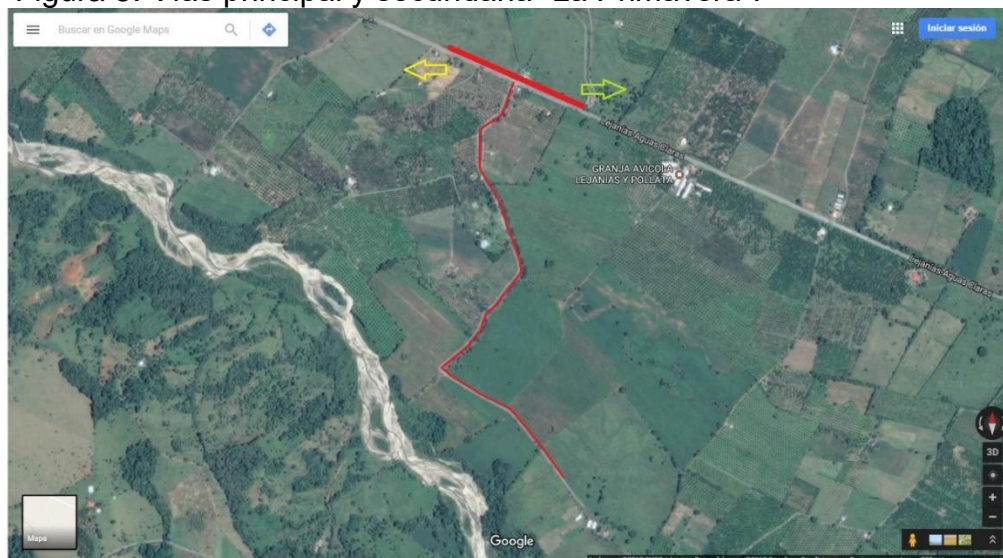
Fuente: Autoría propia, 2017

Distancias de referencia:

- Distancia de planta biodigestora a vía principal: 1.6 km (Línea roja delgada)
- Distancia de vía principal a casco urbano Lejanías: 5 km (Flecha izquierda)
- Distancia de vía principal a casco urbano municipio de Granada: 35 km (Flecha derecha)



Figura 5. Vías principal y secundaria “La Primavera”.



Fuente: Google Maps, 2017

La finca “La Primavera” posee una granja porcina con una población de 86 cerdos entre lechones, cerdos de levante, de ceba, hembras de reemplazo, entre otros; con una producción aproximada de 6063 kilogramos de estiércol al mes.

Figura 6. Porqueriza en finca “La Primavera”.



Fuente: Autoría propia, 2017

Figura 7. Granja porcina en finca “La Primavera”.



Fuente: Autoría propia, 2017

#### **6.4 SELECCIÓN DE UBICACIÓN PLANTA BIODIGESTORA**

Gracias a las visitas realizadas a la finca “La Primavera” se pudo seleccionar el mejor lugar para la instalación de la planta biodigestora, su ubicación precisa está demarcada en el recuadro rojo de la figura 8:

Figura 8. Ubicación planta biodigestora en finca “La Primavera”.



Fuente: Autoría propia, 2017

Dicha ubicación fue seleccionada dadas las siguientes características:

- Es un punto de fácil acceso, ya que está ubicado a 1,6 km de distancia de la vía principal Lejanías - Aguas Claras y aunque es una vía secundaria no pavimentada, se encuentra en perfecto estado y puede ingresar cualquier tipo de vehículo automotor. La vía principal por su parte está en perfectas condiciones y a sólo 5 km del casco urbano de Lejanías y a 35 km del casco urbano del municipio de Granada.



Figura 9. Vía secundaria de acceso a finca “La Primavera”.



Fuente: Autoría propia, 2017

- La cercanía del punto de instalación de la planta a la vía secundaria facilitaría el ingreso de material para construcción, el ingreso y salida del carro tanque que se abastecería del biogás y la salida del producto biol y biosol.
- La planta biodigestora quedaría instalada aproximadamente a 20 metros de la porqueriza, lo que facilita la recolección y transporte del estiércol.
- Quedaría ubicada cerca de la vivienda desde donde puede prestarse cuidado y seguridad a las instalaciones de la planta biodigestora pero no lo suficiente como para que las personas que allí habitan sean afectadas por algún tipo de olor.
- El funcionamiento del biodigestor no generaría ningún tipo de afectación a los habitantes vecinos (olores, ruidos).
- El terreno no necesita mayor adecuación por tratarse de una zona plana.

## 7. ESTUDIO DE MERCADO

### 7.1 PRODUCTO

Para la caracterización de los productos se ha recopilado información no sólo del municipio de Lejanías donde se instalará la planta, sino también del municipio aledaño Granada, con la justificación de que este último posee una economía más dinámica y aporta información de variables que no es posible adquirir en Lejanías; a su vez con el fin de ampliar el nicho de posibles compradores de los productos por si la demanda no es suficiente en Lejanías.

#### 7.1.1 Biogás

##### ➤ Caracterización

El biogás es la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias (Mejía, Mejía & Ramírez, 2005). Puede resultar de la fermentación de materias primas renovables tanto vegetales como de desechos animales, también de los desechos de la industria agropecuaria o alimentaria.

Está compuesto principalmente por dióxido de carbono y metano; sin embargo la fracción de este último varía dependiendo del contenido de grasas, proteínas y carbohidratos presentes en los diferentes sustratos y puede estar entre el 50% y el 75% (MINENERGÍA & GIZ, 2012).

Las múltiples ventajas que tiene el biogás se enlistan a continuación:

- Según FAO (2011) el biogás tiene diversos usos entre los que se destacan la producción de calor o vapor, siendo este el más simple y propicio para lugares donde los combustibles escasean y donde se usaría para actividades básicas como cocinar o calentar agua. Para la generación de electricidad y como combustible para vehículos son otras de las opciones que se tienen.
- Lo anterior por supuesto posiciona al biogás como una fuente de energía renovable y de uso eficiente.
- El hecho de que se produzca a base de residuos hace que el biogás sea una fuente de descontaminación y por supuesto una actividad que evita que haya mayor impacto negativo sobre los recursos naturales.

Algunas desventajas que se tienen es que produce menos energía por unidad de volumen en relación a otros gases, sumado a que su almacenamiento puede ser algo complicado.



➤ **Especificaciones técnicas**

La tabla 3 muestra los principales componentes del biogás y los rangos en que varían las concentraciones cuando se trata de residuos agrícolas y ganaderos:

Tabla 3. Composición del biogás producto de residuos agrícolas y ganaderos.

Componente	Residuos agrícolas y ganaderos
CH <sub>4</sub> Metano	50 – 80%
CO <sub>2</sub> Dióxido de carbono	30 – 50%
N <sub>2</sub> Nitrógeno	0 – 1%
O <sub>2</sub> Oxígeno	0 – 1%
H <sub>2</sub> Hidrógeno	0 – 2%
CO Monóxido de carbono	0 – 1%
H <sub>2</sub> S Sulfuro de hidrógeno	100 – 7000 ppm
NH <sub>3</sub> Amoníaco	Trazas
Vapor de agua	Saturación
Orgánicos	Trazas

Fuente: CIEMAT, 2008

Es de destacar el porcentaje de metano que posee el biogás que en promedio es del 65%, ya que es el compuesto por excelencia que determina la calidad de este producto.

➤ **Productos sustitutos**

El consumidor de un producto responde a la alteración de algunas variables que le afectan de manera directa, tales como el precio; esta respuesta tiene repercusión sobre la clasificación de dichos bienes, los cuales pueden ser sustitutos o complementarios. Miranda (2011) define los productos sustitutos como los que se utilizan en lugar de otro y que por supuesto satisfacen necesidades similares; para el caso del biogás los productos sustitutos son el gas natural y el gas propano, con los cuales se presenta la siguiente comparación de sus propiedades más importantes:

Tabla 4. Valor energético en biogás y otras fuentes.

Valores	Biogás*	Gas natural	Gas propano
Valor calorífico (Kwh/m <sup>3</sup> )	7,0	10	26
Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,08	0,7	2,01
Densidad con respecto al aire	0,81	0,54	1,51
Límite de explosión (% de gas en el aire)	6-12	5-15	2-10
Temperatura de encendido	687	650	470

Máxima velocidad de encendido en el aire (m/s)	0,31	0,39	0,42
Requerimiento teórico de aire (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	6,6	9,5	23,9

\*Composición promedio del biogás: CH<sub>4</sub> (65%) – CO<sub>2</sub> (35%)

Fuente: FAO, 2011

Está claro que el poder o valor calorífico en el biogás que es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa del combustible; es menor que en los productos sustitutos; es decir que se necesita mayor cantidad de biogás que de gas natural o gas propano para lograr igual eficiencia, lo que podría constituirse como una desventaja comparativa.

### ➤ Precios

En los municipios de Lejanías y Granada no se produce biogás a partir de residuos vegetales o animales, por lo tanto, no se tienen registros de precios; sin embargo, sí se recopiló información sobre el valor del m<sup>3</sup> de gas natural por el que pagan más del 80% de los habitantes del área urbana del municipio de Granada, quienes tienen acceso a este servicio:

Tabla 5. Valor del m<sup>3</sup> de gas natural en área urbana Granada.

Rango m <sup>3</sup> GAS	Valor (\$)
0-20	1.383,35
>20	1.132,16

Fuente: Llanogas S.A., 2017

En Lejanías y en el área rural de Granada no se cuenta con servicio de gas natural por lo tanto los usuarios adquieren pipetas de gas propano, las cuales oscilan entre los siguientes valores:

Tabla 6. Precios promedios de pipetas de gas propano en Lejanías y Granada.

Presentación	Valor promedio (\$)
Cilindro 45 Kg (100 Lb)	114.644
Cilindro 35 Kg (77 Lb)	97.825
Cilindro 18 Kg (40 Lb)	53.186
Cilindro 15 Kg (33 Lb)	43.828
Cilindro 9 Kg (20 Lb)	27.071
Entrega carrotanque (gl)	4.130

Fuente: Varios, 2017

### ➤ **Comercialización y distribución**

La empresa Llanogas S.A. es la encargada de la instalación y provisión de la red de gas natural en el casco urbano de Granada; en los barrios más pobres y en las zonas veredales de este municipio y en la totalidad de Lejanías donde no se cuenta con dicha instalación, se comercializa y distribuye pipetas de gas propano las cuales son vendidas por las empresas Rayogas S.A. - E.S.P, Gas Zipa S.A. – E.S.P y GLP S.A.S. – E.S.P en sus sedes principales o a través de un carro repartidor que hace ruta dos veces por semana.

### **7.1.2 Biol y biosol**

#### ➤ **Caracterización**

Son abonos orgánicos en estado líquido y sólido respectivamente, que se originan gracias al proceso de descomposición de materiales orgánicos como estiércoles de animales o plantas verdes; todo esto en ausencia de oxígeno. Son comúnmente llamados biofertilizantes ya que son ecológica y económicamente viables y contienen nutrientes que son asimilados con mayor facilidad por las plantas (INIA, 2008).

Otras propiedades que hacen del biol y biosol excelentes fertilizantes son:

- ✓ Fuentes de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio o azufre.
- ✓ Fitoreguladores de crecimiento ya que están compuestos de fitohormonas que aceleran el vigor de la planta, inducen la floración y fructificación y acelera la maduración de los cultivos.
- ✓ Luego de salir del biodigestor es un material que no genera olores y no atrae insectos una vez utilizado en el suelo.
- ✓ Facilitan la recuperación del cultivo cuando ocurra daño por helada o granizadas.
- ✓ Los ingredientes pueden variar, por lo tanto, no existe un protocolo que deba ser seguido estrictamente.
- ✓ Sencilla preparación y preservación, además de que el costo es muy bajo.
- ✓ Son productos biológicamente estables, ricos en humus y una baja carga de patógenos.
- ✓ Tienen una buena actividad biológica lo que potencia el desarrollo de microflora, hongos y levaduras que aportan grandes beneficios a los suelos improductivos o desgastados.

➤ **Especificaciones técnicas**

Según análisis de laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (2015) los siguientes son los contenidos ideales de nutrientes que deben poseer el biol y biosol para ser considerados de buena calidad:

Tabla 7. Contenido nutrientes en biol y biosol.

Muestra	K (%)	Mg (%)	Cu (mg.kg-1)	Co (mg.kg-1)	Fe (mg.kg-1)	Mn (mg.kg-1)	Zn (mg.kg-1)
Cerdo	0,04	0,013	0,2	0,1	1,6	0,8	0,6
Muestra	Ph	Conductividad eléctrica (ms.cm-1)	Densidad (g.cm-3)	Nitrógeno total (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Sólidos totales (%)	
Cerdo	7,29	10,3	0,97	0,41	0,05	0,48	

Fuente: UAAAN, 2015

➤ **Productos sustitutos**

Para los abonos biol y biosol los productos sustitutos son los otros abonos de tipo orgánico de fuentes como residuos urbanos, residuos vegetales, lombrices, entre otros (Novoa, 2010). En el municipio de Lejanías no se producen estos abonos, de hecho, los únicos productores de abono de lombriz californiana en la cercanía de la finca “La Primavera” son los mismos propietarios; sin embargo en las casas comercializadoras de insumos sí se encontró la oferta de abono proveniente de gallina, lombriz y residuos vegetales, es decir que aunque no existan productores cerca de la zona de influencia del proyecto, sí se traen de otros lugares para ser vendidos en la región del Ariari.

Figura 10. Fertilizantes orgánicos.





Fuente: Varios, 2017

La tabla 8 muestra que el porcentaje de nitrógeno total, óxido de fósforo y óxido de potasio en el estiércol es mayor que en los otros biofertilizantes; en cuanto al porcentaje de materia orgánica el valor de 49% es similar al que presenta el humus de lombriz; sin embargo, esto destaca las propiedades químicas de este fertilizante sobre los demás de origen orgánico.

Tabla 8. Composición química estiércol y otras fuentes.

Bio Fertilizante	Nitrógeno total (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Materia orgánica (%)	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	pH 1:1
Estiércol	1,64	0,96	4,92	49,09	19,65	7,60
Compost	1,39	0,67	0,69	45,10	8,60	6,40
Humus lombriz	1,54	0,21	0,46	49,44	3,80	4,60

Fuente: Coronado, 1997

### ➤ Productos complementarios

Un bien complementario es aquel que se utiliza junto con otro; y según Novoa (2010) en cualquier cultivo agrícola bien dirigido, deben utilizarse los dos tipos de fertilizante (orgánico e inorgánico) ya que las necesidades nutricionales varían y las dosis y tipos de abonos deben ajustarse de acuerdo a estas; por tal motivo los productos complementarios de los abonos orgánicos son los inorgánicos o minerales los cuales se constituyen en una fuerte competencia ya que por tradición son los más usados por agricultores en la región.

Dentro de la información recolectada en las encuestas a locales comercializadores de insumos agrícolas, se encontró que los siguientes son los de mayor venta:

Figura 11. Fertilizantes inorgánicos.



Fuente: Varios, 2017

➤ **Precios**

Valores consultados gracias a las encuestas aplicadas en los locales comercializadores de insumos; no se encontraron precios para fertilizantes tipo biol.

Tabla 9. Precios de abonos orgánicos de venta formal.

Presentación	Precio (\$)
Bulto 50 Kg	15.000
	17.000
	19.000
	20.000
	25.000
	30.000

Fuente: Varios, 2017

Tabla 10. Precios de abonos inorgánicos de venta formal.

Presentación	Precio (\$)
Bulto 50 Kg	65.000
	70.000
	75.000
	80.000

Fuente: Varios, 2017

Los siguientes precios de referencia fueron consultados de fuentes secundarias:

Tabla 11. Precios de abonos orgánicos de venta informal.

Presentación	Fuente	Precio (\$)
Bulto 30 Kg	Residuos orgánicos urbanos	33.000
Bulto 15 Kg	Residuos orgánicos urbanos	20.000
Bolsa 5 Kg	Residuos orgánicos urbanos	7.500
Bolsa 15 Kg	Residuos vegetales	15.000
Bulto 50 Kg	Lombrices	50.000
Bulto 40 Kg	Lombrices	26.000
Bolsa 1 Kg	Lombrices	5.500
Bolsa 1 Kg	Lombrices	4.500
Bolsa 1 Kg	Escarabajos	5.000
Recipiente de 1 Lt	No especificada	13.000
Bulto 50 Kg	No especificada	11.500

Fuente: Autoría propia, 2017

### ➤ Comercialización y distribución

Los biofertilizantes de venta formal se comercializan y distribuyen en locales de insumos agrícolas tales como Insumos y Granos, Agrorgánicos del Llano, Agroveterinaria El Ariari, Agrocultivos El Palmar, Coseagro Ltda., todos estos ubicados en Granada, ya que en Lejanías no hay presencia de este tipo de comercio.

## 7.2 DEMANDA

### 7.2.1 Biogás

#### ➤ Distribución y tipología de consumidores

Los consumidores objeto son la totalidad de los habitantes del municipio de Lejanías por no contar con aprovisionamiento de gas natural; a continuación, se relaciona el

número de personas por barrio, centro poblado o vereda que no cuentan con el servicio y podrían ser usuarios del producto biogás:

Tabla 12. Población sin acceso a gas natural en Lejanías.

<b>Barrios, centro poblado, veredas</b>	<b>Urbana</b>	<b>Centro poblado</b>	<b>Rural</b>
Centro	904		
Manantial	843		
Modelo	633		
Porvenir	626		
Simón Bolívar	223		
Pedro Nel Jimenez	273		
Villa La Paz	92		
Inspec. Cacayal		433	
Agua Bonita			110
Agua Linda			106
Alta Cristalina			80
Alto El Tigre			69
Alto Lejanías			136
Alto Yucapé			9
Angosturas			147
Bajo Yucapé			135
Bella Vista			53
Buenos Aires			294
Cafetales			112
Caño Rojo			34
El Brillante			174
El Convenio			132
El Diamante			56
El Jardín			22
El Paraíso			141
El Roble			190
El Topacio			267
El Triunfo			7
Guarumal			183
La 24			500
La Albania			62
La Aurora			289
La Cabaña			70
La Cristalina			103
La Española			67
La Floresta			65
Las Camelias			166



Las Delicias			95
Las Margaritas			252
Los Laureles			178
Lusitania			153
Miravalles			58
Naranjal			192
San Ignacio			69
Tres Estrellas			140
TOTAL	3594	433	4916

Fuente: SISBEN, 2011

Una persona consume en promedio 4,5 m<sup>3</sup> de gas natural al mes según datos oficiales de EPM (2013), con este dato se calculó una estimación para cada barrio, centro poblado y vereda que servirá de base para determinar la demanda de biogás que debe ser suplida con la planta biodigestora:

Tabla 13. Estimación consumo mensual de gas (m<sup>3</sup>) en Lejanías.

