

**Viabilidad económica para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos,
mediante tecnología de biodigestores, para ser usado como combustible en la cocción de
alimentos y generación de electricidad, en la Finca las Eusidias ubicada en el municipio de
Silvania Cundinamarca**

Luz Marly Buitrago Rodríguez

Jhoana Marined Rayo Torres

Yaneth Rosado Robayo

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Especialización en Gestión Ambiental
Bogotá D.C.
2019

**Viabilidad económica para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos,
mediante tecnología de biodigestores, para ser usado como combustible en la cocción de
alimentos y generación de electricidad, en la Finca las Eusidias ubicada en Silvania
Cundinamarca**

Luz Marly Buitrago Rodríguez

Jhoana Marined Rayo Torres

Yaneth Rosado Robayo

Director

Natalia María Restrepo Sánchez

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Especialización en Gestión Ambiental
Bogotá D.C.

2019

Agradecimientos

A Dios quien permite que todo sea posible. A nuestra familia por su apoyo. A los docentes quienes brindaron su conocimiento a lo largo de nuestra formación; especialmente a la coordinadora de la especialización Natalia Restrepo, gracias a su guía construimos este proyecto de grado. A Carolina Hernández propietaria de la Finca las Eusidias por abrirnos las puertas de su casa. A la Universitaria Agustiniana por permitir formarnos en ella y finalmente a todas las personas que fueron participantes en el proceso de construcción de ésta investigación.

Resumen

Este proyecto pretende evaluar la viabilidad económica para producción de biogás mediante la implementación de un biodigestor a partir de las excretas que genera el ganado bovino en la Finca las Eusidias ubicada en el municipio de Silvania Cundinamarca, para ser usado como combustible en la cocción de alimentos y generación de electricidad. Se realizó un diagnóstico de la finca, un censo del ganado y se calculó el total de excretas que se generan al día. Con base en esta información y a través de fuentes externas se obtuvo información de los tipos de biodigestores disponibles en el mercado y así se estableció cuál sería la planta de biogás más apropiada para ser instalada. La viabilidad económica se determinó realizando el cálculo de indicadores financieros como la tasa interna de retorno y el valor presente neto a cada una de las cotizaciones que se generaron, dando como resultado que la inversión inicial se recupera lentamente y a una tasa de retorno superior a la recomendada en el mercado al momento de calcular los indicadores. Por tanto económicamente no es viable invertir en un biodigestor.

Palabras clave: biodigestor, biogás, bioabono, costo, beneficio, viabilidad

Abstract

This project aims to evaluate the economic viability for biogas production by implementing a biodigester from the excreta generated by cattle in the Las Eusidias Farm located in the municipality of Sylvania Cundinamarca. It will be used as fuel for cooking and electricity generation. In a diagnosis of the farm, a census of cattle was made and the total of excrement generated per day was calculated. Based on this information and through external sources, reference was made to the types of biodigesters available in the market and thus establish which biogas plant would be most appropriate to be installed. The economic viability was determined by calculating financial indicators such as the internal rate of return and the net present value at each of the contributions that were generated. The first results shows that the initial investment recovers slowly and at a rate of return higher than the recommended in the market.. Therefore, in this farm it is not economically feasible to invest in a biodigester.

Keywords: biodigestor, biogas, bioabono, cost, benefit, viability

Tabla de contenidos

Introducción.....	10
1. Planteamiento del problema	11
2. Justificación	12
3. Objetivos.....	13
3.1. Objetivo general	13
3.2. Objetivos específicos.....	13
4. Estado del arte	14
5. Marco lógico.....	15
5.1. Análisis de involucrados	15
5.2. Árbol de problemas	17
5.3. Árbol de objetivos	18
5.4. Análisis de alternativas.....	19
5.5. Matriz de marco lógico	19
6. Marco de referencia	23
6.1. Marco teórico conceptual	23
6.2. Marco legal y formativo.....	25
6.2.1. Marco legal	25
6.2.2. Marco normativo	28
6.3. Marco geográfico	31
6.4. Marco institucional.....	32
7. Marco metodológico.....	34
7.1. Cronograma de actividades	36
7.2. Presupuesto.....	39
8. Resultados.....	40

8.1.	Resultados objetivo específico número uno	40
8.2.	Resultados objetivo específico número dos	42
8.3.	Resultados objetivo específico número tres	43
9.	Análisis de resultados	47
	Conclusiones.....	50
	Recomendaciones	51
	Lista de referencias	52

Lista de tablas

Tabla 1. Análisis de involucrados	15
Tabla 2. Análisis de alternativas.....	19
Tabla 3. Matriz de marco lógico.....	19
Tabla 4. Marco metodológico.....	34
Tabla 5. Cronograma de actividades	36
Tabla 6. Presupuesto.....	39
Tabla 7. Ficha de registro física para el censo del ganado	40
Tabla 8. Ficha de registro para el cálculo total de excretas	41
Tabla 9. Registro de cotizaciones y fichas técnicas.....	42
Tabla 10. Cálculo consumo de gas Finca las Eusidias	43
Tabla 11. Cálculo consumo de electricidad Finca las Eusidias	43
Tabla 12. Cálculo TIR y VNP cotización uno	44
Tabla 13. Cálculo TIR y VNP cotización dos	45
Tabla 14. Cálculo TIR y VNP cotización tres	45

Lista de figuras

Figura 1. Árbol de problemas. Elaboración propia	17
Figura 2. Árbol de objetivos. Elaboración propia	18
Figura 3. Ubicación Silvania Cundinamarca. Google (2019)	32
Figura 4. Fotografía Finca las Eusidias. Fuente propia	33
Figura 5. Relación excretas generadas vs producción de gas. Elaboración propia	49

Introducción

El manejo inadecuado de las excretas producidas por el ganado vacuno provoca efectos ambientales negativos al no existir un control en su almacenamiento y transporte; contamina los suelos y fuentes hídricas, genera malos olores y atrae insectos causantes de enfermedades no sólo para el ser humano, sino también para el ganado. Se busca plantear acciones que optimicen el manejo de las excretas y adicionalmente genere un beneficio de tipo económico.

La tecnología de biodigestores o también llamadas plantas de generación de bioabono, representa una solución para el manejo adecuado del estiércol producido por el ganado vacuno; aunque también se puede usar para tratar las excretas del ganado porcino, equino, caprino, aves y todo tipo de desechos de tipo orgánico.

Un biodigestor es un contenedor cerrado dentro del cual se almacenan los desechos orgánicos y agua; allí se fermentan y tiempo después se genera biogás, que puede ser utilizado en la cocción de alimentos o para generar electricidad; y también se genera bioabono usado para recuperar suelos y generar pastos. De esta manera los biodigestores se convierten en una solución integral a nivel ambiental, producen energía renovable, reducen riesgos para la salud y se obtienen beneficios económicos.

Esta investigación pretende determinar la viabilidad económica para la instalación de un biodigestor en la Finca las Eusidias ubicada en Silvania Cundinamarca. Para ello inicialmente se realiza un diagnóstico de la finca. Se hace un censo del ganado, se calcula el total de excretas que se generan al día, la cantidad de gas usado para la cocción de alimentos por mes y la electricidad usada para el funcionamiento de la finca también por mes. Luego a través de fuentes externas se determina el tipo de biodigestor más apropiado para ser instalado. Para ello se tiene en cuenta el material del biodigestor, su capacidad, la vida útil, la cantidad de biogás y bioabono que genera y por supuesto el costo de la inversión inicial. Finalmente se realiza un análisis costo beneficio para establecer la viabilidad de la inversión usando indicadores financieros que faciliten la toma de la decisión. Estos indicadores son la tasa interna de retorno (TIR) que determina la rentabilidad de la inversión y el valor presente neto (VNP) que determina el tiempo de retorno de la inversión inicial.

1. Planteamiento del problema

La actividad ganadera genera siete gigatoneladas de metano y otros gases al año gracias a la fermentación de las excretas de los animales, contribuyendo así a la contaminación del suelo, fuentes hídricas y emisiones de gases de efecto invernadero que aceleran el cambio climático. Por tanto se busca plantear acciones que mitiguen el impacto de esta actividad. Una de esas acciones es optimizar toda la cadena de producción y manejo de los animales hasta el momento en que las excretas son obtenidas y posteriormente darles un manejo adecuado.

El manejo adecuado de los desechos orgánicos producidos por el ganado vacuno, cerdos y aves, puede generar un beneficio atractivo de tipo económico y ambiental, debido a que gracias a la tecnología de biodigestores, estos se convierten en biogás y biofertilizantes, que luego pueden ser usados en la cocción de alimentos, generación de electricidad y disminuir el consumo de fertilizantes comerciales.

Esta técnica de tratamiento de residuos es ecológica y efectiva a través de la digestión anaeróbica. De esta manera se obtiene una alternativa de uso de energía, en donde quienes se benefician no dependan en un 100% de los combustibles fósiles, sino que inicien una cultura de uso de energías renovables. Todo esto enmarcado en la idea de mitigar en algo el impacto generado al medio ambiente.