<b>Barrios, centro poblado, veredas</b>	<b>Estimación consumo mensual de gas (m<sup>3</sup>)</b>
Centro	4068
Manantial	3793,5
Modelo	2848,5
Porvenir	2817
Simón Bolívar	1003,5
Pedro Nel Jimenez	1228,5
Villa La Paz	414
Inspec. Cacayal	1948,5
Agua Bonita	495
Agua Linda	477
Alta Cristalina	360
Alto El Tigre	310,5
Alto Lejanías	612
Alto Yucapé	40,5
Angosturas	661,5
Bajo Yucapé	607,5
Bella Vista	238,5
Buenos Aires	1323
Cafetales	504
Caño Rojo	153
El Brillante	783
El Convenio	594
El Diamante	252
El Jardín	99

El Paraíso	634,5
El Roble	855
El Topacio	1201,5
El Triunfo	31,5
Guarumal	823,5
La 24	2250
La Albania	279
La Aurora	1300,5
La Cabaña	315
La Cristalina	463,5
La Española	301,5
La Floresta	292,5
Las Camelias	747
Las Delicias	427,5
Las Margaritas	1134
Los Laureles	801
Lusitania	688,5
Miravalles	261
Naranjal	864
San Ignacio	310,5
Tres Estrellas	630
TOTAL	40243,5

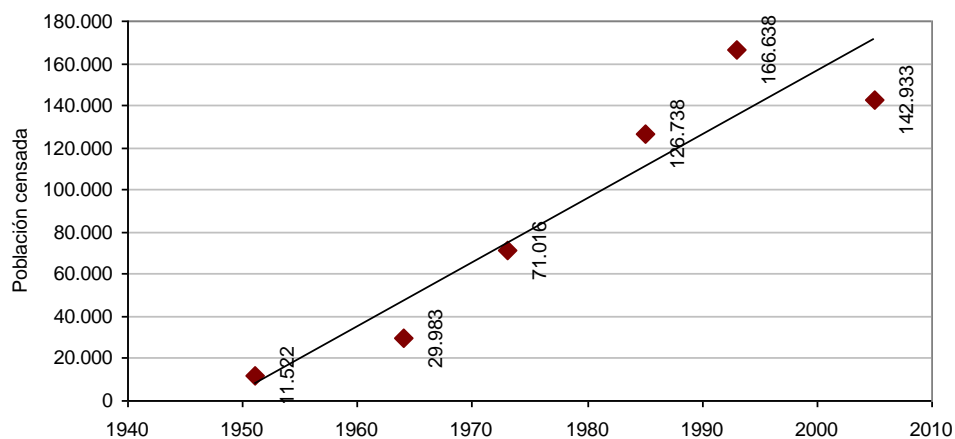
Fuente: Autoría propia, 2017

El total de m<sup>3</sup> de gas que debe suplirse en el municipio de Lejanías es de 40.243 donde Tres Estrellas tiene una demanda de 630 m<sup>3</sup> siendo una de las veredas con menor demanda ya que los barrios del casco urbano y la inspección de policía son las que mayores valores necesitan.

➤ **Series estadísticas básicas**

El Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (2007) generó una proyección de lo que sería el número de habitantes en la región del Ariari a la cual pertenece el municipio de Lejanías, la gráfica muestra un descenso en la población, además se estima que el número de habitantes en el área rural disminuye pues migran a las áreas urbanas, lo que representa una menor cantidad de posibles consumidores de biogás.

Gráfico 1. Proyección población en el Ariari



Fuente: DANE, 2005

## 7.2.2 Biol y biosol

### ➤ Distribución y tipología de consumidores

Se entrevistó a diez agricultores del municipio de Lejanías a quienes se les aplicó la encuesta del anexo A

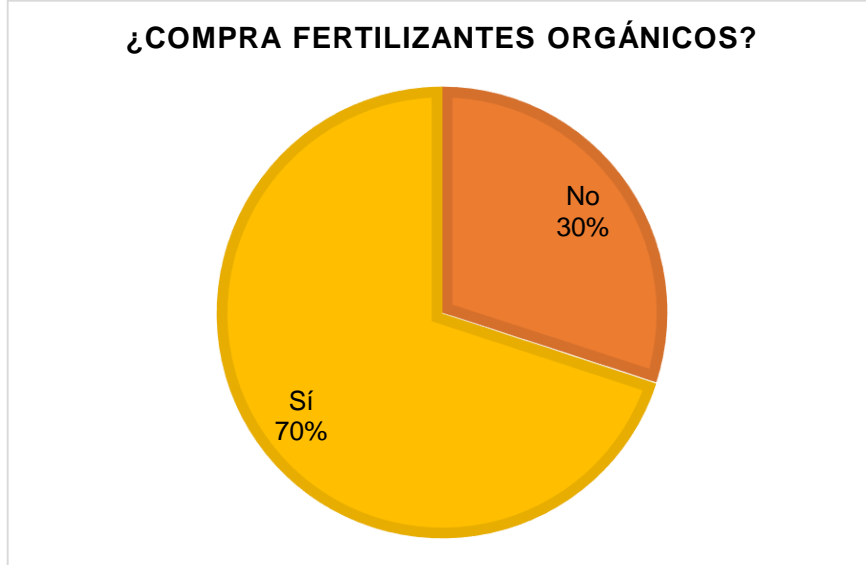
Tabla 14. Agricultores entrevistados en Lejanías.

Encuestado	Vereda
Manuel Gonzáles	Tres Estrellas
Yadira Montes	Tres Estrellas
Eduardo Guateque	Tres Estrellas
Noé Parra	Tres Estrellas
Víctor Cruz	Las Margaritas
José Cuervo	Las Margaritas
Estella Morales	Las Margaritas
Facundo Puentes	La 24
María Jiménez	La 24
Carlos Núñez	La 24

Fuente: Autoría propia, 2017

De los 10 agricultores entrevistados, 7 manifestaron comprar fertilizantes orgánicos, adquiridos en locales comercializadores de insumos y en algunos casos directamente a los productores, los cuales son vecinos cercanos que tienen pequeños lombricultivos.

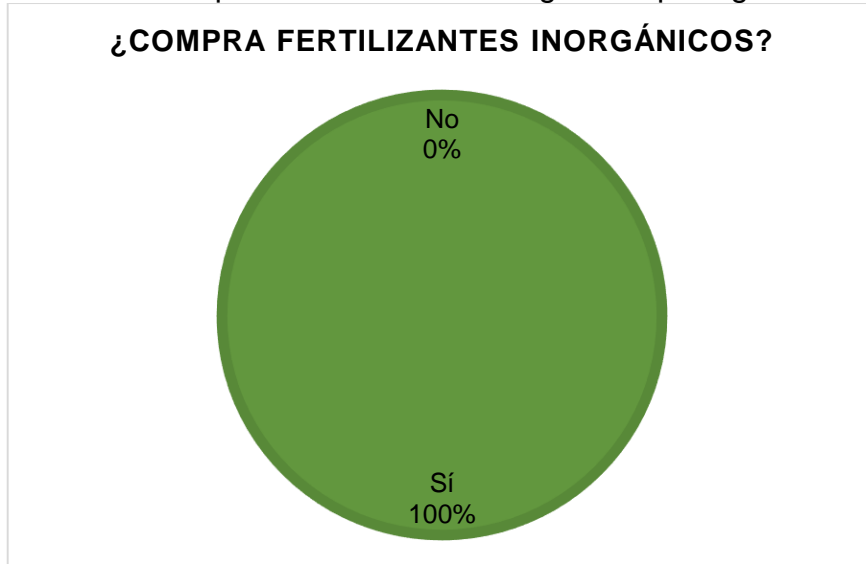
Gráfico 2. Compra de fertilizantes orgánicos por agricultores.



Fuente: Autoría propia, 2017

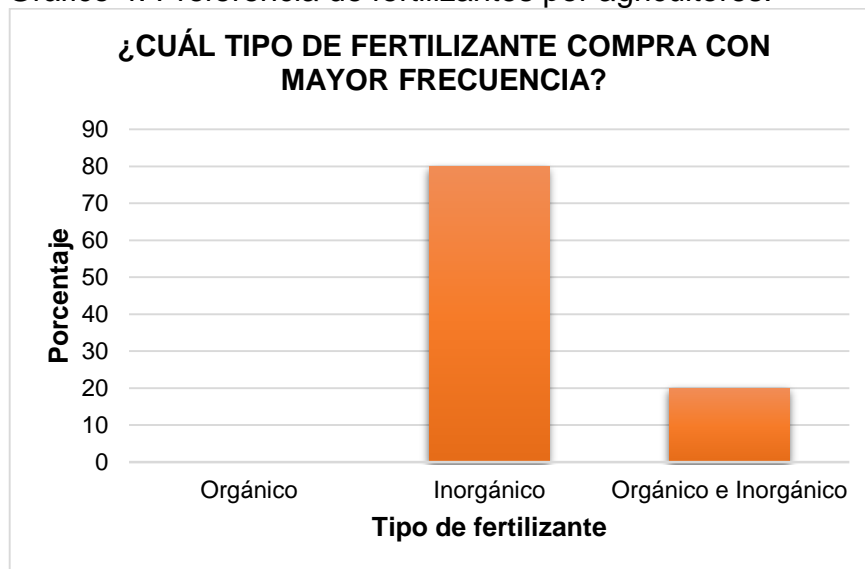
La tendencia siempre es que un agricultor promedio compre fertilizantes inorgánicos (100% de los entrevistados) y que los prefiera por encima de los orgánicos (80% de los entrevistados). Muy pocos, tan sólo el 20% expresa preferir en igual proporción tanto los fertilizantes orgánicos como los inorgánicos.

Gráfico 3. Compra de fertilizantes inorgánicos por agricultores.



Fuente: Autoría propia, 2017

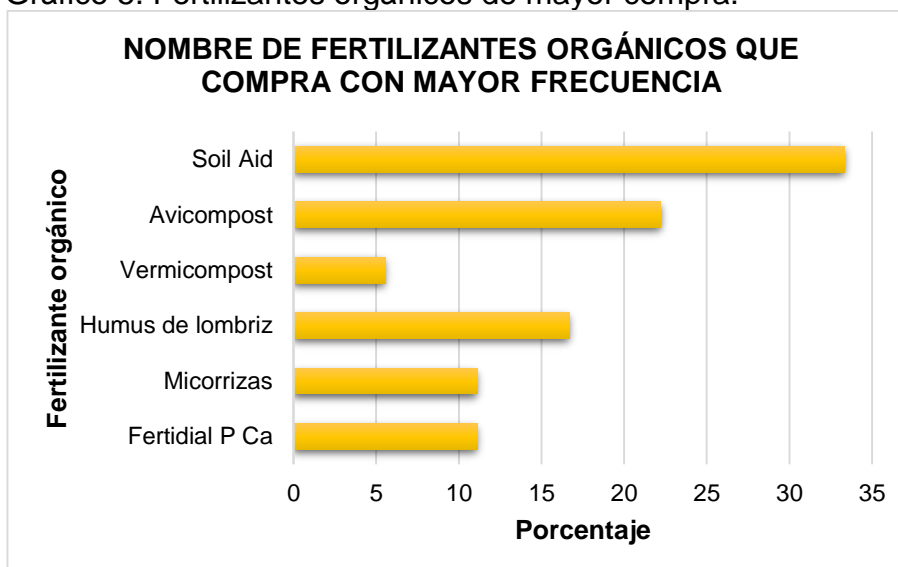
Gráfico 4. Preferencia de fertilizantes por agricultores.



Fuente: Autoría propia, 2017

Los fertilizantes orgánicos que mayor predilección tienen por parte de los agricultores son Soil Aid (33%), Avicompost (22%) y Humus de lombriz (16%). Los entrevistados aportaron una variedad de precios en donde el valor promedio de una bolsa de 50 Kg es de \$23.000.

Gráfico 5. Fertilizantes orgánicos de mayor compra.



Fuente: Autoría propia, 2017

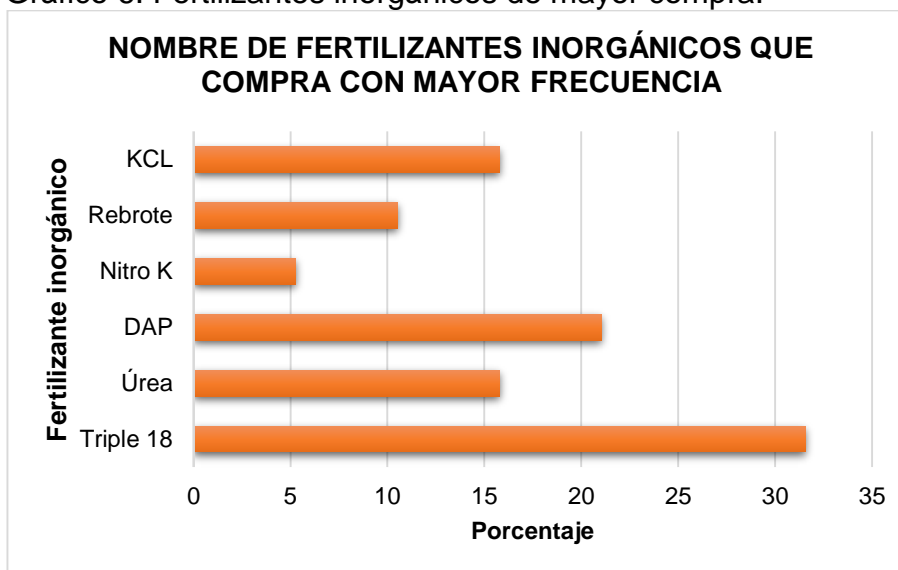
Tabla 15. Precio promedio fertilizantes orgánicos que compran agricultores.

Encuestado	Precio promedio (\$/50 kg)
Manuel Gonzáles	20.000
Yadira Montes	18.000
Eduardo Guateque	20.000
Noé Parra	NA
Víctor Cruz	25.000
José Cuervo	30.000
Estella Morales	NA
Facundo Puentes	22.000
María Jiménez	25.000
Carlos Núñez	NA

Fuente: Autoría propia, 2017

Triple 18 es el fertilizante inorgánico que prefieren el 31,5% del total de los encuestados, en segundo lugar está DAP con un 21% seguido de Úrea y KCL casi con un 16% cada uno. Basado en los diferentes precios que aportaron los agricultores, se calculó un promedio de \$76.000 la bolsa de 50 Kg de fertilizante inorgánico.

Gráfico 6. Fertilizantes inorgánicos de mayor compra.



Fuente: Autoría propia, 2017

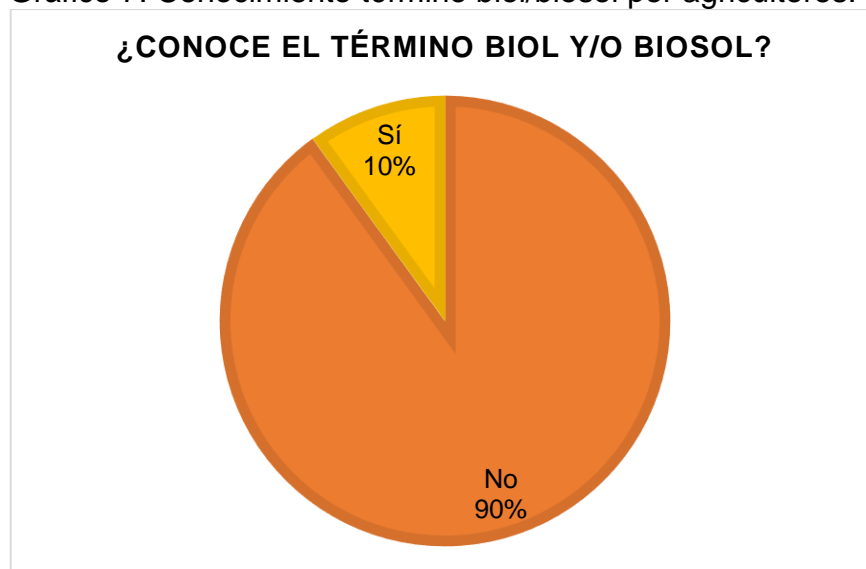
Tabla 16. Precio promedio fertilizantes inorgánicos que compran agricultores.

Encuestado	Precio promedio (\$/50 kg)
Manuel Gonzáles	75.000
Yadira Montes	80.000
Eduardo Guateque	80.000
Noé Parra	65.000
Víctor Cruz	75.000
José Cuervo	85.000
Estella Morales	80.000
Facundo Puentes	75.000
María Jiménez	70.000
Carlos Núñez	80.000

Fuente: Autoría propia, 2017

Tan sólo un entrevistado de los diez agricultores, afirmó que conocía el término biol y/o biosol; esto pone en evidencia que son términos poco conocidos en el lenguaje del agricultor promedio ya que son algo técnicos y de uso en otros países. Esta situación representa un reto ya que el subproducto generado con este proyecto no puede ser ofertado con estos nombres sino con términos que le sean familiares al comprador.

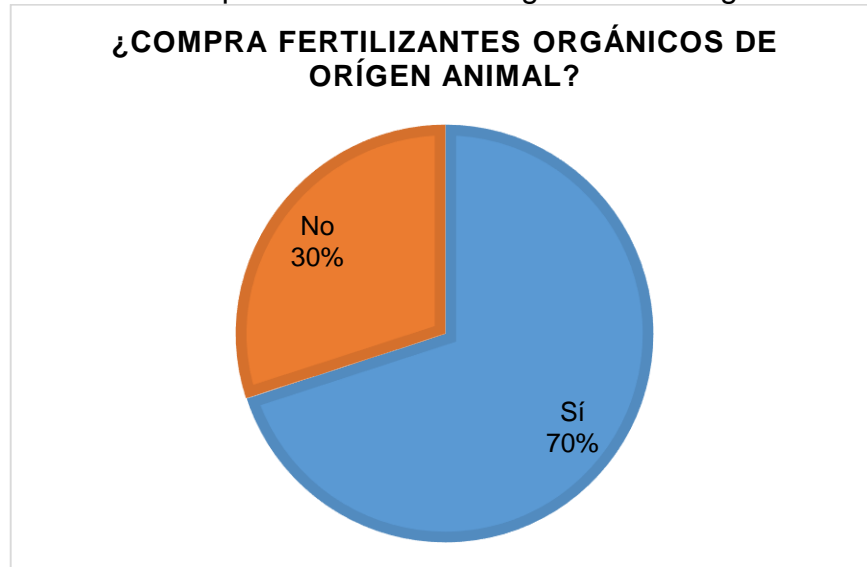
Gráfico 7. Conocimiento término biol/biosol por agricultores.



Fuente: Autoría propia, 2017

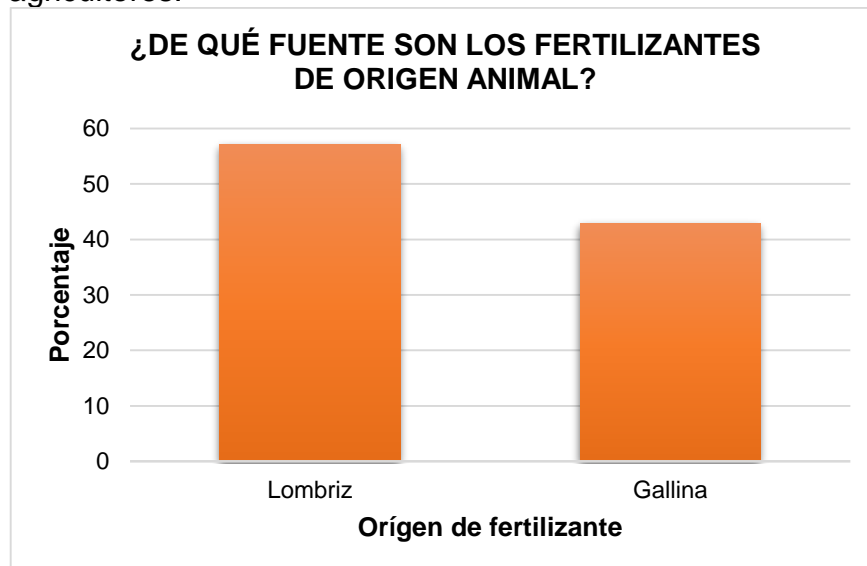
Se preguntó si dentro de los fertilizantes orgánicos que adquieren, se encuentran aquellos de origen animal, a lo que el 70% respondió que sí, de fuentes como lombrices en un 57% y gallinas en un 42%, lo que se confirma con el fertilizante Lombricompuesto el cual es el de mayor reconocimiento con un 50%.

Gráfico 8. Compra de fertilizantes orgánicos de origen animal.



Fuente: Autoría propia, 2017

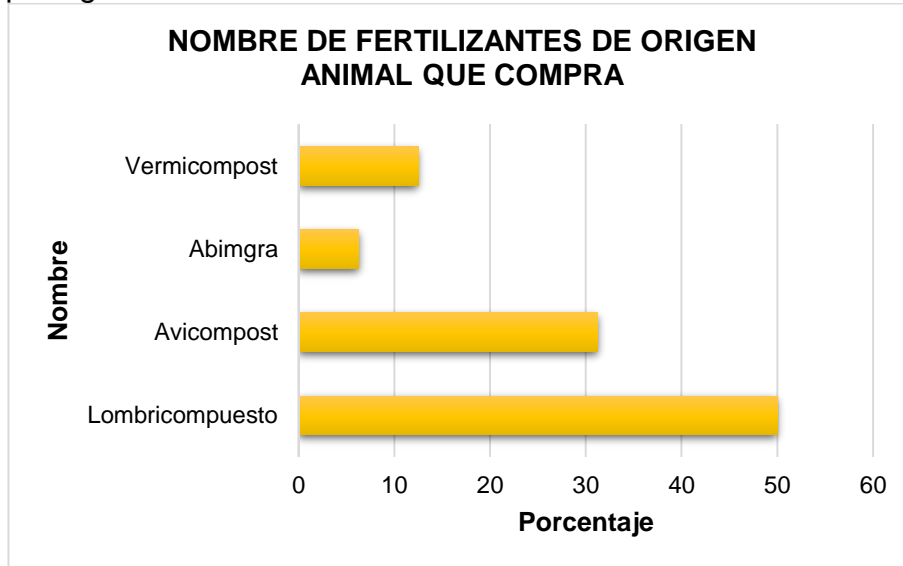
Gráfico 9. Fuente de fertilizantes orgánicos comprados por agricultores.



Fuente: Autoría propia, 2017



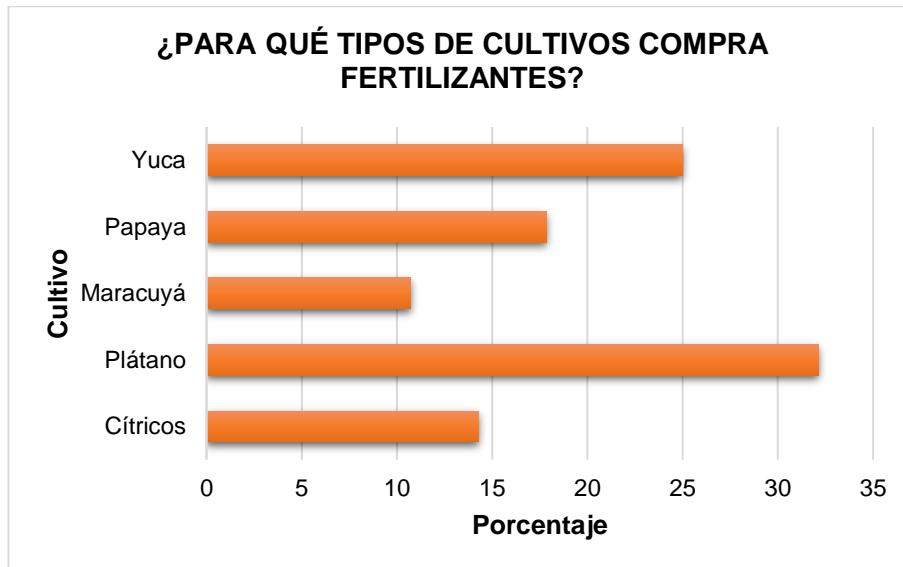
Gráfico 10. Nombre de fertilizantes de origen animal comprados por agricultores.



Fuente: Autoría propia, 2017

Finalmente se obtuvo información de que los fertilizantes son usados en su mayoría para cultivos de plátano (32%), yuca (25%) y papaya (17%).

Gráfico 11. Uso de fertilizantes en cultivos.



Fuente: Autoría propia, 2017

Los consumidores del producto biofertilizante ofertado serán los campesinos del área rural del municipio de Lejanías, quienes cultivan gran variedad de productos agrícolas los cuales se presentan en la siguiente tabla destacando el área total que

ocupan, cual es el rendimiento aproximado en kilogramos por hectárea y la producción en toneladas al año que alcanzan.

Tabla 17. Caracterización cultivos presentes en Lejanías.

<b>Cultivo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Rendimiento (kg-ha)</b>	<b>Producción (ton)</b>
Aguacate	74	1300	96
Arazá	10	8000	80
Cacao	25	336	8,4
Café	1435	625	897
Caña	100	8000	800
<b>Cítricos</b>	<b>595</b>	<b>22000</b>	<b>13090</b>
Frijol	30	1500	45
Guayaba Pera	215	22000	4730
Lulo	29	4000	116
Maíz tecnificado A	500	3000	1500
Maíz tecnificado B	500	3000	1500
<b>Maíz tradicional A</b>	<b>4706</b>	<b>1748</b>	<b>8225</b>
Maíz tradicional B	250	1500	375
Maracuyá	202	20000	4040
Mora	12	9000	108
Papaya	90	40000	3600
Piña	34	30000	1020
<b>Plátano</b>	<b>400</b>	<b>20000</b>	<b>8000</b>
Soya	120	2000	240
<b>TOTAL</b>	<b>9327</b>	<b>198009</b>	<b>48470,4</b>

Fuente: PDM Lejanías, 2012

Los productos agrícolas que mayor producción tienen al año son en primer lugar los cítricos con más de 13.000 toneladas y un área de producción de casi 600 hectáreas, seguido del maíz tradicional con 8.200 toneladas de producción en la mayor cantidad de área ocupada por un cultivo en el municipio (4.706 ha). Por último, la producción de plátano logra las 8.000 toneladas con 400 hectáreas, siendo estos los productos insignia y a los que debe apuntar la venta de los biofertilizantes.

Para cada vereda se logró identificar los cultivos presentes, lo que permite dirigir esfuerzos de oferta a zonas específicas tales como veredas aledañas a Tres Estrellas o a aquellas que presenten una mayor y más variada producción de productos agrícolas. De destacar se tiene que Tres Estrellas es una vereda que produce dos (cítricos y maíz) de los tres productos con mayor área sembrada y producción en todo el municipio.

Tabla 18. Cultivos por vereda en Lejanías.

<b>Vereda</b>	<b>Cultivo</b>
Inspec. Cacayal	Guayaba, cítricos, aguacate, cacao
Agua Bonita	Fríjol, plátano
Agua Linda	Fríjol, plátano
Alta Cristalina	Lulo, plátano, café
Alto El Tigre	Café, cacao, caña, cítricos, yuca, maíz, piña
Alto Lejanías	Café, cítricos, cacao, plátano, maíz, yuca
Alto Yuapé	Fríjol, caña, maíz tecnificado
Angosturas	Fríjol, guayaba, cítricos, plátano, lulo
Bajo Yuapé	Cítricos, guayaba, maracuyá
Bella Vista	Cítricos, guayaba, maracuyá, arazá
Buenos Aires	Arroz seco, algodón, cacao, soya, guayaba.
Cafetales	Café, lulo
Caño Rojo	Guayaba, plátano
El Brillante	Guayaba, plátano, cítricos, aguacate.
El Convenio	Cítricos, guayaba, maracuyá, arazá
El Diamante	Piña, café, guayaba
El Jardín	Plátano, lulo, café, criolla, mora
El Paraíso	Cítricos, maracuyá, yuca, maíz tecnificado, aguacate
El Roble	Plátano, maíz tecnificado, guayaba, cítricos, arroz seco, algodón, cacao, soya
El Topacio	Cacao, cítricos, guayaba, maracuyá, aguacate
El Triunfo	Lulo, mora, café
Guarumal	Café, lulo, mora, tomate
La 24	Cítricos, guayaba, aguacate, cacao
La Albania	Café, guayaba
La Aurora	Yuca, maracuyá, plátano, arroz seco, maíz tecnificado, cacao, guayaba
La Cabaña	Yuca, cítricos, papaya
La Cristalina	Fríjol, cacao, plátano
La Española	Guayaba, cítricos, maracuyá
La Floresta	Caña, café, maíz, plátano, yuca, frijol, lulo
Las Camelias	Yuca, cítricos, papaya
Las Delicias	Cítricos, café
Las Margaritas	Plátano, arroz seco, cacao, maíz, guayaba
Los Laureles	Guayaba, maracuyá, cítricos, plátano
Lusitania	Fríjol, maíz, plátano, café
Miravalles	Piña, cacao, maracuyá, maíz, yuca, lulo
Naranjal	Maracuyá, café, lulo, cítricos, plátano
San Ignacio	Piña, café, maíz, plátano
Tres Estrellas	Cítricos, guayaba, maíz

Fuente: PDM Lejanías, 2012

## 7.3 OFERTA

### 7.3.1 Biogás

#### ➤ Distribución y tipología de competidores

En Lejanías no hay presencia de comercializadoras de gas propano, por lo tanto se visitó las instalaciones de las empresas distribuidoras y comercializadoras minoristas Rayogas S.A. E.S.P y Gas Zipa S.A. E.S.P las cuales tienen sede en el municipio de Granada con el fin de aplicar la encuesta del anexo C Sin embargo no fue aceptada la solicitud de entrevista, la única información suministrada por estas empresas fue la lista de precios para cada presentación:

Tabla 19. Precios de pipetas de gas propano en Lejanías y Granada.

<b>Presentación</b>	<b>Valor Lejanías (\$)</b>	<b>Valor Granada (\$)</b>
Cilindro 45 Kg (100 Lb)	131.400	131.400
Cilindro 35 Kg (77 Lb)	109.700	110.600
Cilindro 18 Kg (40 Lb)	61.800	61.500
Cilindro 15 Kg (33 Lb)	49.400	48.400
Cilindro 9 Kg (20 Lb)	31.000	31.000
Entrega carrotanque (gl)	-	3.390

Fuente: Rayogas S.A. - E.S.P., 2017

Tabla 20. Precios de pipetas de gas propano en Lejanías y Granada.

<b>Presentación</b>	<b>Valor Lejanías (\$)</b>	<b>Valor Granada (\$)</b>
Cilindro 45 Kg (100 Lb)	103.000	101.000
Cilindro 35 Kg (77 Lb)	85.500	85.500
Cilindro 18 Kg (40 Lb)	47.000	46.000
Cilindro 15 Kg (33 Lb)	41.000	39.000
Cilindro 9 Kg (20 Lb)	24.000	24.000
Entrega carrotanque (gl)	4.300	4.700

Fuente: Gas Zipa S.A. - E.S.P., 2017.

Tabla 21. Precios de pipetas de gas propano en Granada.

<b>Presentación</b>	<b>Valor Granada (\$)</b>
Cilindro 45 Kg (100 Lb)	106.420
Cilindro 18 Kg (40 Lb)	49.628
Cilindro 15 Kg (33 Lb)	41.340
Cilindro 9 Kg (20 Lb)	25.354
Cilindro 4,5 Kg (10 Lb)	13.183
Entrega carrotanque (Kg)	2.917

Fuente: Inversiones GLP S.A.S. - E.S.P., 2017

### 7.3.2 Biol y biosol

#### ➤ Distribución y tipología de competidores

En el municipio de Lejanías no hay presencia de comercializadoras de insumos, por lo tanto las preguntas se aplicaron en Granada; en el anexo D se muestra la encuesta diseñada y a continuación se analiza la información recolectada con el fin de caracterizar a los competidores. Se entrevistaron a diez profesionales que trabajan en los locales comerciales agrícolas de mayor importancia en el municipio de Granada.

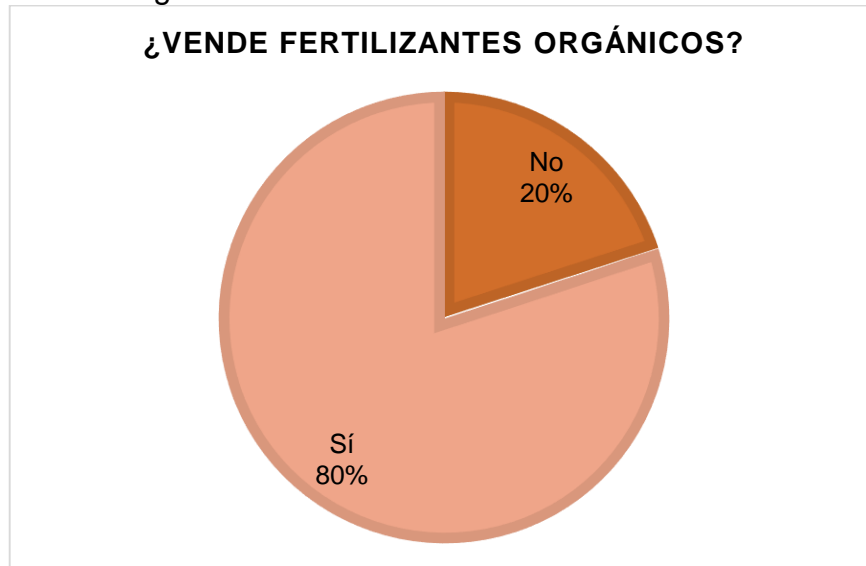
Tabla 22. Comercializadoras de insumos entrevistados en Granada.

<b>Comercializadora</b>	<b>Encuestado</b>	<b>Cargo</b>
Servifing LTDA	Leonardo López	Gerente general
Agrocentro del Ariari	Mónica Trujillo	Auxiliar de ventas
Serviariari	Mauricio Moreno	Profesional de campo
Insubolsas del Ariari	Paula Ibata	Auxiliar de ventas
Agross de Colombia	Alejandro Gallego	Jefe de almacén
Insumos y Granos	Felipe Correa	Auxiliar de ventas
Agrorgánicos del Llano	Ingrid Ávila	Profesional de campo
Coseagro LTDA	Eduardo Sánchez	Profesional de campo
Agrocultivos El Palmar	Ángela Fonseca	Auxiliar de ventas
Agroveterinaria El Ariari	Esteban Plazas	Profesional de campo

Fuente: Autoría propia, 2017

De entrada, se preguntó si en el lugar se ofertaban fertilizantes de tipo orgánico, de los diez lugares visitados, sólo en dos no se comercializa, teniendo una gran mayoría del 80% donde sí se vende este tipo lo que representa una fuerte competencia, pero a su vez un amplio nicho donde se puede ofertar el producto generado en este proyecto.

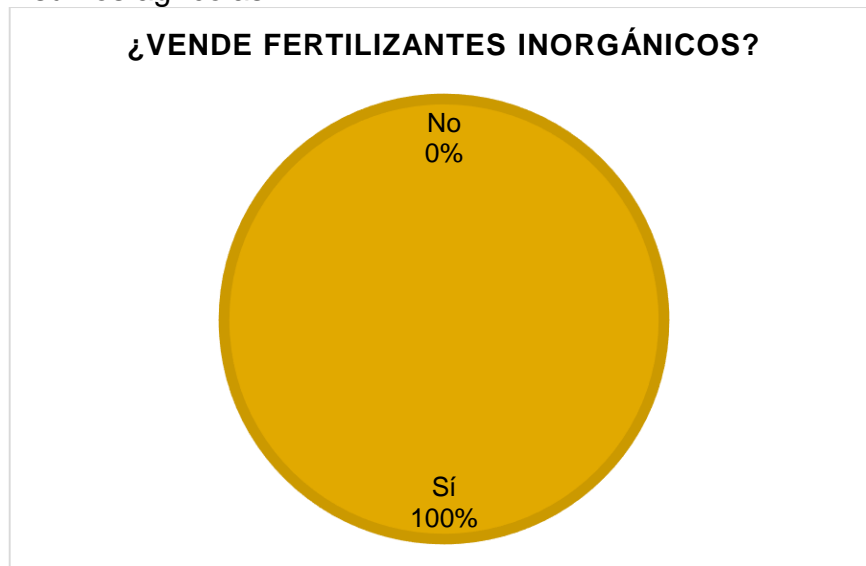
Gráfico 12. Venta de fertilizantes orgánicos en casas de insumos agrícolas.