2. Justificación

El calentamiento global se da principalmente por el aumento en las emisiones de metano y gas Ecarbónico a la atmósfera, siendo las actividades humanas la principal causa.

“Actualmente, el metano contribuye al Calentamiento Global con un quince por ciento. Además, se espera que a finales del siglo XXI el efecto de este gas supere al del dióxido de carbono. No hay que olvidarse que las ganaderías vacunas y ovinas repartidas por todo el planeta son las responsables de casi una cuarta parte de todas las emisiones de metano en el planeta. Esto es debido a que la cría del ganado produce anualmente 115 millones de toneladas de gas metano”. (Fundación Vida Sostenible, 2016).

Ambientalmente se espera contribuir de alguna manera a minimizar la contaminación, dando un adecuado manejo a las excretas del ganado bovino y formar conciencia de la importancia que tiene reducir la contaminación en el medio ambiente que nos rodea.

También se espera que el beneficio para la Finca las Eusidias pueda verse reflejado en la reducción de gastos en servicios públicos, en la recuperación de suelos para cultivo y pastoreo y reducción de insectos y malos olores. De igual manera, permitirá a otros finqueros poder acceder a este mismo beneficio.

Finalmente, este trabajo aportará conocimiento y permitirá obtener el título de Especialista en Gestión Ambiental.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Determinar la viabilidad económica para la producción de biogás a partir de las excretas del ganado bovino, mediante la utilización de un biodigestor, en la finca las Eusidias, ubicada en Silvania Cundinamarca Vereda Noruega Baja a cinco kilómetros de la vía Bogotá - Fusa

3.2. Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico de la finca las Eusidias.
- Determinar el tipo de biodigestor apropiado.
- Analizar los costos y los beneficios que se obtienen una vez se implemente la tecnología de biodigestores.

4. Estado del arte

Un biodigestor es un contenedor que “recibe los desechos orgánicos y los fermenta con agua, para producir el biogás, una mezcla de gases generada por las bacterias en ambiente anaerobio y que se puede usar en reemplazo del gas natural” (Contexto Ganadero, 2017).

“En las últimas décadas el uso de la tecnología de la digestión anaeróbica se ha difundido ampliamente en los países europeos debido a las herramientas legislativas desarrolladas para incrementar la producción de biogás en los sectores agropecuarios. Un desarrollo notable se ha suscitado en Alemania en los últimos años, debido a que las entidades gubernamentales están comprometidas con las políticas de protección ambiental e iniciativas orientadas hacia el reemplazo de los combustibles fósiles por combustibles de origen renovable como el biogás”. (Ladino, 2011, pág. 7).

“En Colombia particularmente no existen instalaciones para la generación masiva de energía a partir de biogás y los escasos sistemas de tratamiento se desarrollan a escala de pequeñas granjas por iniciativa de los propietarios minoristas y fundaciones de cooperación internacional” (Ladino, 2011, pág. 7). Adicionalmente los propietarios de pequeñas y grandes fincas desconocen la existencia de los biodigestores, no reciben asesoría o capacitación adecuada y no saben quién pueda realizar los manteamientos.

Los pequeños productores desconocen que usando el estiércol pueden generar ganancias haciendo uso de una tecnología económica y amigable con el medio ambiente.

A pesar de los incentivos que ha propuesto el gobierno nacional para quienes promuevan el uso de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) o de Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER) es necesario que se involucre aún más al Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), gobernaciones, alcaldías y administradores de fincas y demás organizaciones interesadas, para que a todo nivel se promueva no solamente la instalación de nuevos biodigestores, si no también poner a funcionar los que ya existen.

5. Marco lógico

5.1. Análisis de involucrados

Tabla 1

Análisis de involucrados

Grupo	Problema Identificado	Posible Interés
Población <ul style="list-style-type: none"> • Fincas aledañas Finca el Diamante Finca Canaima Finca Torre del Sol Finca Villa Nidia	<ul style="list-style-type: none"> • No se aprovechan las excretas del ganado bovino 	<ul style="list-style-type: none"> • Encontrar el adecuado aprovechamiento de las excretas del ganado bovino en busca de un beneficio
Sector Público <ul style="list-style-type: none"> • Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegan) 	<ul style="list-style-type: none"> • No se da un aprovechamiento a las excretas producto del ganado bovino 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir el consumo de gas propano • Promover el uso del biogás en las actividades diarias.
<ul style="list-style-type: none"> • Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible • MADS 	<ul style="list-style-type: none"> • No se establecen reglas ni criterios que promuevan el aprovechamiento de los recursos producto de las actividades productivas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover el desarrollo íntegro en todas las actividades productivas y que sus impactos sean lo menos negativos posibles. • Disminuir el uso de combustibles fósiles.
Sector Privado <ul style="list-style-type: none"> • Finca las Eusidias ubicada en Silvania Cundinamarca Vereda Noruega Baja a cinco kilómetros de la vía Bogotá - Fusa 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión no proyectada para la implementación de un biodigestor. • Falta de conocimiento acerca del aprovechamiento de las 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar alternativas para lograr el sostenimiento de la finca, usando recursos propios; en este caso los recursos obtenidos a partir del aprovechamiento de

	excretas del ganado bovino.	<p>las excretas del ganado bovino.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generar ingresos con la posible venta de bioabono
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa proveedora del biodigestor 	<ul style="list-style-type: none"> • Inviabilidad del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Generar ingresos con la venta de un biodigestor
<ul style="list-style-type: none"> • Ejecutoras del proyecto de estudio 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conocimientos técnicos a cerca de la tecnología de biodigestores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener conocimiento acerca de la tecnología de biodigestores. • Obtener el título de especialistas en gestión ambiental.