Fuente: Autoría propia, 2017

Como se esperaba, en la totalidad de comercializadoras entrevistadas, se venden fertilizantes inorgánicos.

Gráfico 13. Venta de fertilizantes inorgánicos en casas de insumos agrícolas.

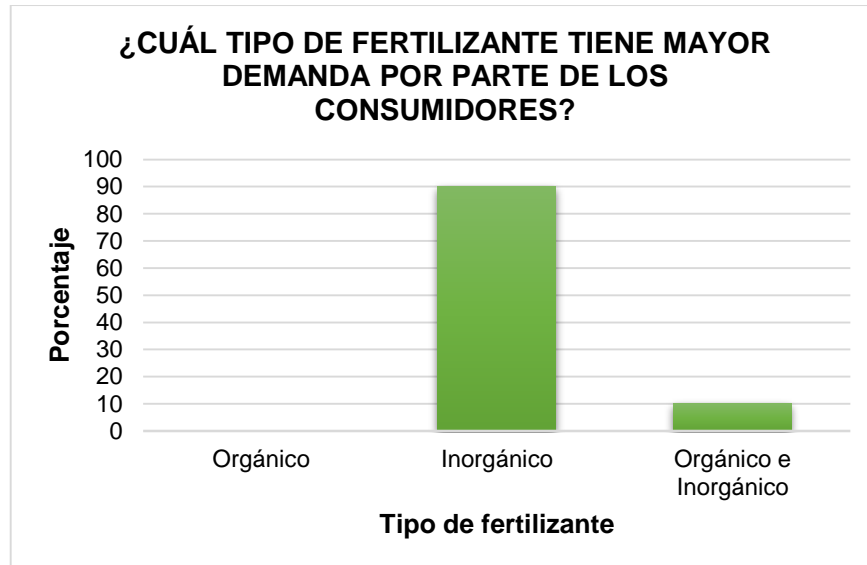


Fuente: Autoría propia, 2017

La preferencia hacia los inorgánicos tiene que ver con su mayor efectividad, también la amplia gama en la oferta y las múltiples formas de combinar los nutrientes y su

dosis. En las encuestas realizadas se encontró que ninguno de los clientes de las comercializadoras, prefiere un abono orgánico por encima del inorgánico.

Gráfico 14. Preferencia de fertilizantes.

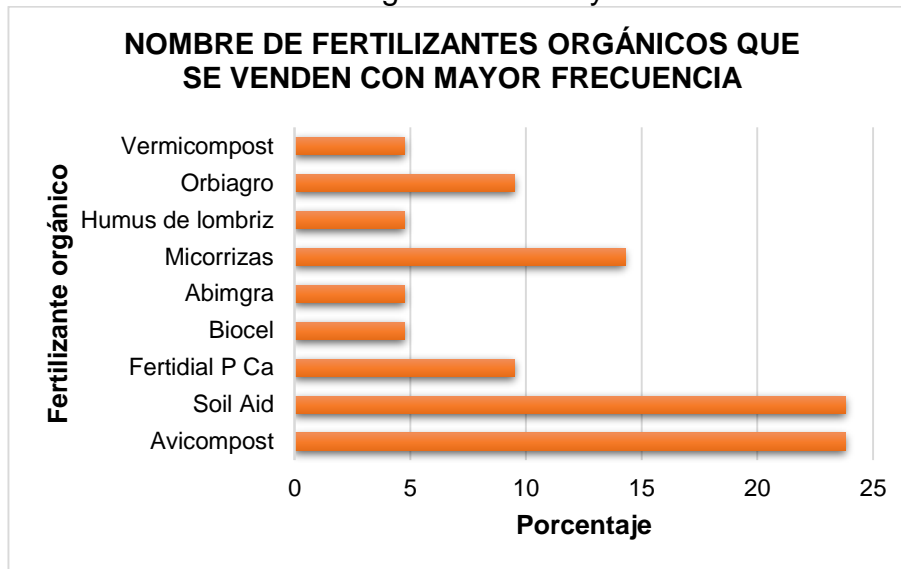


Fuente: Autoría propia, 2017

A la solicitud de los nombres de fertilizantes orgánicos que se venden con mayor frecuencia se encontró que Avicompost (Generado a partir de gallinaza de jaula) y Soil Aid (Elaborado de residuos vegetales provenientes de material de plazas de mercado y agroindustrias) son los de mayor preferencia por parte de los agricultores con un 23,8% cada uno, seguidos de las Micorrizas (Asociaciones simbióticas mutualistas entre las raíces y hongos) con un 14,2%.

Se logró la pesquisa del nombre de nueve abonos orgánicos que representan los productos competencia directos para el biol y biosol.

Gráfico 15. Fertilizantes orgánicos de mayor venta.



Fuente: Autoría propia, 2017

La siguiente tabla refleja el precio promedio que tiene un fertilizante orgánico en presentación de 50 kilogramos en cada comercializadora entrevistada, se observa que el mínimo valor encontrado es de \$15.000 y el máximo de \$30.000. El promedio general para 50 Kg es de \$22.000, es decir que un kilogramo de fertilizante cuesta alrededor de \$440.

Tabla 23. Precio promedio fertilizantes orgánicos.

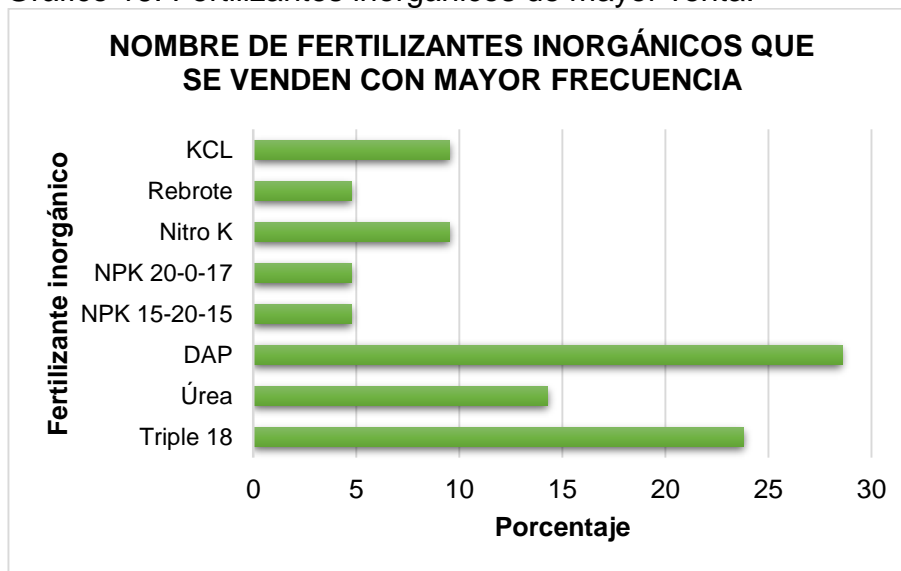
Comercializadora	Precio promedio (\$/50 kg)
Servifing LTDA	19.000
Agrocentro del Ariari	25.000
Serviariari	17.000
Insubolsas del Ariari	30.000
Agross de Colombia	NA
Insumos y Granos	30.000
Agrorgánicos del Llano	20.000
Coseagro LTDA	25.000
Agrocultivos El Palmar	15.000
Agroveterinaria El Ariari	NA

Fuente: Autoría propia, 2017

El Fosfato Diamónico (DAP) es un fertilizante complejo de textura granulada con alta concentración de nitrógeno y fósforo (18-46-00) y es el de mayor venta en los lugares visitados con un 28,5% de representación en relación a los otros nueve fertilizantes inorgánicos mencionados. El abono Triple 18 (NPK 18-18-18) sigue en preferencia por parte de los compradores con un 23,8% seguido de otros como la Úrea y KCL.



Gráfico 16. Fertilizantes inorgánicos de mayor venta.



Fuente: Autoría propia, 2017

En cuanto a los fertilizantes inorgánicos se encontró que la variedad de precios está mucho menos marcada, con un valor mínimo de \$65.000 y un máximo de \$80.000 se tiene un promedio de \$74000 por 50 kg, es decir alrededor de \$1400 por kg.

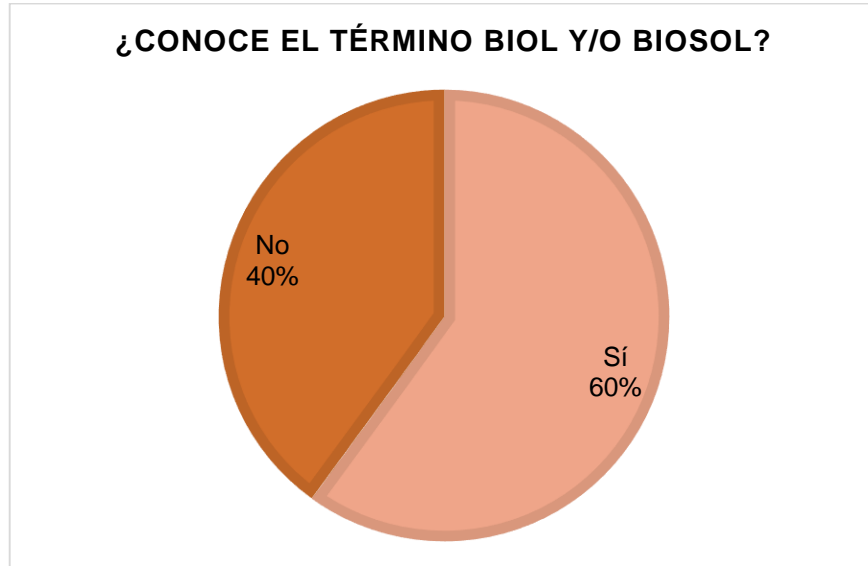
Tabla 24. Precio promedio fertilizantes inorgánicos.

Comercializadora	Precio promedio (\$/50 kg)
Servifing LTDA	80.000
Agrocentro del Ariari	70.000-75.000
Serviariari	70.000
Insubolsas del Ariari	80.000
Agross de Colombia	65.000
Insumos y Granos	75.000
Agrorgánicos del Llano	70.000
Coseagro LTDA	80.000
Agrocultivos El Palmar	65.000
Agroveterinaria El Ariari	80.000

Fuente: Autoría propia, 2017

Se preguntó si conocían el término biol y biosol, solo el 60% respondió sí, pero la mayoría con dudas conceptuales y confundiendo las definiciones; lo que muestra que son productos poco conocidos y ofrecidos en la región.

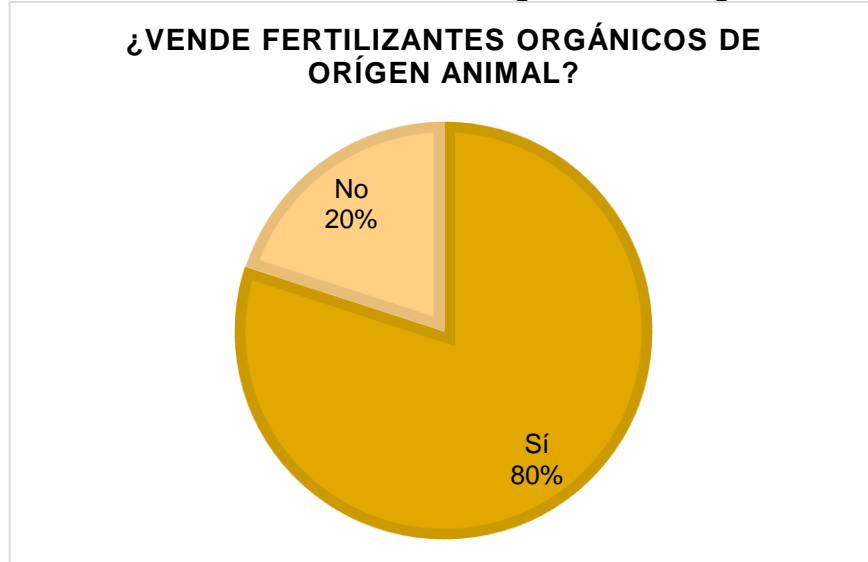
Gráfico 17. Conocimiento término biol/biosol en casas de insumos.



Fuente: Autoría propia, 2017

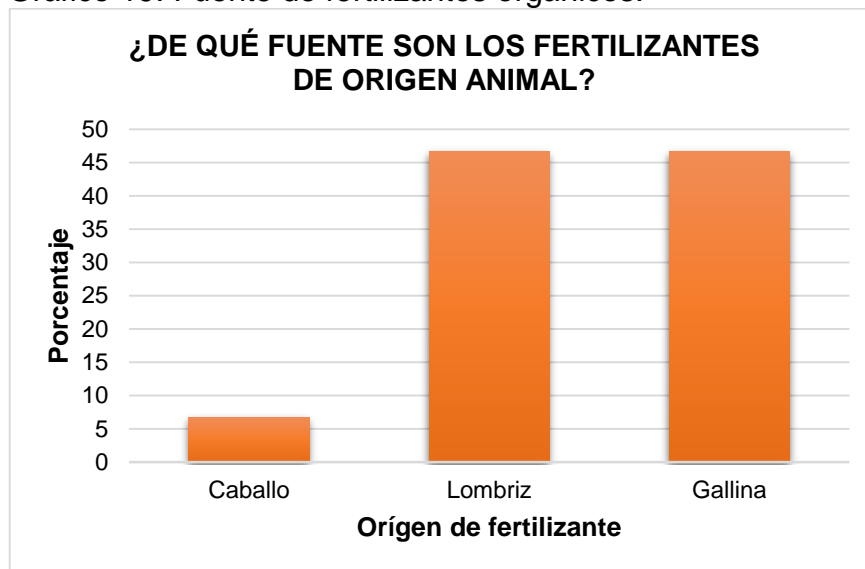
De los ocho lugares entrevistados que aseguraron vender fertilizantes orgánicos todos declararon que la mayoría es de origen animal, de gallinas (46%) y lombrices (46%), lo que confirma que las excretas de estos animales son las de mayor reconocimiento por parte de los compradores para usar en sus cultivos.

Gráfico 18. Venta de fertilizantes orgánicos de origen animal.



Fuente: Autoría propia, 2017

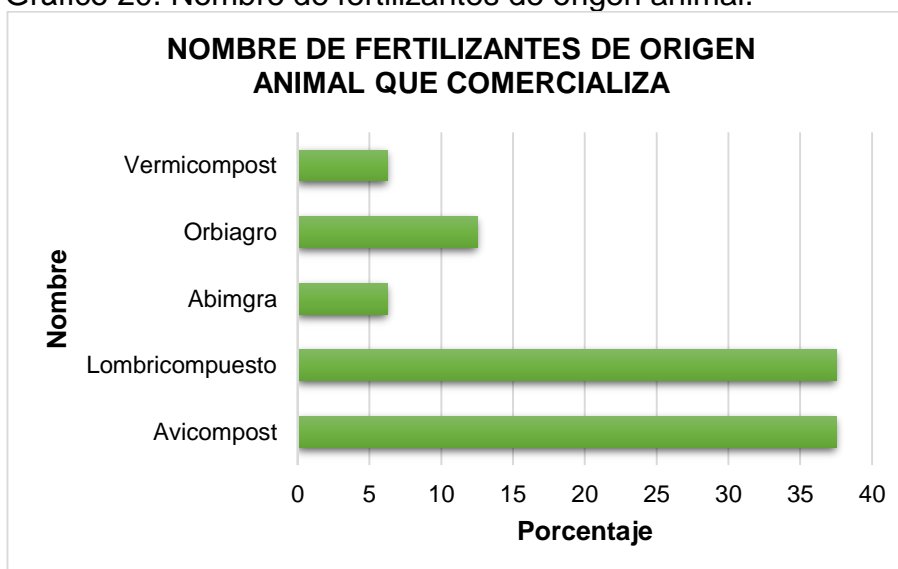
Gráfico 19. Fuente de fertilizantes orgánicos.



Fuente: Autoría propia, 2017

El Avicompost (A base de gallinaza) y el Lombricompuesto (A base del proceso de digestión de lombrices) son los abonos orgánicos de origen animal que mayor recepción tienen (37,5% de participación cada uno), lo que confirma la información encontrada en la anterior pregunta. El Orbiagro es un abono hecho con residuos vegetales y pecuarios y es el tercero de mayor reconocimiento en las comercializadoras con un 12,5%.

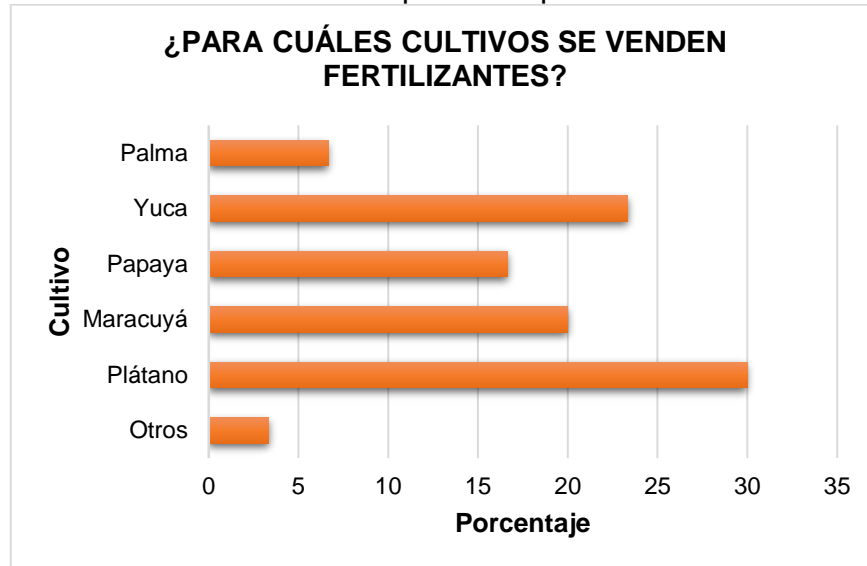
Gráfico 20. Nombre de fertilizantes de origen animal.



Fuente: Autoría propia, 2017

La vocación agrícola de los municipios de Lejanías y Granada demanda gran cantidad de insumos y fertilizantes y aunque se encuentra una amplia variedad de cultivos, la mayoría de los abonos se compran para aplicarse en plátano (30%), yuca (23,3%) y papaya (16,6%).

Gráfico 21. Cultivos en los que se emplean fertilizantes.



Fuente: Autoría propia, 2017

Finalmente se intentó averiguar el valor aproximado de las ventas totales mensuales de fertilizantes orgánicos e inorgánicos pero los entrevistados fueron bastante reservados al respecto y no se obtuvo esas series históricas.

## 8. ESTUDIO TÉCNICO

### 8.1 CAPACIDAD DE LA PLANTA

#### 8.1.1 Factores que condicionan el tamaño del biodigestor

El *tipo de sustrato* del que se dispone y su *cantidad* son los primeros factores a tener en cuenta para el diseño de una planta biodigestora, otros fundamentales tienen que ver con su *producción* a lo largo del año y sus *tiempos de retención* (MINENERGÍA & GIZ, 2012). La estabilidad del proceso de digestión depende de lo uniforme y homogéneo que sea el estiércol de cerdo, este factor también determinará el equipamiento que se requiere para el montaje de la planta.

El tiempo de retención es el periodo de tiempo que permanece la materia orgánica en el biodigestor y que es necesario para lograr la completa degradación; es una variable relacionada de manera directa con la temperatura ambiente (Olaya & González, 2009) y debe ser transformada por un factor de corrección que se determina según el anexo F:

El tiempo de retención con el que debe ser diseñada y operada la planta, por lo general debe ser mayor a 30 días, esto con el fin de obtener un alto grado de abatimiento de la materia orgánica, estabilizando así el digestato con el fin último de minimizar la emisión de olores que se produce por la biomasa no digerida; sin embargo, este será calculado específicamente para las presentes características.

Otras condiciones como el clima, la ubicación de los cerdos, las técnicas de construcción de la planta, la mano de obra y similares, también aportarán al éxito en el funcionamiento del biodigestor; la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011) recomienda que la planta sea construida con mano de obra local y pensada con materiales y equipos que no representen sobre costos debido a la dificultad de ser llevados a la zona rural donde tendrá lugar la construcción.

#### 8.1.2 Capacidad del biodigestor

##### ➤ Producción total de estiércol

Como se mencionó, la totalidad de cerdos disponibles en la finca La Primavera es de 86, distribuidos en las siguientes etapas de desarrollo:

Tabla 25. Cantidad de cerdos por etapa en finca La Primavera.

Etapa	Cantidad
Lechones (1 a 6 días)	6
De levante (61 a 120 días)	4
De traspaso	10
De ceba de (121 a 180 días)	62
Hembras de reemplazo (120 a 240 días)	1
Hembras cría (>240 días)	2
Machos productores reemplazo (>180 días)	1
TOTAL	86

Fuente: Autoría propia, 2017.

Mariscal (2007) calcula el estiércol en kilogramos que por día generan determinados tipos de cerdo, sin embargo, con el fin de generar practicidad en la determinación de la capacidad de la planta, se tomará el valor promedio:

Tabla 26. Producción diaria de excretas según tipo de cerdo.

Etapa	Estiércol (kg/día)	Estiércol + orina (kg/día)	Volumen (l/día)	Volumen (m <sup>3</sup> /animal/mes)
25-100 kg	2,3	4,9	7	0,25
Hembra	3,6	11	16	0,48
Hembra lactación	6,4	18	27	0,81
Semental	3	6	9	0,28
Lechón	0,35	0,95	1,4	0,05
Promedio	2,35	5,8	8,6	0,27

Fuente: Mariscal, 2007

Un cerdo en promedio produce 2,35 kg de estiércol al día, es decir que los 86 cerdos disponibles producen 202,1 kg/día o 6063 kg/mes.

Tabla 27. Producción total de estiércol en finca La Primavera.

Número animales	Estiércol (kg/día)
86 cerdos	202,1

Fuente: Autoría propia, 2017

### ➤ Requerimiento de agua y biomasa disponible

Dicho esto, se sabe que la materia orgánica debe ser incorporada al biodigestor luego de su dilución en agua, este valor depende de la cantidad de sólidos totales de las excretas frescas y del tipo de carga (diaria-semi continua o estacionaria-discontinua). Según FAO (2011), la mezcla estiércol: agua recomendada para

biodigestores rurales, pequeños y de carga semi continúa, para porcino es de 1:3, entonces:

Tabla 28. Volumen total de mezcla.

Animal	Estiércol (kg) + Agua (l)	Mezcla (l/día)
Cerdos	202 + 606	808

Fuente: Autoría propia, 2017

### ➤ Tiempo de retención de biomasa y volumen de diseño

El tiempo de retención se necesita para la estimación del volumen de diseño del biodigestor, y es calculado usando un tiempo de retención ideal afectado por un factor de corrección según la temperatura promedio del lugar donde será ubicada la planta.

Tabla 29. Volumen total de mezcla.

Tiempo de retención ideal (días)	Temperatura promedio lejanías (°C)	Factor de corrección	Tiempo de retención	Volumen de diseño (m <sup>3</sup> )
20	26	1,286	20*1,286 = 25,72 ± 26 días	808 L/día * 26 días = 21008 L o 21 m <sup>3</sup>

Fuente: Autoría propia, 2017

Se calculó que el tiempo de retención ideal para el lugar es de 26 días, con este se estimó que el volumen de diseño del biodigestor debe ser de 21 m<sup>3</sup>.

## 8.2 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN Y VENTAS

El principal producto generado en este proceso de digestión de materia orgánica es el biogás, pero con el ánimo de aprovechar el residuo de manera completa, se espera producir y comercializar el sub producto fertilizante orgánico en sus dos formas, biol (líquido) y biosol (sólido).

### 8.2.1 Biogás

El rendimiento de biogás otorgado por un kilogramo de excreta de cerdo es de 0,06 m<sup>3</sup> (FAO, 2011), por lo tanto, los 6063 kg de estiércol producidos en la finca La Primavera equivalen a 363,78 m<sup>3</sup> de biogás al mes.

Tabla 30. Producción total de biogás en finca La Primavera.

Número animales	Estiércol (kg/mes)	Biogás (m <sup>3</sup> /mes)
86 cerdos	6063	363,78

Fuente: Autoría propia, 2017

Es necesario resaltar que una familia compuesta por 4 personas, consume alrededor de 4 a 5 m<sup>3</sup> de gas al día, lo que permite inferir que los 12,12 m<sup>3</sup> generados por los cerdos disponibles al día, alcanzarían a cubrir las necesidades básicas de no más de 5 familias rurales:

Tabla 31. Producción y venta de biogás.

Producto	Producción mensual	Cantidad ofertada	Presentación	Precio	Venta total mensual
Biogás (m <sup>3</sup> )	363,78	363,78	1 m <sup>3</sup>	\$ 240	\$ 87.307

Fuente: Autoría propia, 2017

Aunque por concepto de venta del biogás se recibiría el valor de \$ 87.307 pesos mensuales, alrededor de \$1.047.684 al año, la visita realizada a la empresa Llanogas S.A. mostró que no están interesados en comprar biogás de estas características, lo que limita considerablemente las opciones de venta debido a que es la única compañía que tiene planta en el área cercana.

Otra opción que se contempló fue la de empipetar el producto en la misma planta de producción, sin embargo, se consultó y es un proceso complejo que requiere de permisos especiales debido a la dificultad de comprimir este gas en comparación con otros de uso más común.

### 8.2.2 Biol y biosol

Berrú (2013) determina que en promedio con 5 kg de estiércol de ganado se produce 4 litros de biol, también se encontró que, para materia orgánica de origen animal, el fertilizante generado en un 80% corresponde a biol y el restante 20% a biosol; en ese orden de ideas se calculó la siguiente producción mensual.

Tabla 32. Producción y venta de biofertilizante.

Producto	Producción mensual	Cantidad ofertada	Presentación	Precio	Venta total mensual
Biol (L)	4850,4	323 recipientes	Recipientes de 15 Litros	\$30.000/Rec	\$9.690.000
Biosol (Kg)	1212,6	48 bolsas	Bolsas de 25 Kilogramos	\$12.000/Bol	\$ 576.000

Fuente: Autoría propia, 2017



En la labor hecha en el estudio de mercado no se encontraron lugares donde se comercializará biofertilizante hecho a partir de estiércol de porcino, sin embargo y como ya se mostró, se logró obtener información de que el promedio para un kilogramo de fertilizante orgánico es de \$440. De otras fuentes de este producto, se encontró que un litro de biol tiene un valor por encima de los \$10.000, mientras que un kilogramo de biosol producido a partir de residuos orgánicos urbanos vale en promedio \$1.300, de residuos vegetales vale alrededor de \$1.000 y de lombrices, siendo este el más costoso debido a su carga nutricional, puede costar más de \$5.000.

Estas cifras fueron usadas para determinar el valor con el que se ofertará el producto, se tomó esta decisión con el fin de poder competir con el mercado presente en los municipios de Lejanías y Granada, de igual forma se tuvo en cuenta el valor que estarían dispuestos a pagar los posibles compradores; en conclusión, se acordó que para el biol el valor será de \$2.000 el litro y para el biosol de \$450 el kilogramo.

El biofertilizante será ofertado en las instalaciones de la planta, a fin de que agricultores de la zona adquieran el producto, también se plantea un recorrido semanal por las casas de insumos ubicadas en los municipios de Granada y Lejanías; se espera que su venta sea más fácil ya que el estudio de mercado arrojó una excelente disponibilidad de compra.

## **8.3 PROCESOS Y TECNOLOGÍA**

### **8.3.1 Descripción del proceso productivo**

#### **➤ Recolección**

Procesos previos tienen que ver con la recolección manual de la materia prima en las porquerizas para luego ser transportada a un tanque de recolección donde se almacena inicialmente; la transformación del estiércol de porcino y la producción industrial y tecnológica del biogás inicia a partir de esta área de almacenamiento, la cual está equipada con un transportador de tornillos sin fin que lleva la materia prima hasta el tanque mezclador.

#### **➤ Mezcla**

Como se calculó anteriormente, junto con la materia sólida se debe usar ingredientes líquidos, así que una bomba de sustratos, transporta el agua al tanque mezclador en las cantidades requeridas por la planta; dicho tanque cuenta en la parte de abajo con un sistema de pesado que pesa de forma precisa la mezcla

asegurando un control del sustrato en cada momento. Gracias a un agitador las materias se mezclan de modo que se obtiene un sustrato homogéneo.

### ➤ **Higienización**

En este momento inicia el proceso de higienización donde el sustrato antes de llegar al biodigestor, pasa por un filtro cortador en el que se elimina cualquier impureza que pudiese afectar el proceso de fermentación, también se busca aquí que la mezcla logre la carga bacteriana precisa.

### ➤ **Procesamiento anaeróbico**

La fermentación tiene lugar en un biodigestor herméticamente sellado, lo que asegura una atmosfera sin oxígeno, es decir en condiciones anaeróbicas; allí las bacterias hacen su trabajo descomponedor y como resultado de este proceso surge el biogás. El tiempo medio de procesamiento de las materias primas depende las condiciones del lugar donde se instala la planta y fueron variables que se tuvieron en cuenta con anterioridad para calcular la mezcla.

El digestor cuenta con un eje anexo para facilitar la recirculación, acción que es realizada por desbordamiento bombeando el sustrato de nuevo al tanque mezclador para iniciar el proceso de nuevo, de esta forma la parte líquida puede utilizarse nuevamente para humedecer la mezcla, sin necesidad de usar nueva mezcla que altere el proceso. Un sistema de calefacción ubicado dentro del biodigestor, mantiene la temperatura ideal y constante gracias a tuberías de acero inoxidable, también cuenta con unos agitadores ajustables en altura que logran el movimiento del sustrato y la difusión del calor de manera uniforme.

### ➤ **Gasificación – Producción de gas**

Es necesario llevar a cabo un proceso de desulfuración del biogás, por lo que se inyecta pequeñas cantidades de oxígeno atmosférico mediante un impulsor, finalmente ese biogás entra por unas tuberías donde se enfría y deshidrata, para ser monitoreado antes de que se conecte al tanque al cuál se le suministrará el producto.

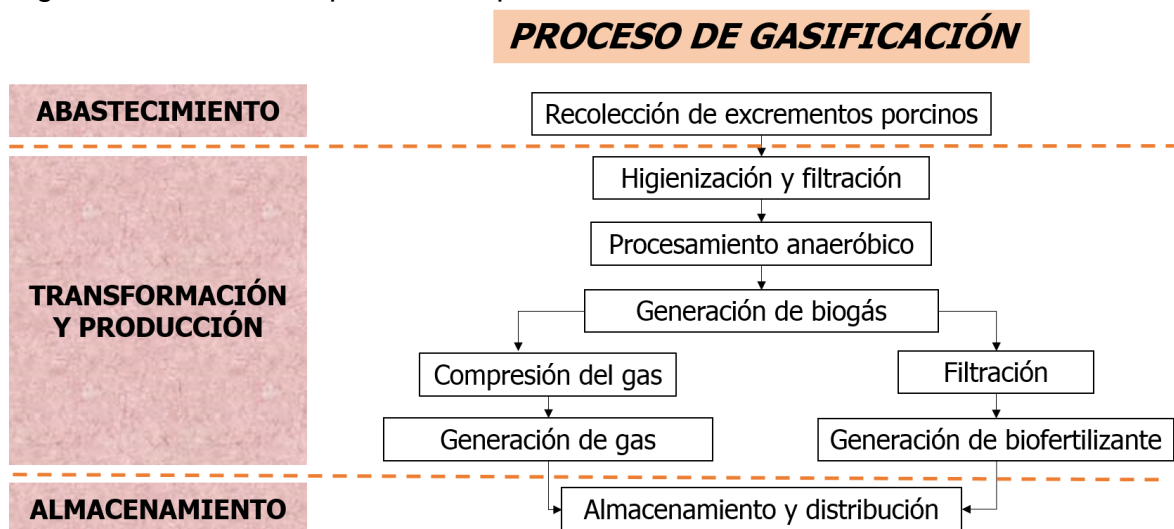
### ➤ **Filtración – Producción de biofertilizante**

El digestato (material fermentado) pasa al depósito de almacenamiento por desbordamiento, este contenedor está equipado con una unidad ajustable de una altura que remueve la materia sobrante y tiene una cubierta estanca. Este material se almacena con el fin de ser usado como abono de alta calidad, gracias a que todos los ácidos orgánicos se han descompuesto durante la fermentación, pero todos los nutrientes quedan intactos.

Debido a que este proyecto busca generar fertilizante líquido y sólido, se requiere un tratamiento de fuentes, para dividir dicho digestato en las dos partes requeridas; para ello se agrega un floculante que actúa sobre las partículas sólidas que se separan mediante centrifugado, aquí el componente sólido ya está listo, pero la fase líquida debe someterse a un bombeo hacia un módulo de ultrafiltración esto para eliminar pequeñas partes sólidas, luego este filtrado se somete a osmosis inversa en una última fase consiguiendo así la total separación.

La siguiente figura sintetiza el proceso de producción que tiene como resultado la generación de biogás y biofertilizante.

Figura 12. Síntesis de proceso de producción.



Fuente: Paipa, 2015

### 8.3.2. Máquinas, equipos y herramientas

La maquinaria y equipos necesarios en el proceso de biodigestión como tal, son los siguientes:

Tabla 33. Lista de maquinaria para planta biodigestora.

Maquinaria/ equipo	Especificación del equipo
Digestor	Tipo Plug-Flow
Motobomba	Bomba Flygt 3067.090 F-Lt-292
Mezclador	OMPG 160
Intercambiador de calor	Intercambiador HRS Unicus
Filtro de sólidos	Filtro de Grava MSP KF-01
Filtro de sólidos	Filtro Cerámico MSP FF 150
Regulador presión	Válvula de Bola AKT6- 50BR50B
Manómetro	Manómetro Tipo Pozo Groth 8170
Trampa de agua	Ensacadora Manual FFS Ilerbag V

Envasadora	Envasadora Manual Frusso Monoblock
Sensor de temperatura	Termocupla Tipo K Con Amplificador de Voltaje
Sensor de presión	Marca Allsensors Referencia 1 PSI-G-4V
Sensor de caudal a la entrada al motor	Marca Hoffer Referencia HO
Turbina trampa de agua	Marca Groth Modelo 8460
Desulfurador	Equipo de desulfuración WCK 76
Compresor	Estación compresora TEW110/160
Instrumento que registra la presión de gas a la salida	Marca Gast Referencia R4
Separador de sólidos y líquidos	Separador tipo PAG 6754
Centrifugador	Centrifugador CORK 345

Fuente: Autoría propia, 2017

### 8.3.3 Instalaciones

Además del biodigestor, cuyo cálculo de diseño ya se realizó, su funcionamiento no está completo si no se cuenta con otras instalaciones fundamentales entre ellas:

- **Tanque de recolección:** Esta instalación debe ubicarse lo más próxima posible a las porquerizas debido a que su función es la de recoger el estiércol generado por los cerdos (Duque, Galeano & Mantilla, 2006). En el diseño que por lo general se plantea, el tanque de recolección posee una entrada para el estiércol y una boquilla de salida conectada al tanque de higienización.

Mantilla et al. (2007) recomiendan que la capacidad del tanque de recolección sea tres veces mayor al volumen de mezcla diaria para poder almacenar suficiente materia prima en caso de que ocurra alguna contingencia con el digestor u otro componente de la planta; es decir que la capacidad del tanque de recolección será de 2,42 m<sup>3</sup>.

- **Tanque de higienización:** Luego de que en el tanque de recolección se proliferaran las bacterias necesarias para el proceso de biodigestión, estas son estabilizadas a condiciones ideales en la zona de higienización, evitando así por ejemplo un choque térmico que pueda ser fatal para las bacterias. El tamaño del tanque de higienización es igual al del tanque de recolección, 2,42 m<sup>3</sup>.
- **Tanque de efluente:** Luego de que el proceso de biodigestión se complete, el residuo generado se recoge en un tanque de similares características a los dos anteriores y el cual posee una capacidad nueve veces mayor a la del tanque de recolección (Mantilla et al., 2007), es decir 21,78 m<sup>3</sup>.
- **Tanque de líquidos:** Este tanque tiene como función almacenar el efluente líquido o biol que se genera luego del proceso de floculación, su tamaño

corresponde al 80% del total de la capacidad del tanque de efluente, es decir 17,424 m<sup>3</sup>.

- **Tanque de sólidos:** Aquí se almacena el efluente sólido o biosol, el tamaño de este tanque es el 20% del total del tanque de efluente, 4,35 m<sup>3</sup> en promedio.
- **Área de empaçado:** Esta área tiene un total de 25 m<sup>2</sup>, y es donde se envasan y empaacan los biofertilizantes.
- **Área de almacenamiento y comercialización:** Posee 50 m<sup>2</sup> y es el sitio donde se guarda el producto en estantes a fin de mantener sus óptimas características para la posterior venta.