Elaboración propia

5.2. Árbol de problemas



Figura 1. Árbol de problemas. Elaboración propia

5.3. Árbol de objetivos

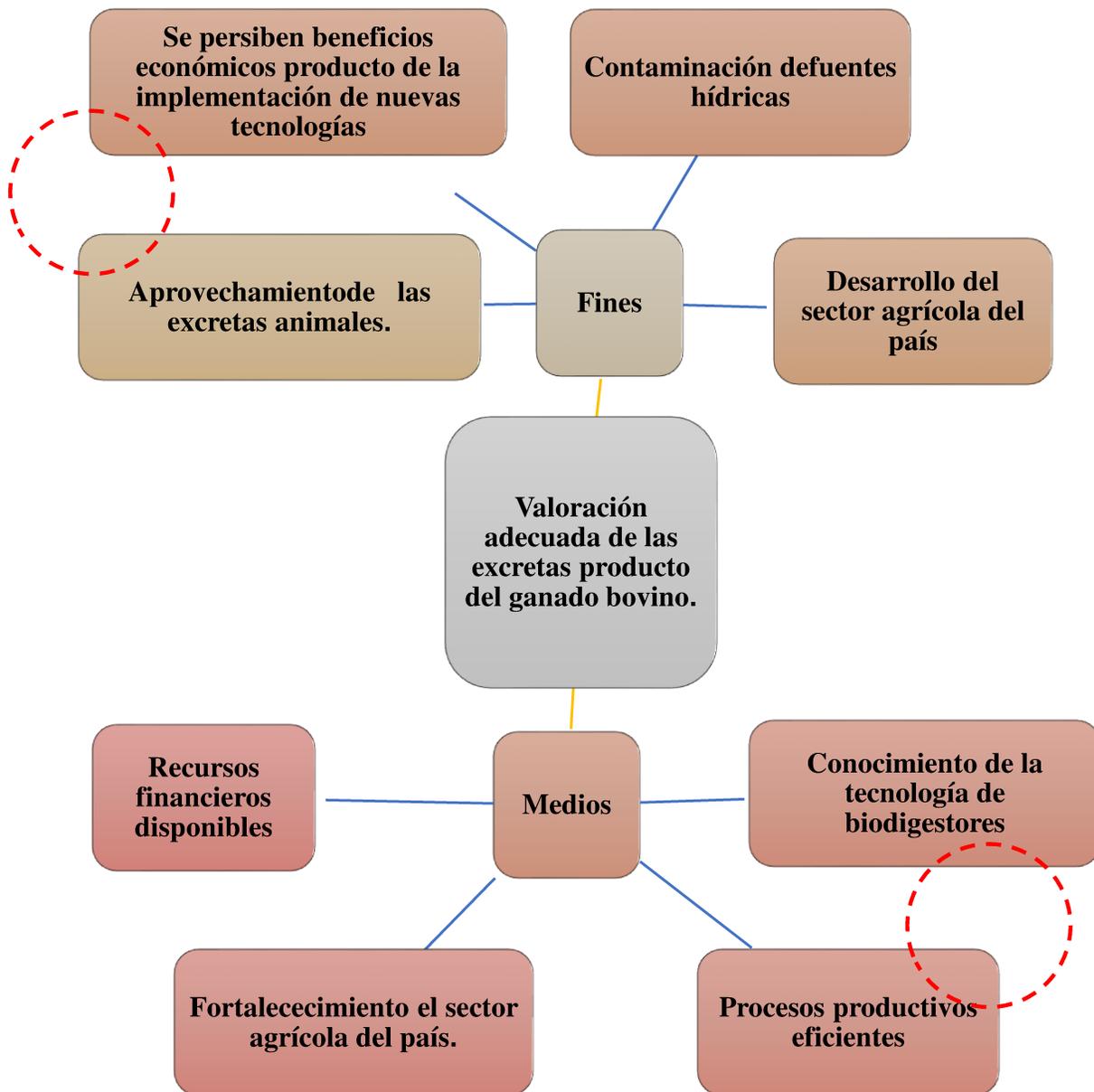


Figura 2. Árbol de objetivos. Elaboración propia

5.4. Análisis de alternativas

Tabla 2

Análisis de alternativas

Criterio	Alternativa 1 Beneficios económicos	Alternativa 2 Aprovechamiento de las excretas animales	Alternativa 3 Procesos productivos eficientes	Alternativa 4 Conocimiento de la tecnología de biodigestores
Ambiental	10	7	10	10
Social	8	8	10	5
Costo	10	5	5	2
Beneficios	10	7	5	5
Viabilidad	10	7	7	7
Total	48	34	37	29

Nota: Ponderación: 1 a 10 donde 1 es menos importante y 10 más importante

Elaboración propia

5.5. Matriz de marco lógico

Tabla 3.

Matriz de marco lógico

	Indicador	Medio de Verificación	Supuestos
Global Aumentar la contribución económica en la actividad ganadera para la finca las Eusidias.	<ul style="list-style-type: none"> Variación porcentual en las utilidades netas por semestre 	<ul style="list-style-type: none"> Reporte de información suministrada por los propietarios 	<ul style="list-style-type: none"> Información no documentada Inexistencia de la información Información alterada

	Indicador	Medio de Verificación	Supuestos
<p>Específico</p> <p>Determinar la viabilidad económica para la producción de biogás a partir de las excretas del ganado bovino, mediante la utilización de un biodigestor en la finca las Eusidias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Relación retorno de la inversión 	<ul style="list-style-type: none"> • Soportes contables 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflación en los costos de la inversión
<p>Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtener un diagnóstico de la situación ganadera de la finca las Eusidias • Determinar el tipo de biodigestor que se adapte a las condiciones de la finca las Eusidias • Realizar un análisis costo beneficio que permita 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de información recopilada para el diagnóstico • Cantidad de Biodigestores en el mercado • Porcentaje de relación costo beneficio 	<ul style="list-style-type: none"> • Información suministrada por los propietarios • Información suministrada por expertos • Soportes contables 	<ul style="list-style-type: none"> • Información incompleta o errónea • Asesoría inadecuada • Aumento en los costos de la inversión

<p>determinar la viabilidad económica de implementar un biodigestor.</p>			
<p>Actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un censo del ganado. • Clasificarlo por razas. • Revisión de información secundaria para determinar la cantidad de excretas que se genera al día por cabeza de ganado • Buscar información externa para determinar el tipo de biodigestor apropiado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de cabezas de ganado • Cantidad de Razas encontradas • Cantidad de excretas diarias • Números de visitas a un experto en Biodigestores 	<ul style="list-style-type: none"> • Conteo y registro del ganado • Conteo y registro del ganado, clasificado por razas • Registro de la información • Evidencia técnica documentada entregada por el experto 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de cabezas de ganado • Desconocimiento de las razas • No se registre a diario la información • Que no se realicen visitas y no se documente

<ul style="list-style-type: none"> • Obtener cotizaciones de empresas que se dediquen a la fabricación de biodigestores. • Analizar los costos y los beneficios de implementar un biodigestor. • Determinar la viabilidad económica de la implementación de un biodigestor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Números de cotizaciones recibidas • Porcentaje de relación costo beneficio • TIR y VNP 	<ul style="list-style-type: none"> • Soporte de cotizaciones • Soportes contables • Soporte contable 	<ul style="list-style-type: none"> • Que no reciban cotizaciones • Aumento en los costos de la inversión • Inviabilidad económica
--	--	---	--

6. Marco de referencia

6.1. Marco teórico conceptual

A continuación se enmarcan los principales conceptos y teorías del proyecto:

- Desarrollo Sostenible

Para que el desarrollo sea sostenible significa que desde todos los puntos de vista debe continuar indefinidamente, por lo que para su cumplimiento se propone mecanismos para elevar la calidad de vida de la población además de conservar y restaurar los recursos naturales, mantener los procesos ecológicos, la diversidad biológica, la equidad de género, de raza, de credo, la distribución responsable de los recursos, etc., lo que implica cambio de actitudes, aspectos éticos, educativos, conciencia, responsabilidad y un compromiso de todos los grupos sociales que habitan el planeta.

En Colombia el desarrollo sostenible está marcado por su baja capacidad de investigación e innovación en comparación con las potencias científicas y tecnológicas. Sin embargo hay elementos que pueden convertirse en oportunidades de desarrollo sostenible: biodiversidad, riqueza cultural, potencial en producción de alimentos, incremento en la producción, entre otros. Todo influenciado por las megas tendencias globales como el crecimiento de la población y los cambios de consumo.

- Residuos orgánicos

“Proviene de los residuos de animales, humanos y plantas, ya que dichos elementos pueden descomponerse con facilidad e incluso pudieran ser empleados en la elaboración de algún tipo de aditivo para el suelo [...] Las características principales que definen a un desecho sólidos es que son de origen vivo, es decir proceden de cualquier ser vivo que habite en la tierra, sea planta, animal o humano, por tal razón es que los mismo se encuentran expuestos a descomposición rápida”. (Concepto Definición, 2019).

Para éste proyecto sólo se tendrán en cuenta los desechos orgánicos provenientes de la actividad ganadera, específicamente las excretas del ganado bovino.

- Tecnologías de aprovechamiento para Residuos Orgánicos

“La generación de subproductos o residuos agroindustriales en las diferentes etapas de los procesos productivos, es actualmente una problemática a nivel mundial, debido a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental. Los residuos agroindustriales poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, aportar valor agregado a los productos originales y recuperar condiciones ambientales alteradas. Éste artículo presenta una revisión

bibliográfica de las diferentes alternativas de aprovechamiento de los residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente”. (Vargas Corredor & Pérez Pérez , 2018, pág. 1).

El uso de biodigestores es una de esas tecnologías que transforma los desechos orgánicos en biogás y bioabono, reduciendo la contaminación ambiental y obteniendo beneficios económicos.

- Economía circular

“Los hogares, la agricultura y la industria generan grandes cantidades de productos de desecho biodegradables que, cuando se gestionan de manera inadecuada, pueden causar enormes impactos ambientales. La reutilización de estos desechos, que actualmente se eliminan en muchos casos como residuos, es uno de los principios clave de la Economía Circular adoptado por la Unión Europea en diciembre de 2015, que supone dejar atrás el tradicional modelo de economía lineal y sustituirlo por un nuevo modelo de sociedad implicada en utilizar y optimizar las materias primas y los flujos de recursos materiales”. (Hidalgo Barrio, Martín Marroquín, & Corona Encinas, 2018, pág. 1).

“Los beneficios ambientales de la economía circular se traducen en reducción de la extracción de materias primas, uso de fuentes de energía renovables, la reducción de residuos y emisiones, y la conservación y uso eficiente del agua. A nivel económico hay reducción de costos de materia prima, aprovechamiento de los recursos en repetidas ocasiones, ingresos por venta de subproductos, atracción de nuevas fuentes de financiación, innovación en modelos de negocio, apertura de nuevos mercados y mejoramiento de la productividad y competitividad. Desde lo social se generan capacidades, creación de modelos de negocio que atienden modernas formas de producción y consumo de productos, materiales, agua y energía. Además, nueva demanda de tecnologías, productos y servicios orientados en la eficiencia y el eco-diseño; nuevos servicios para el aprovechamiento de materiales y energía, uso compartido de residuos, servicios e infraestructura entre empresas, entre otros”. (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, 2018).

- Energías alternativas

Las energías alternativas son fuentes de energía distintas a las tradicionales. Los combustibles fósiles han sido fuente de energía desde la revolución industrial, pero en la actualidad presentan dos problemas: por un lado son recursos finitos cuyas reservas se agotarán en un corto plazo. Por otra parte, la quema de estos combustibles libera a la atmósfera grandes cantidades de gas carbónico, principal causante del calentamiento global. Por estos motivos, se estudian distintas opciones para sustituir la quema de combustibles fósiles por otras fuentes de energía carentes de estos problemas.