Con fines prácticos se decide comprar tanques de la empresa COLEMPAQUES con las siguientes características:

Tabla 34. Tanques adquiridos.

Tanque diseñado	Tanque a adquirir	Cantidad	Medidas (cm)	
			Diámetro	Alto
Recolección (2,42 m <sup>3</sup> )	Cónico (2000 L)	1	152	185
Higienización (2,42 m <sup>3</sup> )	Cónico (2000 L)	1	152	185
Efluente (21,78 m <sup>3</sup> )	Cónicos (10000 L)	2	252	273
Líquidos (17,42 m <sup>3</sup> )	Cónico (10000 L)	1	252	273
	Cónico (5000 L)	1	218	215
Sólidos (4,35 m <sup>3</sup> )	Bajito (4000 L)	1	252	130

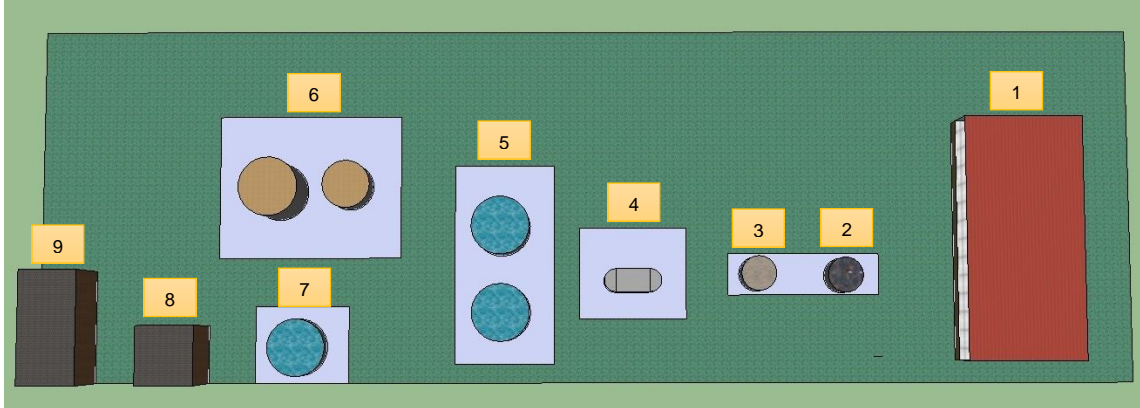
Fuente: Autoría propia, 2017

### 8.3.4 Distribución física de la planta

Los factores que se tuvieron en cuenta para decidir la siguiente distribución de planta, tienen que ver con la dirección del flujo de producción, es decir que por ejemplo el tanque de recolección debe ubicarse lo más próximo a las porquerizas, haciendo que el tránsito del estiércol sea el mínimo posible.

Un flujo de producción adecuado también tiene que ver con que la maquinaria y equipos estén dispuestos de manera sucesiva de acuerdo a cada etapa del proceso productivo, es decir que sea una configuración en cadena consecutiva que permita el paso de la materia prima y la materia transformada de una etapa a otra sin generar traumatismos.

Figura 13. Vista superior de planta biodigestora.



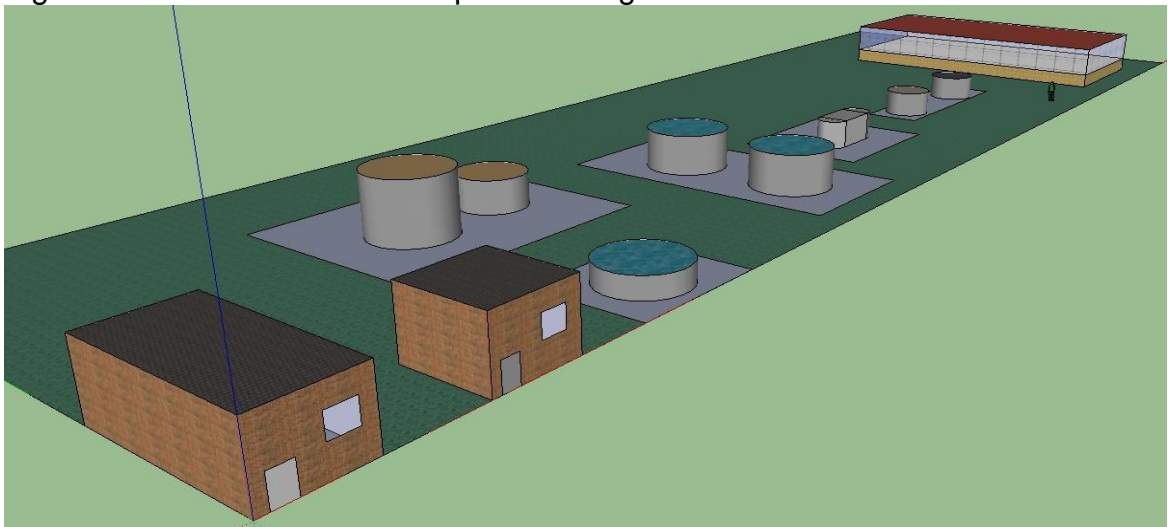
Fuente: Autoría propia, 2017

Tabla 35. Leyenda vista de planta biodigestora.

N°	Descripción	Dimensión
1	Porqueriza	200 m <sup>2</sup>
2	Tanque de recolección	2,42 m <sup>3</sup>
3	Tanque de higienización	2,42 m <sup>3</sup>
4	Biodigestor	21 m <sup>3</sup>
5	Tanques de efluente	21,78 m <sup>3</sup>
6	Tanques de líquidos	17,42 m <sup>3</sup>
7	Tanque de sólidos	4,35 m <sup>3</sup>
8	Área de empacado	25 m <sup>2</sup>
9	Área de almacenamiento y comercialización	50 m <sup>2</sup>

Fuente: Autoría propia, 2017

Figura 14. Vista volumétrica de planta biodigestora.



Fuente: Autoría propia, 2017

## 8.4 REQUERIMIENTO DE INSUMOS

El principal insumo requerido es el estiércol de los 86 cerdos presentes en la finca La Primavera, los cuales generan una producción de 6063 kilogramos al mes; este insumo está disponible de manera inmediata, sin intermediarios y sin generar un costo mayor.

Se necesita además de 18180 litros de agua al mes, insumo que está disponible gratuitamente, ya que dentro de los predios de la finca existe un nacedero de agua donde los propietarios construyeron una pequeña represa que tiene conectada una manguera de 2” por donde se transporta el agua por gravedad desde la montaña. El recurso se almacena en un tanque de 4000 L, el cual tiene una llave de paso que abastece a este cuando sea necesario. La finca también posee un aljibe cuyo único fin es el de alimentar a los animales.

## 8.5 REQUERIMIENTO DE PERSONAL

El personal requerido está dividido en dos grupos de acuerdo a la etapa de desarrollo del proyecto, en primera instancia se tiene la etapa de construcción que tiene que ver con la edificación de las instalaciones y una segunda etapa de funcionamiento donde se pone en marcha la planta.

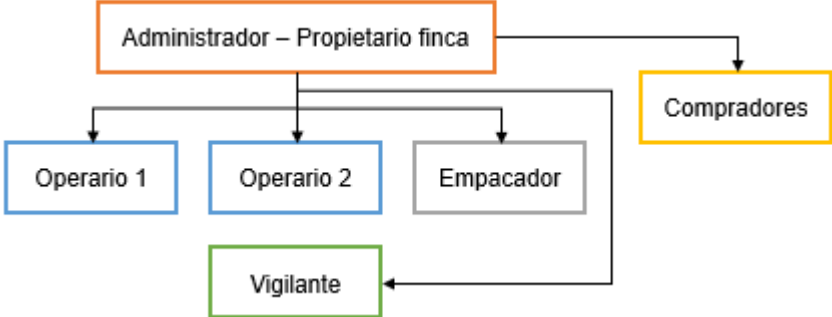
Tabla 36. Personal requerido en planta biodigestora.

<b>Personal</b>	<b>Labor</b>
<b>Etapa de construcción</b>	
Arquitecto	Realización de planos y expedición de licencia de construcción
Maestro oficial de obra	Supervisión de obra
(4) Obreros de construcción	Construcción de instalaciones
<b>Etapa de funcionamiento</b>	
Administrador	Cargo de mayor status en la planta. Encargado de ventas, promoción y mercadeo. Supervisión de personal operario
(2) Operario	Manejo de maquinaria y equipos, los operarios garantizan el abastecimiento, el funcionamiento y la producción en la planta.
Empacador	Empaque y envase de biofertilizantes
Vigilante	Prestación de seguridad

Fuente: Autoría propia, 2017

## 8.6 ORGANIZACIÓN

Figura 15. Organigrama planta biodigestora.



Fuente: Autoría propia, 2017



## 9. ESTUDIO ECONÓMICO

### 9.1 NECESIDADES TOTALES DE CAPITAL

#### 9.1.1 Requerimiento total de activos

En primera instancia contempla las labores de adecuación del terreno debido a que el biodigestor debe instalarse en un suelo estable para minimizar riesgos, para el transporte de tierras y material edáfico extraído se contrata los servicios de la empresa prestadora de aseo del municipio y para el transporte de materiales de construcción se acuerda un valor con las ferreterías.

Tabla 37. Costos de adecuación y transporte.

Actividad	Costo parcial
Adecuación del terreno	\$ 375.000
Transporte de tierras	\$ 150.000
Transporte de materiales	\$ 200.000
Subtotal	\$ 725.000

Fuente: Autoría propia, 2017

De igual manera se muestra el costo de las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la planta y las herramientas y equipos para ello, es decir precio de todos los tanques de recolección y de la construcción de las bodegas de almacenamiento. El costo de los tanques fue consultado en la página web oficial de la empresa COLEMPAQUES y los costos de los materiales fueron resultado de la consulta a varios maestros oficiales de obra.

Tabla 38. Costos de insumos y materiales de construcción.

Material	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
Tanque cónico (2000 L)	2	Und	\$ 864.664	\$ 1.729.328
Tanque cónico (10000 L)	3	Und	\$ 3.865.352	\$ 11.596.056
Tanque cónico (5000 L)	1	Und	\$ 1.738.724	\$ 1.738.724
Tanque bajito (4000 L)	1	Und	\$ 1.466.936	\$ 1.466.936
Cemento Argos (50 Kg)	130	Bulto	\$ 19.000	\$ 2.470.000
Arena de rio	11	m <sup>3</sup>	\$ 30.000	\$ 330.000
Grava	11	m <sup>3</sup>	\$ 33.000	\$ 363.000
Agua	2500	Litro	\$ 2.000	\$ 5.000.000
Ladrillo 20 x 40 x 10 cm	2300	Und	\$ 1.300	\$ 2.990.000
Teja # 10 Gris – 3 x 0,9 m - Eternit	36	Und	\$ 36.900	\$ 1.328.400
Vigas de acero - estructura rectangular 6 m	4	Und	\$ 40.000	\$ 160.000
Malla soldada	75	m <sup>2</sup>	\$ 40.000	\$ 3.000.000

Mortero pañete Corona	100	Bulto	\$ 19.400	\$ 1.940.000
Ventana metálica - 2 x 1,2 m + Vidrio	2	Und	\$ 180.000	\$ 360.000
Puerta metálica - 220 x 2 m	2	Und	\$ 250.000	\$ 500.000
Vinilo cubriente blanco - 5 galones Karsos	12	Und	\$ 89.900	\$ 1.078.800
Subtotal				\$ 36.051.244

Fuente: Autoría propia, 2017

Los siguientes gastos tienen que ver con todo el equipamiento que conforma la planta de biodigestión con la especificación de sus características.

Tabla 39. Costos de equipos y maquinaria planta de biodigestión.

Equipo	Especificación	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial
Digestor	Tipo Plug-Flow	1	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
Motobomba	Bomba Flygt 3067.090 F-Lt-292	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Mezclador	Motor de Jaula Ardilla Siemens	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Intercambiador de Calor	Intercambiador de Calor HRS Unicus	1	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
Filtro de Sólidos	Filtro de Grava MSP KF-01	1	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000
Filtro de Sólidos	Filtro Cerámico MSP FF 150	1	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000
Regulador Presión	Válvula de Bola AKT6-50BR50B	1	\$ 800.000	\$ 800.000
Manómetro	Manómetro Tipo Pozo Groth 8170	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Trampa de Agua	Ensayadora Manual FFS Modelo: Ilerbag V	1	\$ 700.000	\$ 700.000
Envasadora	Envasadora Manual Frusso Monoblock	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Sensor de Temperatura	Termocupla Tipo K Con Amplificador de Voltaje	1	\$ 780.000	\$ 780.000
Sensor de Presión	Marca Allsensors Referencia 1 PSI-G-4V	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
Sensor de Caudal a la entrada al Motor	Marca Hoffer Referencia HO	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Turbina Trampa de Agua	Marca Groth Modelo 8460	1	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000
Instrumento que registra la presión de gas a la salida	Marca Gast Referencia R4	1	\$ 700.000	\$ 700.000
Desulfurador	Equipo de desulfuración WCK 76	1	\$ 900.000	\$ 900.000
Compresor	Estación compresora TEW110/160	1	\$ 850.000	\$ 850.000

Separador de sólidos y líquidos	Marca Gast Referencia R4	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Centrifugador	Separador tipo PAG 6754	1	\$ 910.000	\$ 910.000
Motor de Combustión Diesel	Motor Generador que funciona con una mezcla de Combustible Diesel y Biogás.	1	\$ 800.000	\$ 800.000
Subtotal				\$ 24.940.000

Fuente: Autoría propia, 2017

Finalmente se especifica el personal y número necesario para la instalación y construcción y las horas de trabajo con su respectivo costo por hora.

Tabla 40. Costos de mano de obra para instalación y construcción.

Personal	N° personas	Horas hombre	Costo por hora	Costo parcial
Arquitecto	1	-	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Maestro oficial de obra	1	160	\$ 6.000	\$ 960.000
Obreros de construcción	4	640	\$ 3.800	\$ 2.432.000
Subtotal				\$ 4.692.000

Fuente: Autoría propia, 2017

### 9.1.2 Inversión anual durante la vida del proyecto

Se relaciona a continuación los gastos que tienen que ver con la puesta en marcha y el funcionamiento de la planta de biodigestión, entre estos el mantenimiento de construcciones, maquinaria, equipos y herramientas, envasado y empaquetado y la mano de obra operacional. Para fines prácticos y de cálculo se asume que los costos anuales permanecen constantes en el tiempo.

Tabla 41. Costos operacionales.

Actividad	Costo parcial/anual
Mantenimiento de construcciones, maquinaria, equipos y herramientas	\$ 2.000.000
Envasado y empaquetado	\$ 1.800.000
Rodamiento y promoción	\$ 2.500.000
Subtotal	\$ 6.300.000

Fuente: Autoría propia, 2017

Tabla 42. Costos de mano de obra para operación.

<b>Personal</b>	<b>N° personas</b>	<b>Costo parcial/anual</b>
Operario	2	\$ 19.700.568
Empacador	1	\$ 9.850.284
Vigilante	1	\$ 9.850.284
Subtotal		\$ 39.401.136

Fuente: Autoría propia, 2017

### 9.1.3 Modalidad y fuentes de financiamiento

Los \$66.408.244 que representan el capital total necesario para la construcción e instalación de la planta (\$725.000 en costos de adecuación y transporte, \$36.051.244 en costos de insumos y materiales de construcción, \$24.940.000 en costos de equipos y maquinaria planta de biodigestión y \$ 4.692.000 en costos de mano de obra para instalación y construcción), provienen de los propietarios de la finca, por lo que no se haría necesaria la solicitud de préstamo ante ninguna entidad bancaria o financiera.

### 9.1.4 Depreciación de activos fijos

La depreciación es el mecanismo mediante el cual se calcula el desgaste y pérdida de valor que sufre un bien o activo por el uso que se haga de él, para ello es necesario conocer su vida útil, es decir el lapso de tiempo durante el cual se espera que estos activos contribuyan a la generación de ingresos del proyecto (Roura & Cepeda, 1999). Se aclara que los activos sujetos a depreciación son los activos fijos, que son aquellos bienes que posee la empresa y sólo están para su uso y servicio, para este caso se calculó la depreciación de todos los equipos y maquinaria que conforman la planta biodigestora.

Tabla 43. Depreciación de activos.

<b>Activo</b>	<b>Costo parcial</b>	<b>Vida útil (años)</b>	<b>Depreciación</b>
Digestor	\$ 3.200.000	25	\$ 128.000
Motobomba	\$ 2.000.000	10	\$ 200.000
Mezclador	\$ 1.700.000	12	\$ 141.667
Intercambiador de Calor	\$ 1.800.000	8	\$ 225.000
Filtro de Sólidos	\$ 1.100.000	12	\$ 91.667
Filtro de Sólidos	\$ 1.100.000	12	\$ 91.667
Regulador Presión	\$ 800.000	5	\$ 160.000
Manómetro	\$ 400.000	20	\$ 20.000
Trampa de Agua	\$ 700.000	15	\$ 46.667

Envasadora	\$ 3.000.000	20	\$ 150.000
Sensor de Temperatura	\$ 780.000	15	\$ 52.000
Sensor de Presión	\$ 1.200.000	7	\$ 171.429
Sensor de Caudal a la entrada al Motor	\$ 1.300.000	11	\$ 118.182
Turbina Trampa de Agua	\$ 1.100.000	12	\$ 91.667
Medidor Presión de gas	\$ 700.000	18	\$ 38.889
Desulfurador	\$ 900.000	15	\$ 60.000
Compresor	\$ 850.000	10	\$ 85.000
Separador de sólidos y líquidos	\$ 600.000	10	\$ 60.000
Centrifugador	\$ 910.000	10	\$ 91.000
Motor de Combustión Diesel	\$ 800.000	12	\$ 66.667
<b>TOTAL PARCIAL</b>	\$ 24.940.000		
<b>SALVAMENTO</b>	\$ 6.235.000	<b>DEPRECIACIÓN TOTAL</b>	\$ 8.324.499

Fuente: Autoría propia, 2017

El salvamento es el valor del activo que no se desprecia al terminar su vida útil; se acordó un valor de salvamento del 25% para los activos fijos de este proyecto, procediendo así con el siguiente cálculo:

$$\mathbf{SALVAMENTO} = \text{Valor total de equipos} * 0,25$$

$$\mathbf{SALVAMENTO} = \$24.940.000 * 0,25$$

$$\mathbf{SALVAMENTO} = \$6.235.000$$

$$\mathbf{DEPRECIACION POR ACTIVO} = \frac{\text{Costo parcial del activo}}{\text{Años de vida útil}}$$

$$\mathbf{DEPRECIACION TOTAL} = \left( \sum \text{Depreciación por activo} \right) + \text{Salvamento}$$

$$\mathbf{DEPRECIACION TOTAL} = \$2.089.499 + \$6.235.000$$

$$\mathbf{DEPRECIACION TOTAL} = \$8.324.499$$

## 9.2 FLUJO DE CAJA

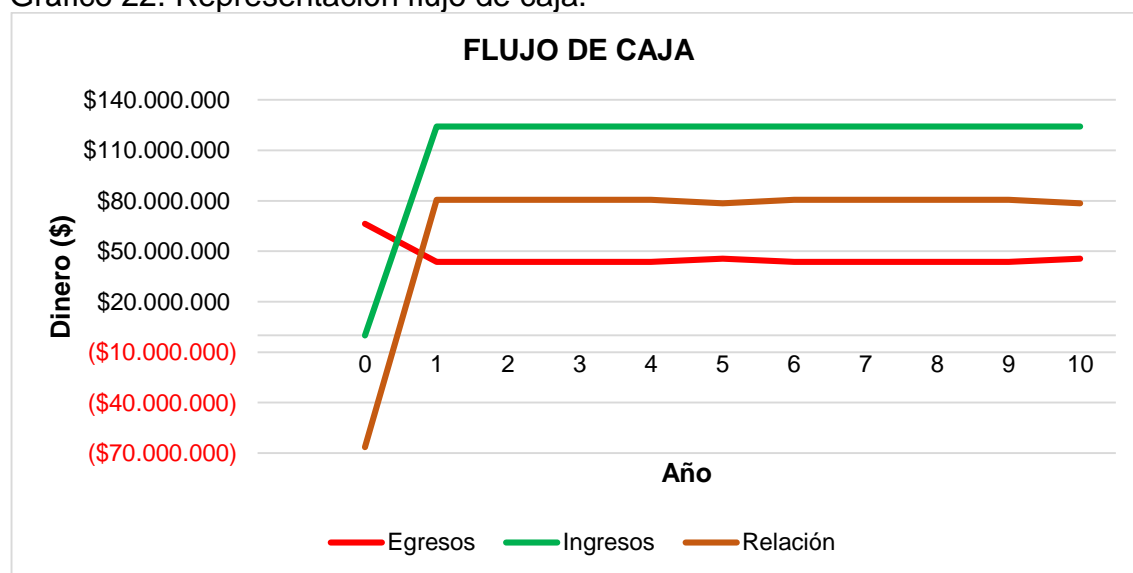
Para la elaboración del flujo de caja se tomó un periodo de evaluación desde el año 0 hasta el año 10, donde se asumió que todos los costos se imputan al final de cada periodo (cada año) y donde los flujos de costos e ingresos son constantes en el tiempo. El flujo de caja elaborado pertenece al tipo puro o sin financiamiento, ya que como se mencionó, los recursos de inversión provienen de los propietarios, por lo tanto, no se presentan cálculos relacionados con amortización de deuda entre otros.

Tabla 44. Flujo de caja.

Año	Costos	Ingresos	Relación	Flujo de caja con impuestos*
0	\$ 66.408.244	\$ -	-\$ 66.408.244	-\$ 66.408.244
1	\$ 43.701.136	\$ 124.239.684	\$ 80.538.548	\$ 55.263.631
2	\$ 43.701.136	\$ 124.239.684	\$ 80.538.548	\$ 55.263.631
3	\$ 43.701.136	\$ 124.239.684	\$ 80.538.548	\$ 55.263.631
4	\$ 43.701.136	\$ 124.239.684	\$ 80.538.548	\$ 55.263.631
5	\$ 45.701.136	\$ 124.239.684	\$ 78.538.548	\$ 53.963.631
6	\$ 43.701.136	\$ 124.239.684	\$ 80.538.548	\$ 55.263.631
7	\$ 43.701.136	\$ 124.239.684	\$ 80.538.548	\$ 55.263.631
8	\$ 43.701.136	\$ 124.239.684	\$ 80.538.548	\$ 55.263.631
9	\$ 43.701.136	\$ 124.239.684	\$ 80.538.548	\$ 55.263.631
10	\$ 45.701.136	\$ 124.239.684	\$ 78.538.548	\$ 53.963.631

Fuente: Autoría propia, 2017

Gráfico 22. Representación flujo de caja.



Fuente: Autoría propia, 2017

El año 0 contiene todos los costos relacionados con la inversión inicial necesaria, es decir adecuación y transporte, insumos y materiales de construcción, equipos y maquinaria planta biodigestora y mano de obra (\$66.408.244). A partir del primer año al cuarto año y del sexto al noveno año, los costos están representados en envasado y empaquetado, rodamiento y promoción y mano de obra (\$43.701.136), la diferencia en el quinto y décimo año radica en que se debe contemplar el mantenimiento de construcciones, maquinaria, equipos y herramientas

(\$2.000.000).

El ingreso anual se calcula en los \$124.239.684 por concepto de venta de biogás (\$1.047.684), biol (\$116.280.000) y biosol (\$6.912.000)

La relación se calcula según los anteriores valores de la siguiente manera:

$$RELACION = Ingresos - Costos$$

En este punto fue necesario incluir en el cálculo los impuestos a pagar debido a que afectan considerablemente el flujo de caja, los cálculos se muestran en el anexo G

Se procede a restarle a la relación de cada periodo, el valor de depreciación (\$8.324.499); se estimó un 35% en impuestos en cada año, así que al anterior cálculo se le multiplica este porcentaje. Finalmente, a la relación inicial se le resta este valor afectado por impuestos, obteniendo como resultado la columna de flujo de caja con impuestos.

### 9.3 ÍNDICES DE VALORACIÓN ECONÓMICA

#### 9.3.1 Valor Presente Neto (VPN)

Es el índice que se utiliza por excelencia para evaluar la viabilidad de un proyecto, su importancia radica en que permite hacer comparaciones claras entre la inversión a realizar y los flujos de dinero que producirá en el futuro (Roura & Cepeda, 1999), se expresa así:

$$VPN = -S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{St}{(1+i)^t}$$

Donde:

$S_0$  = Inversión inicial

$St$  = Flujo de efectivo neto del periodo t

N = Número de periodos de vida del proyecto

i = Tasa de descuento

t = Tiempo

Su interpretación se basa en:

**VPN > 0:** Se acepta el proyecto o la inversión.

**VPN < 0:** No se acepta el proyecto o la inversión.

Para su cálculo se usó la herramienta Microsoft Excel 2013 de la siguiente manera:

= **FUNCION VNA** (Tasa de descuento del 20%; Flujo de caja con impuesto año 1 al 10)  
+ Valor inicial de la inversión

$$VPN = \$164.550.588$$

Este valor es mayor que cero o positivo, así que indica que se debe aceptar el proyecto ya que está generando valor, es decir supera la rentabilidad mínima esperada.

### 9.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Según Roura & Cepeda (1999), la TIR es la tasa de descuento que, al ser utilizada para actualizar flujos futuros de ingresos netos de un proyecto de inversión, hace que su valor presente neto sea igual a cero; es decir que muestra cuál sería la tasa de interés más alta a la que el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias.

Su cálculo se hace por prueba y error, hasta que el valor presente neto sea igual a 0 y se fundamenta en la siguiente fórmula:

$$TIR = \frac{\sum St}{(1+i)^t} = 0$$

Donde:

St = Flujo de efectivo neto del periodo t

N = Número de periodos de vida del proyecto

i = Tasa de descuento

t = Tiempo

Este índice puede usarse para aceptar y rechazar, pero no para seleccionar entre varias alternativas, ya que una alternativa con mayor TIR no necesariamente es la mejor (Villarraga, 2015).

Su interpretación se basa en:

**TIR > TIO:** Se acepta el proyecto o la inversión.

**TIR < TIO:** No se acepta el proyecto o la inversión.

Con la herramienta Microsoft Excel 2013 se calculó así:

= **FUNCION TIR** (Flujo de caja con impuesto desde año 0 al 10)



$$TIR = 83\%$$

Siendo el valor mayor al 20% de la tasa de descuento o TIO, se acepta el proyecto.

### 9.3.3 Relación Beneficio Costo (B/C)

Este indicador toma los ingresos y egresos presentes netos para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto. Está expresado en la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Vi}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{Ci}{(1+i)^n}}$$

Donde:

Vi = Ingresos

Ci = Egresos

i = Tasa de descuento

Su interpretación se basa en:

**B/C > 0:** Se acepta el proyecto o la inversión.

**B/C < 0:** No se acepta el proyecto o la inversión.

En Microsoft Excel 2013 se calculó de la siguiente manera:

(A) = **FUNCION VNA** (Tasa de descuento del 20%; Ingresos desde año 1 al 10)

(B) = **FUNCION VNA** (Tasa de descuento del 20%; Costos desde año 1 al 10)

(C) = B + Inversión inicial

$$= \frac{A}{C}$$

$$B/C = 2,08$$

Se acepta el proyecto ya que la relación es mayor a 0 e indica que por cada peso de costos se obtiene más de dos pesos de beneficio.

### 9.3.4 Índice de Valor Actual Neto (IVAN)

Es un índice usado para seleccionar proyectos que se enfrentan a condiciones de racionamiento de capital, es decir, cuando no existen recursos suficientes para la implementación.

$$IVAN = \frac{VPN}{I}$$

Donde:

VAN = Valor Actual Neto

I = Inversión

Se interpreta así:

**IVAN > 0:** Se acepta el proyecto o la inversión.

**IVAN < 0:** No se acepta el proyecto o la inversión.

Su cálculo en Microsoft Excel 2013 se realizó de la siguiente manera:

$$= \frac{VPN}{Inversión\ inicial}$$

$$IVAN = 2,48$$

Su valor es mayor que 0 así que se acepta el proyecto.

#### 9.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Un análisis de sensibilidad es aquel en el que se evalúa cómo el cambio de una variable afecta o impacta sobre un punto específico de interés en el flujo de caja de un proyecto de inversión. Con este, se conoce qué variables de riesgo son importantes dependiendo de su participación porcentual en los beneficios o costos y de su rango de valores probables. Finalmente, su relación con el Valor Presente Neto radica en que permite determinar la dirección de cambio de este (Bustos, 2002).

Para efectuar el análisis de sensibilidad del presente proyecto, se contemplaron los siguientes escenarios:

- **Escenario 1 - Aumento de costos**
  - Aumento de egresos en un 20%
  - Impuestos del 35%
  - Tasa de descuento del 20%
  
- **Escenario 2 - Disminución de ingresos**
  - Disminución de ingresos en un 20%
  - Impuestos del 35%
  - Tasa de descuento del 20%

- **Escenario 3 - Multidimensional**  
Disminución de ingresos en un 20%  
Aumento de egresos en un 20%  
Impuestos del 35%  
Tasa de descuento del 20%
- **Escenario 4 - Punto muerto**  
Disminución de ingresos en un 35%  
Aumento de egresos en un 30%  
Impuestos del 35%  
Tasa de descuento del 20%

Tabla 45. Escenarios de sensibilidad.

	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Escenario 3</b>	<b>Escenario 4</b>
<b>VPN</b>	\$281.831.443	\$208.898.880	\$141.196.163	\$1.868.345
<b>TIR</b>	85%	78%	54%	20%
<b>B/C</b>	4,2	3,1	2,1	0,0

Fuente: Autoría propia, 2017

Para el análisis de sensibilidad se tuvo en cuenta cuatro escenarios hipotéticos con constantes ya usadas en el flujo de caja, como impuestos del 35% y una tasa de descuento del 20% y variables en los ingresos y los egresos. Los dos primeros escenarios son unidimensionales en los que sólo una variable es afectada, en el primero los costos aumentan en un 20% y en el segundo los ingresos disminuyen en un 20%. El tercer escenario es uno multidimensional en donde se afectaron dos variables de manera simultánea, los ingresos disminuyeron un 20% y a su vez los costos aumentaron en un 20%. Finalmente se calculó un punto muerto donde la relación beneficio/costo es igual a 0 con el fin de terminar la máxima caída en modificación de variables que puede soportar el proyecto.

En el escenario 1, la TIR aumenta de 83% a 85% y la relación B/C de 2 a 4, es decir que a pesar de que los costos aumenten en un 20%, el proyecto sigue siendo rentable gracias al soporte que le da las ventas anuales; otro indicador para soportar el proyecto radica en que dicha TIR es mayor a la TIO de 20% usada para el cálculo.

El escenario 2 muestra que el proyecto es más sensible al cambio en variable de disminución de ingresos que de aumento de costos, pues aquí la TIR baja en 5 puntos porcentuales comparado con los 2 puntos porcentuales en el escenario anterior. Este escenario es más desfavorable teniendo en cuenta esta disminución, pero favorable en cuanto a VPN pues pasó de \$164.550.588 a \$208.898.880 y en cuanto a relación B/C pasando de 2,4 a 3,1.

Con el escenario 3 el proyecto sigue presentando condiciones de rentabilidad, sin embargo tiende a desmejorar con este cambio multidimensional, pues la TIR cae a

un 54%, igual que lo hace la relación B/C con un 2,1. En este momento se decide determinar el punto muerto donde la  $TIR=TIO$  (20%) siendo este el límite máximo que puede soportar el proyecto antes de pasar a no generar rentabilidad; se encontró que esta situación tendría lugar cuando los ingresos disminuyan en un 35% y los costos aumenten en un 30%, demostrando finalmente que el proyecto tiene alta flexibilidad y un amplio rango de soporte sin que se ponga el riesgo el capital invertido.

## 10. ESTUDIO SOCIOAMBIENTAL

La viabilidad de un proyecto se debe medir principalmente desde su enfoque socio económico, siempre y cuando se consideren los costos y afectaciones ambientales que este genere. Este enfoque, produce que las labores a realizar, intervenciones antrópicas y posibles impactos ambientales que se puedan formar a raíz de la implementación del proyecto tomen un alto nivel de importancia; el impacto ambiental será el eje principal, y en este se procurará sea de menor cuantía. Los recursos naturales y poblaciones cercanas se evaluarán con igual prioridad.

Respecto a la integración de la comunidad del sector, se velará por incluirlos en el desarrollo económico del proyecto, brindándoles posibilidades de participación brindándoles oportunidades laborales y crecimiento económico en sus familias. Por otra parte, en el desarrollo, implementación y ejecución económica del proyecto, es importante generar un bajo nivel de costos ambientales, para de igual manera como se menciona con anterioridad el impacto ambiental sea el menor posible.

Las “externalidades positivas” o mal llamadas los “pros”, según Cornes & Tood (1986) son los beneficios generados por un proyecto y que son percibidos por un grupo social diferente a aquel que paga por los bienes y servicios que se ofrecen. Las “externalidades negativas” por su parte se definen como los costos que exige un proyecto y que recaen sobre un grupo social diferente a quienes se benefician de los bienes y servicios ofrecidos por él.

A continuación, se presenta las externalidades que se identificaron en el proyecto:

Positivas:

- Generación de alternativas de empleo.
- Se ofrece la posibilidad de empleos bien remunerados y con sus respectivos pagos de ley.
- Fortalecimiento académico a los empleados, para que se capaciten y estén técnicamente más capaces.
- Desarrollo tecnológico e industrial de la región.
- Reutilización de residuos en procesos productivos.
- Reducción de los residuos.
- Mayor control sobre el manejo de estos residuos.

Negativas

- Generación de contaminación olfativa, generados por los diferentes procesos industriales.
- Desvalorización de los predios cercanos a la planta debido a la influencia de olores y vehículos transportadores.

## CONCLUSIONES

Los cuatro índices de valoración económica aplicados demostraron la amplia factibilidad del proyecto con las características planteadas, no obstante se decidió poner a prueba una vez más con un análisis de sensibilidad variando escenarios de estrés para la inversión y gratamente se obtuvo el resultado de que el proyecto seguía siendo rentable. A grandes rasgos es una idea muy atractiva y que sentaría un gran precedente en una región donde no se aprovechan los residuos orgánicos a gran escala, sin embargo, algunos detalles negativos fueron reconocidos en el desarrollo del proyecto.

El producto biogás fue pensado como el principal motor de generación de ingresos, debido a la gran cantidad que se produce con los porcinos presentes en la finca La Primavera, sin embargo, se encontró que el subproducto biofertilizante (biol y biosol) tenía todo el protagonismo, y no sólo en términos monetarios y de ganancia sino en términos de salida a un mercado dinámico y abierto. Se evidenció poco interés por parte de los consorcios de gas natural y comercializadoras de gas propano, en la adquisición e incorporación de un gas producido de manera orgánica; algunas de las razones radicarón en su dificultad para ser contraído debido a su notable inestabilidad lo que no permite que sea dispuesto de manera sencilla en un cilindro de uso común. Esto limitó el proyecto a la imaginaria idea de que el producto sería vendido a una empresa de índole mayor, con la propiedad de carrotanques que fueran conectados a la boquilla de salida.

El mercado se mostró mucho más receptivo a la compra del producto biofertilizante, gracias a que el nicho ya fue abierto por otros abonos orgánicos de origen animal tales como lombrices y gallinas; la situación se favorece con el amplio entusiasmo por parte de los propietarios de la finca quienes estarían dispuestos a implementar el proyecto en su totalidad o parcialmente.