El biogás es una opción que puede usarse como energía alternativa compuesta principalmente por dióxido de carbono y metano generados por la descomposición de residuos orgánicos. Por su origen contribuye a mejorar el medio ambiente, mitigar el cambio climático y además permite reducir la dependencia a los combustibles fósiles.

- **Análisis costo beneficio (ACB)**

“El Análisis Costo Beneficio comprende los procedimientos de evaluación que implican el cálculo de un criterio, generalmente económico, que representa, bien la diferencia entre beneficios y costes, o bien, ingresos y costes, eficacia y costes, y otros más. [...] Esta técnica posee una gran antigüedad y ha sido ampliamente utilizada en diversas ramas de la economía.” (Moreno & Espí, 2007, pág. 115).

El ACB se fundamenta en la comparación de actividades, situaciones o indicadores de decisión, con respecto a los costos y a la utilidad que se puede conseguir.

6.2. Marco legal y normativo

6.2.1. Marco legal

Las bases legales que aplican a este proyecto están contempladas en la Constitución Política 1991, Leyes, Decretos y Resoluciones de Colombia.

- **Constitución política de Colombia.**

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

Artículo 95. La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades. Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las leyes. Son deberes de la persona y del ciudadano entre otros proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

- Ley 99 de 1993. Ley General Ambiental de Colombia

Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (Sina) y se dictan otras disposiciones.

Artículo 3. Del Concepto de Desarrollo Sostenible. Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

- Ley 164 de 1994

El Congreso de la República de Colombia aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), cuyo objetivo es la estabilización de concentraciones de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

Artículo 4. Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán:

b) Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, tomando en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático; c) Promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia, de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos.

- Ley 629 de 2000

Por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Kyoto de la CMNUCC. Se transcribe el texto íntegro del instrumento internacional en mención.

Artículo 2. Con el fin de promover el desarrollo sostenible cada una de las partes se compromete a cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones de gases efecto invernadero.

- Ley 1665 de 2013

Por medio de la cual se aprueba el Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena), hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009.

Artículo 2. Objetivos. La Agencia promoverá la implantación generalizada y reforzada y el uso sostenible de todas las formas de energía renovable, teniendo en cuenta:

a) las prioridades nacionales e internas y los beneficios derivados de un planteamiento combinado de energía renovable y medidas de eficiencia energética, y

b) la contribución de las energías renovables a la conservación del medio ambiente al mitigar la presión ejercida sobre los recursos naturales y reducir la deforestación, sobre todo en las regiones tropicales, la desertización y la pérdida de biodiversidad; a la protección del clima; al crecimiento económico y la cohesión social, incluido el alivio de la pobreza y el desarrollo sostenible; al acceso al abastecimiento de energía y su seguridad; al desarrollo regional y a la responsabilidad intergeneracional.

Artículo 3. Definición. En el presente Estatuto, por energías renovables se entenderán todas las formas de energía producidas a partir de fuentes renovables y de manera sostenible, lo que incluye, entre otras la bioenergía.

- Ley 1715 de 2014

Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, de esta forma se busca promover y estimular en Colombia, según el Ministerio de Minas y Energía (2010) “las fuentes de energía no convencionales, tales como las procedentes de la biomasa, en particular el biogás”.

Artículo 1. Objeto. La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

Artículo 2. Finalidad de la ley. La finalidad de la presente ley es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión,

investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tales como aquellos adquiridos a través de la aprobación del estatuto del Irena mediante la Ley 1665 de 2013. Decreto 2981 de 2013

- Decreto 2981 de 2013

Artículo 82. Propósitos del aprovechamiento, del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2013) propone “Racionalizar el uso y consumo de las materias primas provenientes de los recursos naturales. Recuperar valores económicos y energéticos que hayan sido utilizados en los diferentes procesos productivos”, y continua “aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios al reducir la cantidad de residuos a disponer finalmente en forma adecuada. Reducir el caudal y la carga contaminante de lixiviados en el relleno sanitario, especialmente cuando se aprovechan residuos orgánicos”. De este modo, se fomenta el uso energético de los residuos de alto contenido orgánico, y la reducción de la cantidad que se dispone en rellenos sanitarios.

- Resolución 2734 de 2010

Se adoptan los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al MDL.

Artículo 2. Función del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial como autoridad nacional designada para el mecanismo de desarrollo limpio. Conforme a la decisión 17 de la CMNUCC Conferencia de las Partes (COP) 7, en calidad de Reunión de las Partes, corresponde a la Autoridad Nacional designada aprobar los proyectos que optan al MDL, en función de la participación voluntaria del país en este Mecanismo y de la contribución del proyecto al desarrollo sostenible del país anfitrión del mismo, en este caso, de Colombia.

6.2.2. Marco normativo

El marco normativo aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución de este proyecto está motivado y fundamentado básicamente en los siguientes lineamientos mencionados a continuación:

- Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto, es un protocolo de CMNUCC, y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases efecto invernadero que causan el calentamiento global.

El Estado Colombiano ratificó el Protocolo de Kyoto mediante la Ley 629 del 27 de diciembre de 2000. El Gobierno nacional, cumple las obligaciones que se derivan de estas leyes tanto a nivel nacional como internacional. Si bien es cierto Colombia como país en desarrollo ha tenido una responsabilidad mínima en la acumulación de gases de efecto invernadero proveniente de actividades antropogénicas, su política energética está dirigida hacia la satisfacción de las necesidades de los agentes económicos y de la población utilizando los recursos disponibles con criterios de sostenibilidad económica, social y ambiental. Por esta razón, el Plan Energético Nacional (PEN) considera la componente ambiental como una estrategia transversal a todos sus objetivos: La conservación y el mejoramiento de la calidad ambiental en todas las instancias decisorias, procesos productivos e inversiones futuras del sector energético, son objetivos básicos de la estrategia energética nacional. (UPME, 2003)

- Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Colombia la ratificó en 1995 y por tanto reconoce la existencia del cambio climático y se establece como objetivo lograr la estabilización de las concentraciones de gases efecto invernadero. Los principales retos son lograr que la adaptación sea un tema prioritario de la agenda global, regional y local, a través de un régimen legal claro; lograr mecanismos de financiamiento para apoyar a los países no desarrollados en medidas de mitigación y adaptación y establecer un mecanismo robusto de transparencia que permita hacer seguimiento al cumplimiento de los compromisos adquiridos.

- Acuerdo de París

El acuerdo se firmó el abril de 2016 y busca que la temperatura del planeta no aumente en más de dos grados centígrados. Para esto los países presentan nuevas contribuciones y cada cinco años se planea una reunión con el fin de evaluar el cumplimiento de los objetivos.

- Protocolo de Montreal

El protocolo de Montreal fue diseñado para proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que reaccionan con ella y son responsables del agotamiento de la misma.

En Colombia entró en vigor en marzo de 1994 y por tanto debe velar por controlar las sustancias que agotan la capa de ozono, adoptar mecanismos de financiación y crear un comité encargado de las funciones administrativas, las directrices, las políticas, el monitoreo y la evaluación de cada proyecto que se presente.

- Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022

IV. Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo. Esta línea busca afianzar el compromiso de las actividades productivas con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático, con la visión de consolidar una economía que sea sostenible, productiva, innovadora y competitiva; que armonice la producción económica con la conservación y el uso eficiente de los recursos para alcanzar la premisa de “ producir conservando y conserva produciendo”. El sector de energía presenta avances que permitieron pasar de 10 a 303 proyectos de FNCER registrados en la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) entre 2009 y 2017.

- Conpes 3874 de 2015. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos

Esta política se compone de cuatro ejes estratégicos. El primer eje busca adoptar medidas encadenadas hacia la prevención en la generación de residuos, la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final, la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos y evitar la generación de gases efecto invernadero. El segundo eje apunta a mejorar la cultura ciudadana como la educación e innovación en gestión integral de residuos sólidos para incrementar los niveles de separación en la fuente, de aprovechamiento y tratamiento. Los dos ejes adicionales están relacionados con la generación de un entorno institucional.

- Conpes 3934 de 2018. Política de Crecimiento Verde

Se compone de cinco ejes estratégicos: el primer eje está orientado a generar nuevas oportunidades económicas que permitan diversificar la economía a partir de la producción de bienes y servicios basados en el uso sostenible del capital natural, el segundo eje busca mejorar el uso de los recursos naturales en los sectores económicos de manera que sean más eficientes y productivos y se reduzcan y minimicen los impactos ambientales y sociales generados por el desarrollo de las actividades productivas, el tercer eje promueve la generación y el fortalecimiento del capital humano para afrontar los nuevos retos de conocimiento y experiencia que genera el crecimiento verde, el cuarto eje establece acciones estratégicas en materia de ciencia tecnología e innovación como herramienta necesaria para avanzar hacia cambios en los sectores productivos y encontrar nuevos procesos insumos y tecnologías más eficientes que generen valor agregado a la

economía nacional, el quinto eje expone las acciones para asegurar una coordinación y articulación interinstitucional requeridas para la implementación de la presente política, al igual que el fortalecimiento de las capacidades para la generación de información necesaria para la toma de decisiones en crecimiento verde y mecanismos para la financiación de proyectos sostenibles.

- Conpes 3918 de 2018. Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia

Traza los indicadores y metas necesarias para consolidar el modelo de desarrollo sostenible para el país hasta el 2030. Asimismo, establece los indicadores de seguimiento y resultado, y las metas regionales que permitan promover esfuerzos diferenciados, para lograr un cierre de brechas en los avances del país hacia el desarrollo sostenible.

6.3. Marco geográfico

“En la época precolombina, el territorio del actual municipio de Sylvania estuvo habitado por los Sutagaos. En 1608 fueron adjudicadas estancias de ganado a Francisco Gómez de la Cruz, que tiempo después se convirtieron en la Hacienda El Chocho. El 21 de febrero de 1935, bajo la dirección de Ismael Silva, fue fundado el nuevo pueblo, iniciando el trazado del parque principal y las principales calles. Ese año se construyeron seis casas, que fueron las primeras del municipio. El 10 de febrero de 1936 los directores del “Comité Central de Sylvania” expedía, al cumplir su primer año, el nombre al Municipio de Sylvania, como reconocimiento y en gratitud de los esfuerzos del fundador de este caserío”. (Alcaldía de sylvania Cundinamarca, s.f.).

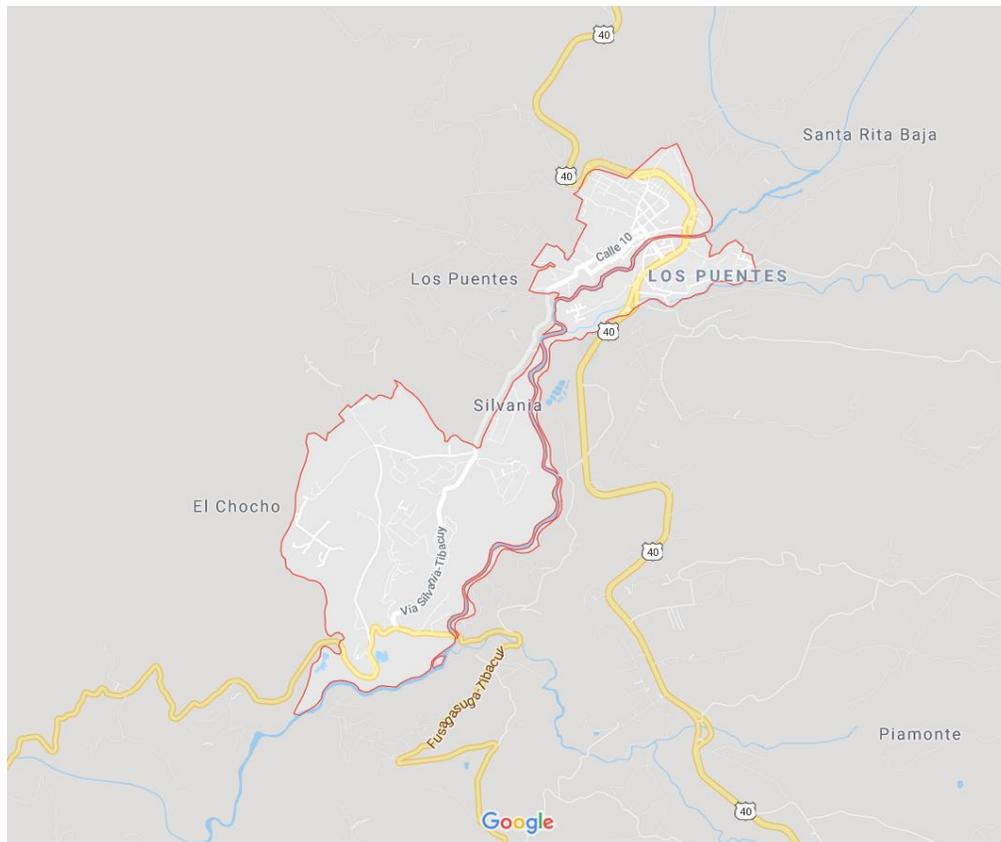


Figura 3. Ubicación Silvanía Cundinamarca. Google (2019)

Se encuentra aproximadamente a 1 470 Metros de altura sobre el nivel del mar y el clima oscila entre 17 y 24 grados centígrados.

“La geografía de este agradable municipio es de relieve ondulado a semi-escarpado, siendo enmarcado en su lado oriental por la cadena montañosa de San Miguel y en su límite occidental por la cuchilla de Peñas Blancas, conformando de esta manera el pequeño Valle de la Prosperidad y la entrada al Valle de los Sutagaos”. (Casa de la Cultura de Silvanía Cundinamarca, 2014, pág. 10).

6.4. Marco institucional

La Finca las Eusidias está situada en el municipio de Siberia Cundinamarca en la vereda Noruega Baja, tiene un área total de doce hectáreas distribuidas así: una hectárea en la construcción de la casa principal y el patio, siete hectáreas para cultivo de zanahoria, fríjol y maíz; y cuatro hectáreas disponibles para pastoreo de ganado. Tipo de pasto: kikuyo. Su topografía en general es plana con pequeñas pendientes. Cuenta con servicio de agua, luz, gas, telefonía rural y transporte público.



Figura 4. Fotografía Finca las Eusidias. Fuente propia

Su propietaria desde el año 2011 es Luz Francia Rodríguez. Al sur colinda con la finca la Enredadera, al Norte con la vía Granada Sylvania y al oriente con la finca Toledo.

7. Marco metodológico

Tabla 4.

Marco metodológico

Objetivo General				
Determinar la viabilidad económica para la producción de biogás a partir de las excretas del ganado bovino, mediante la utilización de un biodigestor en la finca las Eusidias ubicada en Silvania Cundinamarca Vereda Noruega Baja a cinco kilómetros de la vía Bogotá – Fusa				
Objetivo Específico	Actividad	Técnica	Instrumento	Resultado
Realizar diagnóstico de la finca las Eusidias.	Realizar un censo del ganado y clasificarlo por razas	Observación	Ficha de Registro física	Identificación del ganado
	Revisión de información secundaria para determinar la cantidad de excretas que se genera al día por cabeza de ganado	Búsqueda de información externa	Ficha de registro para el cálculo total de excretas que se obtienen por día	Total de excretas que se obtienen por día

Objetivo Específico	Actividad	Técnica	Instrumento	Resultado
Determinar el tipo de biodigestor apropiado.	Obtener cotizaciones de empresas que se dediquen a la fabricación de biodigestores.	Llamadas telefónicas a empresas distribuidoras	Tabla de registro de cotizaciones y fichas técnicas	Precios y características técnicas de los biodigestores disponibles en el mercado
Objetivo Específico	Actividad	Técnica	Instrumento	Resultado
Analizar los costos y los beneficios que se obtienen una vez se implemente la tecnología de biodigestores.	Determinar la cantidad de gas usado en la finca por día	Análisis comparativo de los últimos seis meses del consumo de gas	Cálculo del consumo diario de gas	Cantidad de gas que consume la finca por día
	Determinar la cantidad de electricidad necesaria para el funcionamiento de la finca por día	Análisis comparativo de los últimos seis meses del consumo de luz	Cálculo del consumo de electricidad diario	Cantidad de electricidad necesaria para el funcionamiento de la finca por día
	Determinar la tasa de rentabilidad del proyecto	Análisis de cifras	TIR	Porcentaje de rentabilidad que genera la implementación del biodigestor
	Determinar tiempo de retorno de la inversión inicial	Análisis de cifras	VNP	Comportamiento de la inversión inicial

	Determinar viabilidad económica	Análisis de información obtenida	Información obtenida	Viabilidad o inviabilidad
--	---------------------------------	----------------------------------	----------------------	---------------------------

Elaboración propia

7.1. Cronograma de actividades

Tabla 5

Cronograma de actividades

Actividades	Semana																			
	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Selección del proyecto			■																	
Planteamiento del problema				■																
Preparar justificación				■																
Búsqueda de finca para llevar a cabo el proyecto										■										
Fijar objetivo general y objetivos específicos					■															
Elaborar estado del arte					■															
Análisis de involucrados											■									
Árbol de problemas														■						
Árbol de objetivos																■				
Matriz de marco lógico																			■	