## RECOMENDACIONES

Si se decide poner en marcha el proyecto de inversión sería favorable contemplar el uso e instalación de una planta más sencilla y algo casera, no necesariamente se debe adquirir la maquinaria y equipos expuestos en el documento, sino tomar ejemplo de proyectos más simples que requieran una menor necesidad de inversión inicial. También se recomienda aprovechar el estiércol generado por el ganado vacuno, siendo esta una magnífica combinación que realmente mejoraría el rendimiento de la materia prima.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal Lejanías. (2012). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Lejanías: Alcaldía Municipal.
- Alcaldía Municipal Lejanías. (2012-2015). *Plan de Desarrollo Municipal*. Lejanías: Alcaldía Municipal.
- Berrú, C. (2013). *El Biol, un abono orgánico natural para mejorar la producción agrícola*. Quito: Escuela Superior Politécnica Ecológica Amazónica.
- BESEL S.A. (2007). *Biomasa: Digestores anaerobios*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Bolívar Fúquene, H. E., & Ramírez Hernández, E. Y. (2012). *Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Bragachini, M., Urrets, G., Ustarroz, F., & Bragachini, M. (2011). *El Biogás*. Buenos Aires: INTA PRECOP .
- Bustos Farías, E. (2002). *Análisis de sensibilidad*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- CORMACARENA. (2015). *Guía ambiental para sistemas de producción porcícola en el departamento del Meta*. Villavicencio: CORMACARENA.
- Cornes, Richard, & Todd Sandler (1986). *The Theory of Externalities, Public Goods, and Club Goods* (Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press).
- Duque, C., Galeano, C., & Mantilla, J. (2006). Plug flow biodigester evaluation. *Livestock Research for Rural Development*, 18(4).
- FAO. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile: FAO.
- Flotats, X. (2013). *Análisis económico de plantas de Biogás*. Catalunya: Universidad de Catalunya.
- Mantilla González, J. M., Galeano Urueña, C. H., & Duque Daza, C. A. (Diciembre de 2007). Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno. *Revista de Ingeniería e Investigación*, 27(3), 133-142.
- Mariscal, L. G. (2007). *Tratamiento excretas cerdos*. Buenos Aires: FAO.
- Martínez Collado, C. (2002). *Volumen de biodigestores*. Obtenido de Empresa Eléctrica de Bahía Honda: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia39/HTML/articulo04.htm>



- Mejía Barrera, C. S., Mejía Terezón, C. P., & Ramírez Bermudez, D. E. (2005). *Estudio de factibilidad técnico económico para la implantación de una planta productora de biogás a partir de desechos orgánicos*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Ministerio de Energía de Chile, Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2012). *Guía de Planificación para Proyectos de Biogás en Chile*. Santiago de Chile: MINENERGÍA y GIZ.
- Miranda Miranda, J. J. (2011). *Gestión de Proyectos*. Bogotá: M y M Editores.
- Montaño, O., Corona, J., & Montelongo, M. (2009). *Metodología sistémica para el desarrollo de un proyecto de Biogás*. Madrid: Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo.
- Morales Cufiño, G., & Aristizabal, O. M. (2007). *Estudio de factibilidad técnico financiero de abono orgánico a partir de los desechos orgánicos de la Plaza de Corabastos de Bogotá*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- Noreña Grisales, J. M., Osorio Vega, N. W., & Juan Pablo, G. Y. (2016). *Manual de uso de la porcínaza en la agricultura "De la granja al cultivo"*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Novoa Téllez, J. C. (2010). *Factibilidad para la creación de una empresa productora de abono orgánico en el municipio de San Martín, Cesar*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Olaya Arboleda, Y., & González Salcedo, L. O. (2009). *Fundamentos para el Diseño de Biodigestores*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Roura, H., & Cepeda, H. (1999). *Manual de identificación, formulación y evaluación de proyectos de desarrollo rural*. Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social.
- Sánchez Criado, C. (3 de Julio de 2014). *Latinoamérica tiene un gran potencial de crecimiento en biogás, según el fabricante alemán Weltec Biopower*. Obtenido de EnergyNews : <http://www.energynews.es/latinoamerica-tiene-un-gran-potencial-de-crecimiento-en-biogas-como-fuente-renovable-segun-weltec/>
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (2015). *Biol, contenido nutricional*. Saltillo: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Vargas, L. (1992). *Los Biodigestores, alternativa de tratamiento para residuos pecuarios*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.

## ANEXOS

### Anexo A. Diseño encuesta a compradores de fertilizantes.



Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia



#### ENCUESTA A COMPRADORES DE FERTILIZANTES

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre encuestado: \_\_\_\_\_

Municipio de residencia: \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

#### PREGUNTAS

- 1) ¿Compra fertilizantes orgánicos? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- 2) ¿Compra fertilizantes inorgánicos? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- 3) En caso de comprar los dos tipos de fertilizantes ¿Cuál compra con mayor frecuencia?  
Orgánico \_\_\_\_ Inorgánico \_\_\_\_
- 4) Nombres de fertilizantes orgánicos que compra con mayor frecuencia  
• \_\_\_\_\_  
• \_\_\_\_\_
- 5) Precio promedio de los fertilizantes orgánicos que compra \_\_\_\_\_
- 6) Nombres de fertilizantes inorgánicos que compra con mayor frecuencia  
• \_\_\_\_\_  
• \_\_\_\_\_
- 7) Precio promedio de los fertilizantes inorgánicos que compra \_\_\_\_\_
- 8) ¿Conoce el término Biol (Líquido) y/o Biosol (Sólido)? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- 9) ¿Compra fertilizantes orgánicos de origen animal? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- 10) En caso de que sí compre fertilizantes orgánicos de origen animal ¿De qué fuente es este producto?  
• \_\_\_\_\_  
• \_\_\_\_\_
- 11) Nombres de fertilizantes de origen animal que compra  
• \_\_\_\_\_  
• \_\_\_\_\_
- 12) ¿Para qué cultivos compra fertilizantes?  
• \_\_\_\_\_  
• \_\_\_\_\_
- 13) Valor aproximado de las compras totales mensuales de fertilizantes orgánicos
- 14) Valor aproximado de las compras totales mensuales de fertilizantes inorgánicos

Fuente: Autoría propia, 2017

Anexo B. Evidencia aplicación de encuestas a agricultores.



Fuente: Torres, 2017

Anexo C. Diseño encuesta a comercializadoras de gas.



Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia



**ENCUESTA A COMERCIALIZADORAS DE GAS**

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Nombre empresa: \_\_\_\_\_  
 Nombre encuestado: \_\_\_\_\_  
 Cargo: \_\_\_\_\_

**PREGUNTAS**

1) ¿Cuál de los siguientes tipos de gas comercializa?

- ¿Gas natural? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- ¿Gas propano? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- ¿Biogás? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

2) ¿Cuáles son las presentaciones de gas que se oferta a los compradores y su respectivo precio de venta?

Presentación	Precio de venta

3) ¿Comercializa y distribuye gas propano en el municipio de Lejanías? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

4) Número de personas a las que se les distribuye y vende gas en Lejanías \_\_\_\_\_

5) Cantidad de pipetas que vende mensualmente en el municipio de Lejanías según presentación

Presentación	Cantidad

6) Valor aproximado de las ventas totales mensuales de gas en Lejanías \_\_\_\_\_

7) ¿Comercializa y distribuye gas propano en el municipio de Granada? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

8) Número de personas a las que se les distribuye y vende gas en Granada

9) Cantidad de pipetas que vende mensualmente en el municipio de Granada según presentación

Presentación	Cantidad

10) Valor aproximado de las ventas totales mensuales de gas en Granada \_\_\_\_\_

Fuente: Autoría propia, 2017

Anexo D. Diseño encuesta a comercializadoras de fertilizantes.



Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia



**ENCUESTA A COMERCIALIZADORAS DE FERTILIZANTES**

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre empresa: \_\_\_\_\_

Nombre encuestado: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

**PREGUNTAS**

- 1) ¿Venden fertilizantes orgánicos? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- 2) ¿Venden fertilizantes inorgánicos? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- 3) En caso de vender de los dos tipos de fertilizantes ¿Cuál tiene mayor demanda por parte de los consumidores? Orgánico \_\_\_\_ Inorgánico \_\_\_\_
- 4) Nombres de fertilizantes orgánicos que se venden con mayor frecuencia
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
- 5) Precio promedio de los fertilizantes orgánicos que comercializan \_\_\_\_\_
- 6) Nombres de fertilizantes inorgánicos que se venden con mayor frecuencia
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
- 7) Precio promedio de los fertilizantes inorgánicos que comercializan \_\_\_\_\_
- 8) ¿Conoce el término Biol (Líquido) y/o Biosol (Sólido)? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- 9) ¿Venden fertilizantes orgánicos de origen animal? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- 10) En caso de que sí vendan fertilizantes orgánicos de origen animal ¿De qué fuente es este producto?
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
- 11) Nombres de fertilizantes de origen animal que comercializan
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
- 12) ¿Para qué cultivos se venden fertilizantes?
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
- 13) Valor aproximado de las ventas totales mensuales de fertilizantes orgánicos
- 14) Valor aproximado de las ventas totales mensuales de fertilizantes orgánicos

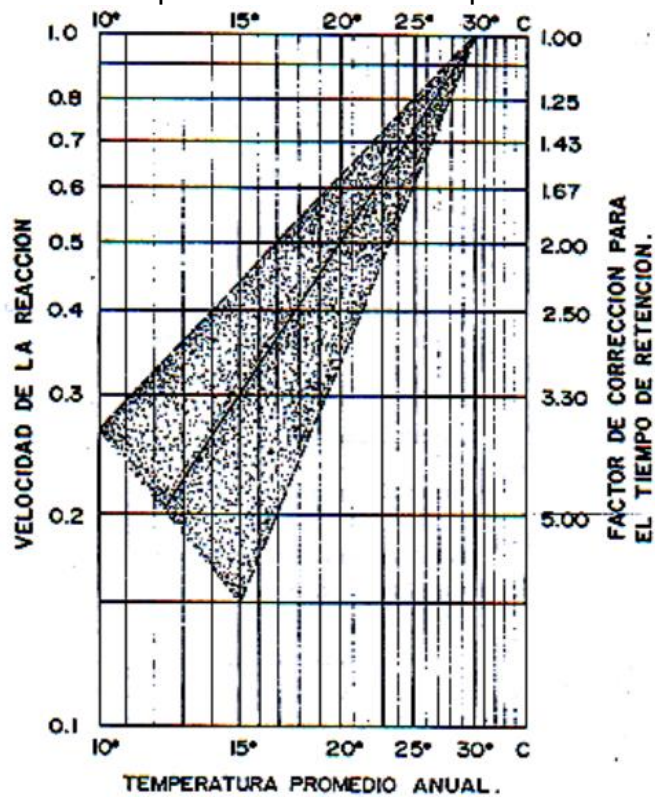
Fuente: Autoría propia, 2017

Anexo E. Evidencia aplicación de encuestas a casas de insumos.



Fuente: Torres, 2017

Anexo F. Influencia de la temperatura sobre el tiempo de retención.



Fuente: Vargas, 1992

Anexo G. Impuestos.

<b>AÑO</b>	<b>RELACIÓN</b>	<b>RELACIÓN-DEPRECI</b>	<b>IMPUEST. AL 35%</b>	<b>INGRESO-IMPUESTOS</b>
1	\$ 80.538.548	\$ 72.214.049	\$ 25.274.917	\$ 55.263.631
2	\$ 80.538.548	\$ 72.214.049	\$ 25.274.917	\$ 55.263.631
3	\$ 80.538.548	\$ 72.214.049	\$ 25.274.917	\$ 55.263.631
4	\$ 80.538.548	\$ 72.214.049	\$ 25.274.917	\$ 55.263.631
5	\$ 78.538.548	\$ 70.214.049	\$ 24.574.917	\$ 53.963.631
6	\$ 80.538.548	\$ 72.214.049	\$ 25.274.917	\$ 55.263.631
7	\$ 80.538.548	\$ 72.214.049	\$ 25.274.917	\$ 55.263.631
8	\$ 80.538.548	\$ 72.214.049	\$ 25.274.917	\$ 55.263.631
9	\$ 80.538.548	\$ 72.214.049	\$ 25.274.917	\$ 55.263.631
10	\$ 78.538.548	\$ 70.214.049	\$ 24.574.917	\$ 53.963.631

Fuente: Autoría propia, 2017

Anexo H. Escenario 1 - Aumento de costos.

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>EGRESOS + 20%</b>	<b>BENEFICIO NETO</b>	<b>BENEFICIO CON DEPRECIACIÓN</b>	<b>IMPUESTO</b>	<b>BENEFICIO TOTAL</b>
0	\$ -	\$ 66.408.244	\$ 79.689.893	-\$ 79.689.893	-\$ 88.014.392	-\$ 30.805.037	-\$ 110.494.930
1	\$ 124.239.684	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 71.798.321	\$ 63.473.822	\$ 22.215.838	\$ 94.014.158
2	\$ 124.239.684	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 71.798.321	\$ 63.473.822	\$ 22.215.838	\$ 94.014.158
3	\$ 124.239.684	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 71.798.321	\$ 63.473.822	\$ 22.215.838	\$ 94.014.158
4	\$ 124.239.684	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 71.798.321	\$ 63.473.822	\$ 22.215.838	\$ 94.014.158
5	\$ 124.239.684	\$ 45.701.136	\$ 54.841.363	\$ 69.398.321	\$ 61.073.822	\$ 21.375.838	\$ 90.774.158
6	\$ 124.239.684	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 71.798.321	\$ 63.473.822	\$ 22.215.838	\$ 94.014.158
7	\$ 124.239.684	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 71.798.321	\$ 63.473.822	\$ 22.215.838	\$ 94.014.158
8	\$ 124.239.684	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 71.798.321	\$ 63.473.822	\$ 22.215.838	\$ 94.014.158
9	\$ 124.239.684	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 71.798.321	\$ 63.473.822	\$ 22.215.838	\$ 94.014.158
10	\$ 124.239.684	\$ 45.701.136	\$ 54.841.363	\$ 69.398.321	\$ 61.073.822	\$ 21.375.838	\$ 90.774.158

Fuente: Autoría propia, 2017



Anexo I. Escenario 2 - Disminución de ingresos.

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>INGRESOS - 20%</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>BENEFICIO NETO</b>	<b>BENEFICIO CON DEPRECIACIÓN</b>	<b>IMPUESTO</b>	<b>BENEFICIO TOTAL</b>
0	\$ -	\$ -	\$ 66.408.244	-\$ 66.408.244	-\$ 74.732.743	-\$ 26.156.460	-\$ 92.564.704
1	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 55.690.611	\$ 47.366.112	\$ 16.578.139	\$ 72.268.750
2	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 55.690.611	\$ 47.366.112	\$ 16.578.139	\$ 72.268.750
3	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 55.690.611	\$ 47.366.112	\$ 16.578.139	\$ 72.268.750
4	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 55.690.611	\$ 47.366.112	\$ 16.578.139	\$ 72.268.750
5	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 45.701.136	\$ 53.690.611	\$ 45.366.112	\$ 15.878.139	\$ 69.568.750
6	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 55.690.611	\$ 47.366.112	\$ 16.578.139	\$ 72.268.750
7	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 55.690.611	\$ 47.366.112	\$ 16.578.139	\$ 72.268.750
8	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 55.690.611	\$ 47.366.112	\$ 16.578.139	\$ 72.268.750
9	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 55.690.611	\$ 47.366.112	\$ 16.578.139	\$ 72.268.750
10	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 45.701.136	\$ 53.690.611	\$ 45.366.112	\$ 15.878.139	\$ 69.568.750

Fuente: Autoría propia, 2017

Anexo J. Escenario 3 - Multidimensional.

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>INGRESOS - 20%</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>EGRESOS + 20%</b>	<b>BENEFICIO NETO</b>	<b>BENEFICIO CON DEPRECIACIÓN</b>	<b>IMPUESTO</b>	<b>BENEFICIO TOTAL</b>
0	\$ -	\$ -	\$ 66.408.244	\$ 79.689.893	-\$ 79.689.893	-\$ 88.014.392	-\$ 30.805.037	-\$110.494.930
1	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 46.950.384	\$ 38.625.885	\$ 13.519.060	\$ 60.469.444
2	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 46.950.384	\$ 38.625.885	\$ 13.519.060	\$ 60.469.444
3	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 46.950.384	\$ 38.625.885	\$ 13.519.060	\$ 60.469.444
4	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 46.950.384	\$ 38.625.885	\$ 13.519.060	\$ 60.469.444
5	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 45.701.136	\$ 54.841.363	\$ 44.550.384	\$ 36.225.885	\$ 12.679.060	\$ 57.229.444
6	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 46.950.384	\$ 38.625.885	\$ 13.519.060	\$ 60.469.444
7	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 46.950.384	\$ 38.625.885	\$ 13.519.060	\$ 60.469.444
8	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 46.950.384	\$ 38.625.885	\$ 13.519.060	\$ 60.469.444
9	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 43.701.136	\$ 52.441.363	\$ 46.950.384	\$ 38.625.885	\$ 13.519.060	\$ 60.469.444
10	\$ 124.239.684	\$ 99.391.747	\$ 45.701.136	\$ 54.841.363	\$ 44.550.384	\$ 36.225.885	\$ 12.679.060	\$ 57.229.444

Fuente: Autoría propia, 2017

Anexo K. Escenario 4 – Punto muerto.

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>INGRESOS - 35%</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>EGRESOS + 30%</b>	<b>BENEFICIO NETO</b>	<b>BENEFICIO CON DEPRECIACIÓN</b>	<b>IMPUESTO</b>	<b>BENEFICIO TOTAL</b>
0	\$ -	\$ -	\$ 66.408.244	\$ 86.330.717	-\$ 86.330.717	-\$ 94.655.216	-\$ 33.129.326	-\$119.460.043
1	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 43.701.136	\$ 56.811.477	\$ 23.944.318	\$ 15.619.819	\$ 5.466.936	\$ 29.411.254
2	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 43.701.136	\$ 56.811.477	\$ 23.944.318	\$ 15.619.819	\$ 5.466.936	\$ 29.411.254
3	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 43.701.136	\$ 56.811.477	\$ 23.944.318	\$ 15.619.819	\$ 5.466.936	\$ 29.411.254
4	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 43.701.136	\$ 56.811.477	\$ 23.944.318	\$ 15.619.819	\$ 5.466.936	\$ 29.411.254
5	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 45.701.136	\$ 59.411.477	\$ 21.344.318	\$ 13.019.819	\$ 4.556.936	\$ 25.901.254
6	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 43.701.136	\$ 56.811.477	\$ 23.944.318	\$ 15.619.819	\$ 5.466.936	\$ 29.411.254
7	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 43.701.136	\$ 56.811.477	\$ 23.944.318	\$ 15.619.819	\$ 5.466.936	\$ 29.411.254
8	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 43.701.136	\$ 56.811.477	\$ 23.944.318	\$ 15.619.819	\$ 5.466.936	\$ 29.411.254
9	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 43.701.136	\$ 56.811.477	\$ 23.944.318	\$ 15.619.819	\$ 5.466.936	\$ 29.411.254
10	\$ 124.239.684	\$ 80.755.795	\$ 45.701.136	\$ 59.411.477	\$ 21.344.318	\$ 13.019.819	\$ 4.556.936	\$ 25.901.254

Fuente: Autoría propia, 2017