Actividades	Semana															
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Marco teórico conceptual		■														
Marco legal			■													
Marco normativo			■													
Marco geográfico				■												
Marco institucional				■												
Marco metodológico					■											
Presupuesto						■										
Cronograma de actividades						■										
Realizar un censo del ganado y clasificarlo por razas								■								
Revisión de información secundaria para determinar la cantidad de excretas que se genera al día por cabeza de ganado								■								
Buscar información externa para determinar el tipo de biodigestor apropiado.									■							
Obtener cotizaciones de empresas que se dediquen a la fabricación de biodigestores.									■							
Determinar la mejor opción de Biodigestor									■							
Determinar la cantidad de gas usado en la finca por día										■						
Determinar la cantidad de electricidad necesaria para el funcionamiento de la finca por día										■						

Actividades	Semana															
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Determinar la inversión inicial para implementar el biodigestor																
Determinar los beneficios obtenidos por abono																
Determinar la tasa de rentabilidad del proyecto																
Determinar tiempo de retorno de la inversión inicial																
Determinar viabilidad económica																
Sustentación del proyecto																

Elaboración propia

7.2. Presupuesto

Tabla 6

Presupuesto

Categoría	Descripción	Unidad	Valor Unidad	Total
Viáticos visita a finca	Transporte, alimentación	3	\$ 200.000	\$ 600.000
Papelería	Resma de papel, bolígrafos, marcadores, impresiones, fotocopias, carpetas	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Trabajo de campo	Visita a instituciones, entidades y expertos en búsqueda de información externa	4	\$ 30.000	\$ 120.000
Otros	Reuniones grupo de trabajo, refrigerios	6	\$ 30.000	\$ 180.000
Total presupuesto				\$ 970.000

Elaboración propia

8. Resultados

8.1. Resultados objetivo específico número uno

De acuerdo a la matriz metodológica los resultados del objetivo número uno se abordaron desde la utilización de fichas de registro física para el censo del ganado y para el cálculo del total de excretas que se obtienen por día. Estos son los resultados:

- Ficha de registro física para censo del ganado

Tabla 7

Ficha de registro física para censo del ganado

FICHA DE REGISTRO					
CENSO GANADO VACUNO					
FINCA LAS EUSIDIAS					
FECHA: 20 de septiembre de 2019					
No.	RAZA	EDAD	VARIEDAD	TIPO DE ALIMENTACIÓN	FUENTE
1	Holstein	3 años	Toro reproductor	Pasto tipo kikuyo, silo (avena y melasa), concentrado	Luz Francia Rodríguez. Propietaria Finca Las Eusidias
2	Holstein	9 años	Hembra lechera		
3	Holstein	7 años	Hembra lechera		
4	Holstein	5 años	Hembra lechera		
5	Holstein	4 años	Hembra lechera		
6	Holstein	3 años	Hembra lechera		
7	Normanda	3 años	Hembra lechera		
8	Normanda	2 años	Hembra lechera		
9	Normanda	2 años	Hembra lechera		
10	Holstein	2 años	Hembra lechera		
11	Holstein	6 meses	Novilla de levante		
12	Holstein	8 meses	Novilla de levante		
13	Normanda	1 año	Novilla de levante		
14	Holstein	1 año	Novillo de levante		
TOTAL EJEMPLARES: 14					

Elaboración propia

- Ficha de registro para el cálculo del total de excretas que se obtienen por día

Para el cálculo de las excretas que se obtienen por día fue necesario tener en cuenta el peso del animal y las horas de ordeño diarias, porque es en ese momento cuando se hace la recolección de las excretas si el ganado no se encuentra en corral, que es el caso de la Finca las Eusidias.

“El ganado bovino genera el ocho por ciento de su peso en estiércol fresco en veinte cuatro horas. Por tanto para estimar la cantidad de excretas que genera cada ejemplar por día durante el ordeño, es necesario multiplicar su peso por el ocho por ciento, dividir el resultado en veinte cuatro y posteriormente multiplicar por las horas de ordeño diarias”. (Martí Herrero, 2008, págs. 27- 28).

De esta manera se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8

Ficha de registro para el cálculo total de excretas

FICHA DE REGISTRO					
OBTENCIÓN DE EXCRETAS					
FINCA LAS EUSIDIAS					
FECHA:		22 de septiembre de 2019			
No.	RAZA	EDAD	PESO (kg aprox)	EXCRETAS GENERADAS (kg / día)	FUENTE
1	Holstein	3 años	450	4,5	(Martí Herrero, 2008, págs. 27- 28)
2	Holstein	9 años	500	5	
3	Holstein	7 años	500	5	
4	Holstein	5 años	450	4,5	
5	Holstein	4 años	450	4,5	
6	Holstein	3 años	400	4	
7	Normanda	3 años	400	4	
8	Normanda	2 años	350	3,5	
9	Normanda	2 años	350	3,5	
10	Holstein	2 años	350	3,5	
11	Holstein	6 meses	200	2	
12	Holstein	8 meses	200	2	
13	Normanda	1 año	250	2,5	
14	Holstein	1 año	250	2,5	
HORAS DE ORDEÑO POR DÍA:				3	

Elaboración propia

8.2. Resultados objetivo específico número dos

De acuerdo a la matriz metodológica los resultados del objetivo número dos se abordaron a través de la utilización de tablas de registro de cotizaciones y fichas técnicas, obteniendo los siguientes resultados:

- Tabla de registro de cotizaciones y fichas técnicas

Tabla 9

Registro de cotizaciones y fichas técnicas

TABLA DE REGISTRO COTIZACIONES Y FICHAS TÉCNICAS			
TIPO DE BIODIGESTORES DISPONIBLES EN EL MERCADO			
FINCA LAS EUSIDIAS			
FECHA:	29 de Septiembre de 2019		
	COTIZACIÓN UNO	COTIZACIÓN DOS	COTIZACIÓN TRES
MARCA / EMPRESA	Novatio S.A.S	Sistema Bio	Sistema Bio
TIPO / MATERIAL	Geomembrana LLDPE	Polietileno LLDPE	Geomembrana LLDPE
TIEMPO DE VIDA ÚTIL (años)	10	10	10
EXCRETAS NECESARIAS PARA FUNCIONAR (kg / día)	50	50	67
BIOGAS QUE GENERA (m³ / mes)	54	54	66
BIOABONO (BIOL) QUE GENERA (lt /día)	149	149	200
VALOR BIODIGESTOR	\$ 4.200.000	\$ 4.260.0000	\$ 5.534.000
VALOR INSTALACION	\$ 900.000	\$ 400000	\$ 500.000
VALOR TRANSPORTE	\$ 600.000	\$ 400000	\$ 400.000
COSTO ESTIMADO DE MANTENIMIENTO (año)	\$ -	\$ 100.000	\$ 100.000
IVA 5% POR SERVICIO DE INSTALCIÓN Y FLETE	\$ 285.000	\$ 40.000	\$ 326.700
TOTAL INVERSIÓN INICIAL	\$ 5.985.000	\$ 5.200.000	\$ 6.860.700
MANO DE OBRA (mes)	\$ -	\$ -	\$ 300.000

FUENTE	Cotización No. 1917	Propuesta Económica	Propuesta Económica
---------------	------------------------	------------------------	------------------------

TOTAL COTIZACIONES: 3

Elaboración propia

8.3. Resultados objetivo específico número tres

De acuerdo a la matriz metodológica los resultados del objetivo número tres se abordaron a través del cálculo del consumo de gas y electricidad diario, la tasa interna de retorno y el valor presente neto aplicados a cada cotización obtenida en los resultados del objetivo específico número dos, logrando los siguientes resultados:

- Cálculo del consumo de gas

Tabla 10

Cálculo consumo de gas Finca las Eusidias

CÁLCULO CONSUMO DE GAS							
FINCA LAS EUSIDIAS							
FECHA:	22 de septiembre de 2019						
MES	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	FUENTE
Consumo m³	25	37	27	20	36	26	Fac. Vanti
Precio und / m³	\$1.359,69						
Subsidio	48,9%						
Total consumo COP	\$ 33.992	\$ 50.308	\$ 36.711	\$ 27.193	\$ 48.948	\$ 35.351	
Promedio consumo m³ / mes	28,5			Promedio consumo m³ / año			342
Promedio consumo COP / mes	\$ 38.751			Promedio consumo COP / año			\$ 465.008

Elaboración propia

- Cálculo del consumo de electricidad

Tabla 11

Cálculo consumo de electricidad Finca las Eusidias

CÁLCULO CONSUMO DE ELECTRICIDAD

FINCA LAS EUSIDIAS

FECHA: 22 de septiembre de 2019

MES	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	FUENTE
Consumo Kw	94	163	93	84	96	109	Fac. Enel
Precio und / Kw	\$506,3434						
Subsidio	47,019%						
Total consumo COP	\$ 47.596	\$ 82.534	\$ 47.089	\$ 42.532	\$ 48.608	\$ 55.191	
Promedio consumo Kw / mes	106,5			Promedio consumo Kw / año			1.278
Promedio consumo COP / mes	\$ 53.925			Promedio consumo COP / año			\$ 647.101

Elaboración propia

- TIR y VNP cotización uno

Tabla 12

Cálculo TIR y VNP cotización uno

CÁLCULO DE TIR Y VPN

COTIZACIÓN UNO

FINCA LAS EUSIDIAS

FECHA: 5 de Octubre de 2019

AÑO	0	1	2	3	4	5	FUENTE
Inversión inicial	-\$ 5.985.000						Conocimientos propios
Ingresos proyectados (promedio consumo de gas)		\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	
Egresos (mantenim)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	

Flujo de caja	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	-	465.008	465.008	465.008	465.008	465.008
DTF	4,38%					
VPN	-\$3.265.776					
TIR	-3%					

Elaboración propia

- TIR y VNP cotización dos

Tabla 13

Cálculo TIR y VNP cotización dos

CÁLCULO DE TIR Y VPN
COTIZACIÓN DOS
FINCA LAS EUSIDIAS

FECHA:	5 de Octubre de 2019
---------------	----------------------

AÑO	0	1	2	3	4	5	FUENTE
Inversión inicial	-\$ 5.200.000						Conocimientos propios
Ingresos proyectados (promedio consumo de gas)		\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	
Egresos (mantenimiento y mano de obra)	\$ -	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	
Flujo de caja	\$ -	\$ 365.008	\$ 365.008	\$ 365.008	\$ 365.008	\$ 365.008	
DTF	4,38%						
VPN	-\$3.024.293						
TIR	-1%						

Elaboración propia

- TIR y VNP cotización tres

Tabla 14

Cálculo TIR y VNP cotización tres

CÁLCULO DE TIR Y VPN
COTIZACIÓN TRES
FINCA LAS EUSIDIAS

FECHA: 5 de Octubre de
2019

AÑO	0	1	2	3	4	5	FUENTE
Inversión inicial	-\$ 6.870.700						Conocimientos propios
Ingresos proyectados (promedio consumo de gas)		\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	\$ 465.008	
Egresos (mantenimiento y mano de obra)	\$ -	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	
Flujo de caja	\$ -	\$ 65.008	\$ 65.008	\$ 65.008	\$ 65.008	\$ 65.008	
DTF	4,38%						
VPN	-\$5.994.780						
TIR	-6%						

Elaboración propia

9. Análisis de resultados

La Finca las Eusidias ubicada en el municipio de Sylvania Cundinamarca tiene un área de doce hectáreas distribuidas así: una hectárea en la construcción de la casa y el patio, siete hectáreas para cultivo de zanahoria, fríjol y maíz; y cuatro hectáreas para pastoreo. En recorrido realizado con su propietaria Carolina Hernández se observó que cuenta con catorce ejemplares de ganado bovino: diez de ellos raza Holstein y cuatro raza Normanda. La variedad de los ejemplares incluye novillos de levante, hembras lecheras y un toro reproductor. Las edades van desde un año hasta nueve años y su peso desde 250 kilos hasta 500 kilos. A partir de cálculos anteriores se determinó el total de excretas que se generan diariamente, dando como resultado 51 kilos al día.

En Colombia la agricultura y la ganadería son actividades de las cuales dependen la mayoría de personas que viven en el campo.

“En Cundinamarca existen 917 312 [...] hectáreas dedicadas a éstas actividades [...] Se estima que entre el 70% y el 85% de los involucrados en la agricultura familiar busca convertir el trabajo en negocios productivos pero algunos fallan por no tener planes de negocio [...] o desconocer tecnologías que faciliten esa tarea, como lo son los biodigestores o también llamados plantas generadoras de biogás”. (López Bejarano, 2019).

En la búsqueda del biodigestor más apropiado para la Finca las Eusidias se encontró que existen varios tipos de biodigestores para uso rural y que varían en precio, tamaño y uso. Inicialmente se encontró que los pozos sépticos son los biodigestores más antiguos y sencillos para uso doméstico. Luego encontramos el biodigestor de domo flotante o indio que es un tambor hecho en acero o fibra de vidrio. El biodigestor de domo fijo o chino donde se construye una cámara en ladrillo o piedra haciéndolo firme. Y finalmente los biodigestores de estructura flexible o tipo salchicha hechos en polietileno, neopreno o policloruro de vinilo (PVC), materiales menos costosos convirtiéndose en los biodigestores más usado actualmente.

Las cotizaciones obtenidas se limitaron a biodigestores flexibles tipo salchicha por ser los más usados y económicos del mercado. Al analizar las características técnicas de cada una se encontró que la cotización número dos de la empresa Sistema Bio representa la opción más apropiada para la finca las Eusidias. El biodigestor que ofrecen tiene una vida útil de diez años; para funcionar necesita una carga de 50 kilos de estiércol por día, equivalente a la cantidad que se genera diariamente en la Finca las Eusidias; genera 54 metros cúbicos de biogás y 149 litros de bioabono diarios. El costo del biodigestor es de \$4 040 000; los costos de instalación y de transporte son de

\$400 000 cada uno y el costo de mantenimiento por año es de \$100 000. La compra de un biodigestor está exenta de iva por ser un equipo que cuenta con certificación de beneficio ambiental al ser FNCER de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo vigente, pero por el servicio de instalación y transporte se debe pagar un iva de cinco por ciento por valor de \$260 000. Todo sumado resulta en una inversión inicial de \$5 200 000. Es la inversión inicial más baja entre las cotizaciones.

Para el análisis de viabilidad económica del proyecto se halló la tasa interna de retorno para conocer la rentabilidad del proyecto y el valor presente neto para evaluar el comportamiento de la inversión a cada una de las cotizaciones.

En los análisis costo beneficio, la TIR y la VNP son los indicadores financieros más usados para tomar decisiones. Cuando la VNP es menor a 0, es decir presenta valores negativos, no se recomienda invertir en el proyecto. De la misma manera cuando la TIR muestra un valor menor a la tasa de descuento utilizada, para el caso la tasa de interés para depósitos a término fijo (DTF), la inversión debe ser desestimada.

Para éste proyecto los resultados muestran en cada una de las cotizaciones una VNP con valores negativos y una TIR menor a la DTF utilizada, haciendo que la inversión no sea viable. No sorprende que la investigación arroje éste resultado, por dos razones:

Primero sólo el 60% del biogás que se genera puede ser aprovechado, debido a su composición. El biogás se compone de metano en un 60% y de gas carbónico en un 40%; sólo el metano genera combustión, el gas carbónico se pierde. Así que el gas que se produce sólo alcanza para la cocción de los alimentos, no es suficiente para generar electricidad. Y segundo porque en Colombia el número de reses por hectárea “en fincas tradicionales se encuentra entre 1,5 y 1,8 bovinos adultos de 400 a 450 kilos. Mientras que en predios tecnificados se pueden hallar de 3 a 4 reses por hectárea” (Contexto Ganadero, 2015).

Si se espera que financieramente sea viable la instalación de un biodigestor en la Finca las Eusidias, es necesario aumentar la recolección de excretas diarias incrementando el número de cabezas de ganado y/o o mantener el ganado dentro de corrales, así la recolección no se limita sólo al momento del ordeño, también fácilmente se puede recoger de manera rápida el estiércol dentro del corral sin que implique grandes desplazamientos dentro de la finca. De ésta manera aumenta la producción de biogás, que puede usarse no sólo para la cocción de alimentos; también para la generación de electricidad y ser aprovechada en la iluminación de la finca o para el funcionamiento de aparatos como duchas eléctricas y neveras.

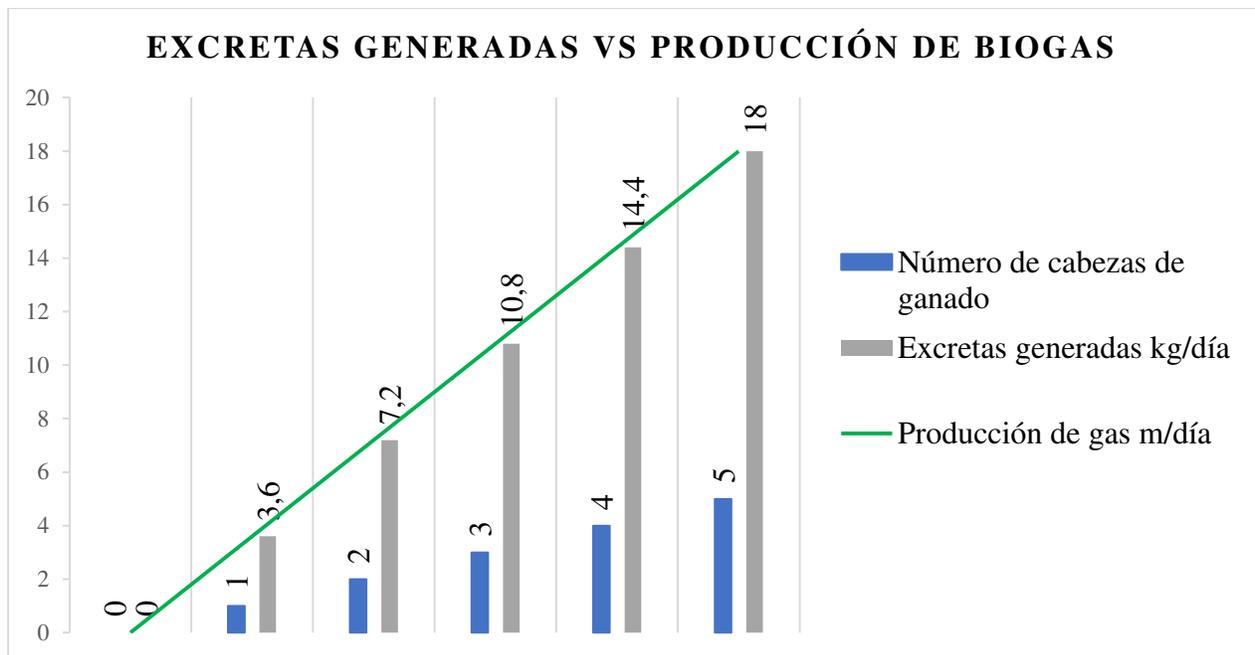


Figura 5. Relación excretas generadas vs producción de gas. Elaboración propia

Es importante anotar que en este estudio no se incluyen otros beneficios asociados con la instalación de un biodigestor, como la reducción de moscas y malos olores gracias al buen manejo de residuos orgánicos y la reducción de contaminación por agroquímicos debido al el fertilizante que se produce, siendo éste último el de mayor valor por su aporte en la recuperación de suelos para cultivo o generación de pastos sin crear costos adicionales; por el contrario reduce costos en la compra de fertilizantes. Para la Finca las Eusidias el bioabono que se genera es un beneficio adicional y no reduce costos porque a la fecha no hacen uso de fertilizantes comerciales.

También se generó conocimiento y se espera que bajo su criterio la propietaria de la Finca las Eusidias decida si desea o no incorporar un biodigestor a su proceso productivo.

Conclusiones

La Finca las Eusidias es una finca familiar, ubicada en el municipio de Sylvania Cundinamarca, cuenta con un terreno de doce hectáreas rurales, cultivos de zanahoria, fríjol y maíz, catorce cabezas de ganado de raza Holstein y normanda que van desde novillos de levante y hembras lecheras hasta un toro de levante; producen en conjunto 51 kilos de excretas diarias. Su topografía en general es plana y cuenta con servicio de agua, luz, gas y vías de acceso cercanas.

El biodigestor más apropiado para ser instalado lo comercializa la empresa Sistema Bio, en polietileno. Tiene una vida útil de diez años; para funcionar necesita una carga de 50 kilos de estiércol por día; genera 54 metros cúbicos de biogás y 149 litros de bioabono diarios. El costo del biodigestor es de \$4 040 000; los costos de instalación y de transporte son de \$400 000 cada uno y el costo de mantenimiento por año es de \$100 000. Se debe pagar un iva del cinco por ciento por el servicio de instalación y flete por valor de \$260 000. Todo sumado resulta en una inversión inicial de \$5 200 000. Es la inversión inicial más baja entre las cotizaciones y además la producción de excretas que genera la Finca las Eusidias se adapta a los requerimientos del biodigestor.

Al calcular indicadores financieros para la toma de decisiones de inversión como el VNP y la TIR a cada cotización, los resultados fueron negativos en los tres casos. La recuperación de la inversión es superior a cinco años y la tasa de retorno sobrepasa a la DTF usada al momento de calcular cada indicador. Económicamente no es viable invertir en un biodigestor para la Finca las Eusidias. Esto porque sólo el 60% del biogás generado puede ser aprovechado y alcanza sólo para la cocción de alimentos. Si se aumenta el número de reses, aumenta la producción de excretas y por tanto de biogás, que puede ser usado no sólo en la cocina, sino para el alumbrado de la finca o el funcionamiento de duchas eléctricas, neveras y otros artefactos propios de una finca de tipo familiar.

Recomendaciones

Es necesario desestimar la inversión en la implementación de la tecnología de biodigestores en la Finca las Eusidias porque el gas que se produce sólo alcanza para la cocción de alimentos y no es suficiente para generar electricidad. Por tanto la recuperación de la inversión inicial es lenta y a una tasa de interés mayor a la establecida en el mercado.

Sin embargo en esta investigación no se contabilizaron beneficios ambientales que se obtienen al implementar un biodigestor como son la recuperación de suelos gracias al bioabono, la reducción de insectos y malos olores, y la reducción en la contaminación de suelos y fuentes hídricas por agroquímicos. Si se contabilizan aumenta la viabilidad económica para implementar una planta de biogás.

Lista de referencias

- Alcaldía de silvania Cundinamarca. (s.f.). *silvania-cundinamarca.gov.co*. Obtenido de <http://www.silvania-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Pasado-Presente-y-Futuro.aspx>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA. (14 de Noviembre de 2018). *anla.gov.co*. (C. ANLA, Editor) Recuperado de <http://www.anla.gov.co/Noticias-ANLA/colombia-pionera-latinoamerica-estrategia-economia-circular>
- Bernal, C. A. (2007). *Implementacion de un biodigestor en ganaderia de carne en Guaduas, Cundinamarca*. Bogota D.C: Universidad de la Salle.
- Casa de la Cultura de Silvania Cundinamarca. (2014). *Silvania: mi municipio, mi cultura*. Cundinamarca, Silvania.
- Concepto Definición. (30 de Julio de 2019). *conceptodefinicion.de*. Recuperado de <https://conceptodefinicion.de/desechos-organicos/>
- Contexto Ganadero. (31 de Julio de 2015). *contexto ganadero.com*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/numero-de-vacas-por-hectarea-se-duplica-en-fincas-tecnificadas>
- Contexto Ganadero. (24 de Mayo de 2017). *contextoganadero.com*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2019, de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/biodigestores-comienzan-tomar-fuerza-en-colombia>
- Cundinamarca, C. d. (2012). *Silvania: Mi Municipio, Mi Cultura*. Silvania - Cundinamarca.
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Base del Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2020. Pacto por Colombia, pacto por la equidad*. Cundinamarca. Bogotá D.C: Grupo de comunicaciones Gobierno de Colombia.
- FAO ORG. (02 de 03 de 2019). <http://www.fao.org/gleam/results/es/>. Obtenido de <http://www.fao.org/gleam/results/es/>: <http://www.fao.org/gleam/results/es/>
- Fundación Vida Sostenible. (2016). *Metano, vacas y cambio climático*. Recuperado de [vidasostenible.org](http://www.vidasostenible.org): <http://www.vidasostenible.org/informes/metano-vacas-y-cambio-climatico/>

- Hidalgo Barrio, M. D., Martín Marroquín, J. M., & Corona Encinas, F. (Marzo de 2018). La gestión de los residuos biodegradables en el marco de la economía circular. *Revista DYNA*, 93(2), 1. doi:<http://dx.doi.org/10.6036/8600>
- Ladino, E. D. (2011). *Producción de biogas mediante la codigestión anaeróbica de la materia de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización de energía renovable*. Universidad Nacional de Colombia, Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/4100/1/edwindariocendalesladino.2011.parte1.pdf>
- López Bejarano, J. M. (15 de Julio de 2019). *agronegocios.co*. Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-area-de-la-agricultura-familiar-es-casi-siete-veces-lo-que-ocupa-cundinamarca-2884541>
- Martí Herrero, J. (2008). *Biodigestores Familiares. Guía de diseño y manual de instalación*. La Paz, Bolivia: Cooperación Técnica Alemana - GTZ.
- Moreno, S. A., & Espí, J. A. (2007). *Introducción al Uso de las Herramientas de Gestión Ambiental aplicadas a los Recursos Naturales no Renovables*. Madrid España: Gráficas Monterreina S.A. Recuperado de https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250504/2014/Libro%20Herramientas.%20A LFA-DESIR%20-%20copia.pdf
- Sostenible, M. d. (Abril de 2016). *El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al Cambio Climático*. Bogotá D.C. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia_hacia_la_COP21/el_acuerdo_de_paris_frente_a_cambio_climatico.pdf
- UPME, U. d. (2003). *Unidad de planeación Minero Energética - UPME*. Obtenido de https://unfccc.int/sites/default/files/200310_ed_paper_colombia.pdf
- vanguardia.com.mx*. (25 de Noviembre de 2015). Obtenido de Mexicanos crean biodigestor que abastece de energía a tres mil granjas en el país y América Latina: <https://vanguardia.com.mx/articulo/mexicanos-crean-biodigestor-que-abastece-de-energia-3-mil-granjas-en-el-pais-y-america>
- Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (15 de Abril de 2018). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales en el Mejoramiento de la Calidad del Ambiente. *Revista Facultad de*

Ciencias Básicas Universidad Nueva Granada, 14(1), 1.
doi:<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108>